ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.924

Remoción de agua contaminada simulada con nitrato de plomo mediante el uso de plumas de pollo como tratamiento

Removal of simulated lead nitrate contaminated water using chicken feathers as treatment

Rosa Celeste Guerra Barrutia [1], Iraida Torvisco Cahuana [2] Carlos Alberto Alva Huapaya[3]
Universidad Privada del Norte, Av. Alfredo Mendiola 6062-Los Olivos- Perú
[1] barrutiarosa67@gmail.com, [2] torviscocahuanai@gmail.com [3]car.alva@gmail.com

Resumen– ***El agua es el recurso más impactado por diferentes actividades industriales como la minería, la textil y la avicultura, las cuales vierten sus desechos al recurso hídrico sin ningún tratamiento previo. En vista de esto, la presente investigación pretende dar valor agregado a las plumas de pollo, teniendo como objetivo: Determinar el uso de plumas de pollo como tratamiento para la remoción de agua contaminada simulada con nitrato de plomo, el estudio tiene un enfoque cuantitativo, cuenta con un diseño experimental, como instrumento se basa en los antecedentes, materiales de laboratorio, formulario de registro, el programa SPSS y Microsoft Excel, también se recolectaron plumas de pollo de una granja avícola local, las cuales pasaron por un proceso de limpieza y luego se pesaron en diferentes cantidades, así mismo se simuló agua contaminada con nitrato de plomo 1000 (mgPb/L) en el laboratorio de Biología de la UPN. Se realizaron dos repeticiones con cuatro muestras cada una con diferente cantidad de plumas. Finalmente, los resultados del estudio son favorables, logrando eliminar el 98,31 (%) y el 97,72 (%) de nitrato de plomo, con una cantidad adecuada de 3 (gr) de plumas de pollo en un tiempo de 60 (min). Este proyecto ofrece una solución alternativa viable, económica y valiosa.***

Palabras clave: Plumas de pollo, agua contaminada, metal pesado.

Abstract– ***Water is the most impacted resource by different industrial activities such as mining, textiles and poultry farming, which dump their waste into the water resource without any prior treatment. In view of this, the present research aims to give added value to chicken feathers, having as its objective: To determine the use of chicken feathers as a treatment for the removal of water contaminated simulated with lead nitrate, the study has a quantitative approach, has an experimental design, as an instrument it is based on the background, laboratory materials, registration form, the SPSS program and Microsoft Excel, chicken feathers were also collected from a local poultry farm, which went through a cleaning process and then were weighed in different quantities, likewise water contaminated with lead nitrate 1000 (mgPb/L) was simulated in the Biology laboratory of the UPN. Two repetitions were made with four samples each with different quantities of feathers. Finally, the results of the study are favorable, managing to remove 98.31 (%) and 97.72 (%) of lead nitrate, with 3 (gr) of chicken feathers being adequate in a time of 60 (min). This project provides an alternative solution that is feasible, economical and valuable.***

Keywords: Chicken feathers, contaminated water, heavy metal.

I. Introducción

El agua es un componente importante para los seres vivos y para el crecimiento económico, dónde es utilizada para múltiples sectores como la industria, consumo humano y agricultura [1]. Asimismo, el recurso hídrico es el más impactado por las actividades industriales como la minería, textil, fabricación de pinturas, fundiciones y fabricación explosivos las cuales no tratan sus efluentes antes de ser vertidos al agua [2].

Por otra parte, Colombia es el 5to país productor avícola en el mundo después de Brasil, México, Argentina y Perú con una cantidad de 1,424.388 toneladas que fueron registradas para el año 2015 [3]. Asimismo, la actividad avícola genera impactos ambientales negativos donde estas son eliminadas a menudo al recurso hídrico, ya que las aves generan anualmente 8.500 millones de toneladas de pluma [4].

En el país de Colombia se realizaron 180 muestreos de agua con el metal plomo, mostrando que los ríos de Bogotá, Mantaro, Cauca la Pintada, Pinillos y Achi registraron altas concentraciones de plomo [5]. De esta manera, los metales pesados vienen ocasionando distintas alteraciones en las fuentes hídricas, suelo, aire, fauna y flora por los efluentes vertidos por distintas industrias [6]. La presencia de metales pesados en los cuerpos de agua y sus posibles impactos negativos han sido objeto de muchas investigaciones en ciencias ambientales durante los últimos años [7].

En el Perú, se realizó un estudio donde se manifestó que cerca de 50 (%) de los recursos hídricos no cumplen con los límites establecidos para el consumo humano, riego o preservación de los ecosistemas.

En diferentes zonas rurales muchas personas están expuestas a ingerir agua sin ningún tratamiento alguno y cerca del 8 (%) de fallecidos por factores relacionados a la salud ambiental menciona que el plomo es uno de los metales pesados muy tóxicos que se encuentra en la corteza terrestre de forma natural y antropogénica y estás vienen afectando a los seres vivos, ante ello se realizaron distintas investigaciones en los recursos de agua, donde se viene incrementando la toxicidad de los metales pesados por el incremento de la población, la industrialización, la actividad agrícola y la actividad minera. En el Perú se viene realizando una mayor

actividad minera, la eliminación de sus desechos están bajo leyes ambientales; pero no son cumplidas para garantizar un adecuado manejo de sus residuos, por lo que, los efluentes superan los límites establecidos, ocasionando impactos negativos con metales [8].

Ante ello, la preocupación de mitigar este impacto en las aguas residuales industriales se ha basado en estudios de diferentes materias primas, microorganismos, sorbentes naturales y muchos tratamientos costosos que no logran reducir las cantidades de concentración final de los metales pesados para dar solución a este gran problema medioambiental [9].Por lo que, es de suma importancia que las aguas contaminadas por metal plomo sean tratadas con técnicas o tecnologías limpias de bajo costo y de fácil acceso para evitar la contaminación de las aguas residuales [10].

Teniendo en cuenta todo lo mencionado, el recurso hídrico es el más impactado por las actividades industriales, generando así nuevas investigaciones con desechos orgánicos como la pluma de pollo, siendo estas de alto valor agregado para remover el metal plomo en aguas. Las plumas de pollo pueden ser utilizadas ya que son desechadas en grandes cantidades por las industrias avícolas. Además, estas tienen un alto valor por contener enzimas como la queratina, el cual mediante diversas tecnologías ayuda no solo a minimizar el desperdicio, sino que también fomenta la sostenibilidad y el uso eficiente de recursos en diversas industrias.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación tiene enfoque cuantitativo debido a la recolección de datos comparativos a partir de las cantidades de pluma de pollo empleadas, el tiempo de contacto, pH y porcentaje de remoción alcanzado, para la remoción de aguas contaminadas simuladas con nitrato de plomo mediante el uso de pluma de pollo como tratamiento, con la finalidad de obtener resultados para ser interpretados y responder las hipótesis de la investigación.

Tiene un diseño experimental, **se** analiza las variables independiente y dependiente antes y después del tratamiento mediante el uso de plumas de pollo para la remoción de agua contaminada simulada con nitrato de plomo, así mismo se hace uso de los equipos y materiales del laboratorio de la Universidad Privada del Norte Sede Los Olivos para el análisis

Es de tipo aplicativo, debido a que se basa en estudios anteriores similares; y pretende mejorar el desarrollo y metodología buscando ser aplicada en un futuro como tratamiento de aguas contaminadas por metales.

Para el presente estudio la población está conformada por el agua simulada con nitrato de plomo con una concentración de 1000 (mgPb/L), la cual fue realizada en el Laboratorio de la Universidad Privada del Norte simulando contaminación al recurso hídrico, el cual nos permite responder las hipótesis y los objetivos del estudio.

$$c = \frac{masa\ soluto\ (mg)}{volumen\ solución\ (L)}$$

$$c = \frac{1000\ (mg)}{1\ (L)} = 1000 mgPb/\mathrm{L}$$

La muestra se considerada la misma que la población, 1000 (mgPb/L), para asegurar mayor representatividad de los resultados alcanzados

2.1 Materiales, Instrumentos y Métodos

El estudio tiene como método inicial a la búsqueda de información de estudios previos (antecedentes nacionales e internacionales) relacionados con las variables del estudio, así mismo con las preguntas de investigación y el objetivo, para evidenciar la confiabilidad de la información encontrada, se realizó un análisis de lectura y resúmenes de fuentes primarias como tesis y artículos científicos en fuentes confiables (Scielo, Google académico, ScienceDirect, Elsevier, Redalyc etc).

Seguidamente se utilizaron instrumentos de laboratorio para la realización del experimento como balanza analítica calibrada, tijeras estériles, agitador metálico, equipo multiparámetro (HACH), para mediaciones de parámetros físicos y químicos del agua, también agitador Orbital para homogenizar las muestras, Erlenmeyers, embudos de cristal para realizar filtración de las muestras, papel filtro, agua destilada, vasos precipitados de 250 (mL), Parafilm, Propipeta, Cooler de 20 (L), frascos para muestras estériles Guantes y mascarillas, placas Petri las cuales sirvieron para el pesado de las plumas de pollo en diferentes cantidades, el reactivo de Nitrato de plomo y por último plumas de pollo; de igual manera como instrumento de investigación se tiene fichas de trabajo para recolección de datos en el Laboratorio de Biología de la Universidad Privada del Norte Sede Los Olivos (ficha de entrada de laboratorio)

Respecto a las herramientas de estudio se utiliza el Gestor Zotero dónde se evidencia validez y certeza de las investigaciones encontradas, también se empleó Microsoft Excel, como soporte para la elaboración de tablas y gráficos, el software SSPS para validar los resultados de la investigación y Prueba de Normalidad Shapiro Wilk con un nivel de significancia de P>0.05, las cuales son analizados e interpretados para la realizar la discusión y conclusión del estudio, por último el Microsoft Word 2016 el cual nos ayuda para la redacción de la investigación según norma APA 7,

2.1.1. Procedimiento para la Obtención y Acondicionamiento de la Pluma de Pollo para el Experimento.

Para la realización de este estudio se obtuvo 5 (kg) de pluma de pollo que fue donado por la avícola “GLADYS” ubicada en el Distrito de Comas, las plumas de pollo fueron lavadas con abundante agua para remover sustancias tóxicas como sangre, tierra y grasas, luego fueron distribuidas en una tela para secar a temperatura ambiente durante 3 días. Posterior

a ello, fueron conservadas y rotuladas, en un costal elaborado con malla raschel, este proceso se realiza días antes de ser llevadas al laboratorio para el experimento del estudio.

2.1.2. Procedimiento para la preparación del agua con plomo para el experimento

Para la presente investigación se realizó la simulación del agua contaminada por plomo utilizando el reactivo de nitrato de plomo, se llevó a cabo en el laboratorio de Biología de la Universidad Privada del Norte Sede los Olivos el cual se procedió diluir 1000 mg de nitrato de plomo en 1 (L) de agua destilada para la primera repetición y se realizó el mismo procedimiento para la segunda utilizando 1 vaso precipitado de la misma capacidad.

2.3. Procedimiento de análisis de datos

Para el análisis de Datos las plumas de pollo fueron colocadas en placas Petri y en bandejas de aluminio, luego fueron direccionadas a una estufa con la finalidad de retirar la humedad a una temperatura de 45 (°C), por un periodo de 30 (min), luego fueron cortadas con tijeras estériles en el laboratorio de Biología de la Universidad Privada del Norte Sede Los Olivos para ser utilizadas como tratamiento de agua contaminada simulada con nitrato de plomo; así mismo se calibró una balanza analítica (OHAUS) para el pesado de las plumas de pollo en diferentes cantidades 1 (gr), 1.5 (gr) y 3 (gr) respectivamente para reducir errores del peso. Se realizó un primer tratamiento, donde se utilizó 4 vasos precipitados, las cuales fueron llenados con 250 (mL) de agua simulada con nitrato de plomo a una concentración de 1000 (mg/L), el primer vaso se utilizó como muestra en blanco el cual solo contenía nitrato de plomo, se realizó mediciones de pH y temperatura, luego fue anotado en la ficha de registro el cual nos sirve para realizar comparaciones de los datos obtenidos; seguidamente en los 3 vasos restantes se colocó como tratamiento diferentes cantidades de pluma pollo, paso seguido los 3 vasos precipitados fueron sellados con parafilm para evitar derrames y fueron colocados en el equipo agitador orbital, para homogenizar las muestras, este proceso se llevó a cabo en una velocidad de agitación de 150 revoluciones por minuto en un tiempo de 45 (min). Después las muestras se dejaron en reposo por un tiempo de 15 (min), 30 (min) y 60 (min) respectivamente permitiendo que el residuo realice la absorción del nitrato de plomo, luego pasaron al proceso de filtración para ello se utilizó 3 Erlenmeyers, embudos de cristal y papel filtro para separar la pluma con el solvente, después se realizó una segunda medición de los parámetros pH y temperatura. Finalmente, las muestras fueron colocadas en frascos estériles de 500 (mL), y le añadió 2 (mL) de ácido Nítrico (HNO3) para conservarlas, además fueron rotuladas. Se realizó un segundo tratamiento al día siguiente con los mismos pasos explicados en el párrafo anterior y fueron transportadas en un cooler al laboratorio "Hidrolab Perú S.A.C" para el análisis respectivo.

III. RESULTADOS

3.1. Determinar la cantidad y el tiempo adecuado del uso de plumas de pollo como tratamiento para la remoción de agua contaminada simulada con nitrato de plomo.

Se evaluaron los resultados obtenidos, mediante el Microsoft Excel se realizan figuras y tablas para representar los datos alcanzados en la investigación, así mismo se elaboró un análisis estadístico utilizando el software SPSS y pruebas de Normalidad Shapiro-Wilk en relación con las preguntas de investigación, y se responde los objetivos específicos del estudio.

En la Fig. 1, se tiene una muestra en blanco, la cual presenta una concentración inicial de 608.8 (mgPb/L) luego al utilizar el tratamiento con la pluma de pollo de 1 (gr), en un tiempo de contacto de 15 (min) la concentración se reduce, seguidamente al colocar 1.5 (gr) de pluma en 30 (min) de contacto se observa una menor concentración. Finalmente, al utilizar 3 (gr) de pluma en un intervalo de 60 (min), se verifica que la concentración del nitrato de plomo disminuye progresivamente, en tal sentido la cantidad y tiempo adecuado para la remoción de aguas contaminadas por nitrato de plomo es de 3 (gr) en un tiempo de contacto de 60 (min).

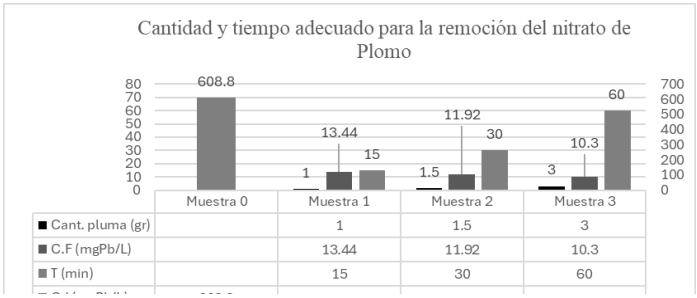


Fig. 1. Cantidad y tiempo adecuado del uso de plumas de pollo empleando 1(gr),1.5(gr) y 3 (gr) como tratamiento para la remoción en la primera repetición

Asimismo en la Fig. 2 observamos los resultados obtenidos para la segunda repetición del estudio

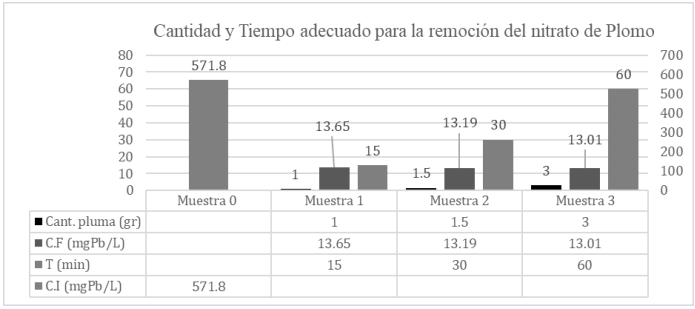


Fig. 2. *Cantidad y tiempo adecuado del uso de plumas de pollo empleando 1(gr),1.5(gr) y 3(gr) como tratamiento para la segunda repetición*.

En la Tabla 1, se presenta el análisis estadístico de la cantidad empleada y tiempo de contacto mediante el SPSS, se obtiene un promedio de 1.833 (gr) de plumas utilizadas en la investigación, los tiempos de contacto empleados presenta una media de 35 (min), Asimismo, el 50 (%) de las cantidades de plumas empleadas es menor igual o mayor 1.5 (gr), y para el tiempo es de 30 (min). Respecto a la moda se observa una cantidad de 1 gramo y para el tiempo 15 (min), siendo los más frecuentes, para la varianza el valor es de 1.083 (gr) que representa homogeneidad entre las cantidades de plumas, caso contrario se observa en la varianza de los tiempos, la cual indica un valor de 525 (min), mostrando mayor dispersión entre ellos. La desviación estándar tiene un valor de 1.040 (gr) de pluma y 22.91 (min) con relación al tiempo, además la cantidad y tiempo máximo es 3 (gr) y 60 (min) y como mínima es 1 (gr) y 15 (min).

Tabla 1
Resultados del análisis estadístico mediante SPSS, de la cantidad y tiempo adecuado del uso de la pluma de pollo para la remoción en la primera y segunda repetición.

Variables	**Análisis estadístico**						
	Media	Mediana	Moda	Varianza	Desv. E	Máx.	Mín.
Cantidad de pluma de pollo (gr)	1.833	1.5	1	1.083	1.04	3	1
Tiempo de contacto (min.)	35	30	15	525	22.91	60	15

En la tabla 1. Se observa los resultados obtenidos con el SPSS al usar pluma de pollo en distintos tiempos, donde se muestra la importancia de las variables para la remoción del nitrato de plomo en agua simulada, son interpretados mediante la media, mediana, moda, varianza, desviación estándar, máximo y mínimo de las cantidades y tiempos empleados.

En la Tabla 2. Se evidencia la prueba de Normalidad Shapiro-Wilk, ya que se trabajó con muestras menor a 50 valores, así mismo se evalúa la cantidad de pluma de pollo y el tiempo de contacto. Los resultados muestran una distribución normal (P>0,05) para ambas variables, respecto a la cantidad de pluma se observa un nivel de significancia de 0.463 y para el tiempo de contacto un valor de 0.637.

Tabla 2.
Resultados de la prueba de Normalidad respecto a la cantidad de pluma y tiempo de contacto para la remoción en la primera y segunda repetición.

Pruebas de Normalidad Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Cantidad de Plumas de pollo (gr)	0.923	3	0.463
Tiempo de contacto (min.)	0.964	3	0.637

En la tabla 2 ,se observa la cantidad de pluma de pollo y el tiempo de contacto de ambas repeticiones, las cuales al superar el p-valor (P>0,05), nos permite validar que las variables están dentro de la normalidad, así mismo su nivel de significancia tienen valores estadísticos de 0.463 y 0.637 de cantidad y tiempo de contacto.

*3.2. Determinar la concentración final del agua contaminada simulada con nitrato de plomo mediante el uso de plumas de pollo para la remoción***.**

En la Fig.3. Se visualizan los resultados para la primera repetición teniendo una concentración inicial de 608.8 (mgPb/L). Al utilizar un 1(gr) de pluma de pollo la concentración disminuye a 13.44 (mg/L) Pb, al usar 1.5 (gr) del residuo la concentración reduce a 11.92 (mgPb/L). Se observa, que la cantidad adecuada para reducir la contracción es de 3 (gr) donde se obtiene una concentración final de 10.3 (mgPb/L), de modo que, a mayor cantidad de plumas empleadas, la concentración de nitrato de plomo en el agua disminuye. Esto se debe a la capacidad de absorción de las plumas gracias a su principal proteína, la queratina.

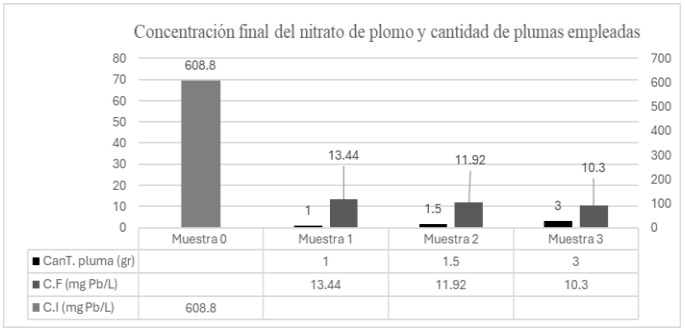


Fig. 1. Concentración final del agua contaminada simulada con nitrato de plomo mediante el uso de la pluma de pollo empleando 1(gr),1.5(gr) y 3 (gr) como tratamiento para la remoción en la primera repetición.

En la Fig 4. Se evidencia las cantidades empleadas y las concentraciones finales obtenidas usando plumas de pollo como tratamiento de aguas contaminadas simuladas con nitrato de plomo, se observa una concentración inicial de 571.8 (mgPb/L). Se utiliza las mismas cantidades de pluma de pollo que en la primera repetición (Figura 3) por lo contrario, la concentración final de plomo es de 13.65 (mgPb/L), teniendo una diferencia de 0.21 (mgPb/L) con relación al anterior resultado, para la segunda muestra el valor de la concentración es de 13.19 (mgPb/L) dando una diferencia de 1.27 (mgPb/L) con el primer tratamiento. Por último, la concentración final de plomo es de 13.01 (mgPb/L) con una diferencia de 2.71 (mgPb/L). Los resultados determinan la concentración final del agua contaminada simulada con nitrato de plomo mediante el uso de plumas de pollo para la remoción.

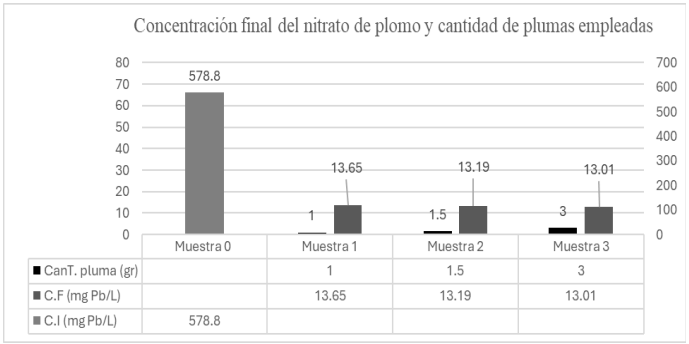


Fig. 2. Concentración final del agua contaminada simulada con nitrato de plomo mediante el uso de la pluma de pollo empleando 1,1.5 y 3 gr como tratamiento para la remoción en la segunda repetición

En la Tabla 3. Se presenta el análisis estadístico con las cantidades de pluma de pollo y las concentraciones finales, para ambas repeticiones, el promedio de la cantidad de pluma es 1.833 (gr), mientras que la media de las concentraciones finales son 11.88 (mgPb/L) y 13.28 (mgPb/L) respectivamente. En cuanto a la mediana el 50 (%) de las cantidades de pluma empleadas es menor igual o mayor a 1.5 (gr), de igual forma para las concentraciones finales de ambas repeticiones nos indica que el 50 (%) son menor igual o mayor a 11.92 (mgPb/L) y 13.19 (mgPb/L). La moda representa que un 1 (gr) de pluma es la más frecuente en el estudio y las concentraciones finales más usuales es de 10.30 mgPb/L y 13.01 (mgPb/L). La varianza tiene un valor de 1.083 (gr) de pluma las concentraciones finales de 2.466 (mgPb/L) y 0.109 (mgPb/L) las cuales representan homogeneidad en las muestras, la desviación estándar tiene un valor de 1.040 (gr), para las concentraciones finales de ambas repeticiones presentan valores de 1.570 (mgPb/L) y 0.330 (mgPb/L). Finalmente, las cantidades empleadas máximas y mínimas de pluma es de 3 y 1 (gr), en relación a las concentraciones finales las máximas son 13.44 (mgPb/L) y 13.65 (mgPb/L) y las mínimas son 10.30 (mgPb/L) y 13.01 (mgPb/L).

Tabla 3.
Resultados del análisis estadístico mediante el SPSS de la cantidad de pluma de pollo y la concentración final para la remoción de la primera y segunda repetición.

Variables	Análisis estadísticos						
	Media	Mediana	Moda	Varianza	Desv. E	Máx.	Mín.
Cantidad de plumas de pollo(gr)	1.833	1.5	1	1.083	1.04	3	1
Concentración plomo final (mgPb/L)1	11.88	11.92	10.3	2.466	1.57	13.44	10.3
Concentración plomo final (mgPb/L) 2	13.28	13.19	13.01	0.109	0.33	13.65	13.1

En la tabla 3. Se observa el análisis estadístico entre las cantidades empleadas para la investigación y las concentraciones finales mostrando que el 50 (%) de las cantidades de pluma empleadas es menor igual o mayor a 1.5 (gr). Asimismo, se muestra la media, moda, varianza, desviación estándar, máximos y mínimos.

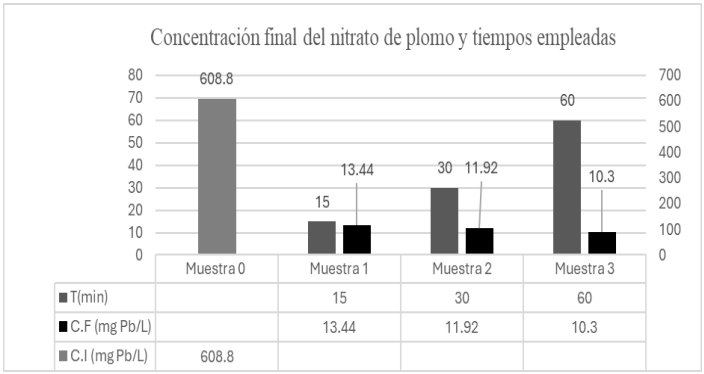
En la Tabla 4 Se visualiza la prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk respecto a las concentraciones finales del nitrato de plomo obtenidos para la primera y segunda repetición, es así que, cuentan con valores de 0.965 y 0.527 respectivamente, mostrando ser mayores a (P>0,05) por lo tanto, se establece que los valores están dentro de la normalidad.

Tabla 4.
Resultados de la prueba de Normalidad respecto a las concentraciones finales para la primera y segunda Repetición.

Pruebas de Normalidad Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Cant. plumas de pollo (gr)	0.923	3	0.463
Conc. final de plomo (mgPb/L) 1	1	3	0.965
Conc. final de plomo (mgPb/L) 2	0.94	3	0.527

En la tabla 4 Se observa las concentraciones finales del nitrato de plomo mediante el uso de la pluma de pollo para la remoción de aguas contaminadas simuladas con nitrato de plomo, estas muestran ser mayores a (P>0,05) por lo tanto, se aplicará pruebas estadísticas para datos paramétricos.

En la Fig. 5 se muestra una concentración inicial de 608.8 (mgPb/L), para la primera repetición, así mismo se empleó un tiempo de contacto de 15 (min), y se verifica que la concentración final logra disminuir a 13.44 (mgPb/L), al pasar media hora la concentración final continúa reduciendo progresivamente y logra una concentración de 11.92 (mgPb/L). Para finalizar después de 60 (min), se obtuvo una mejor remoción del nitrato de plomo al emplear plumas de pollo. En tal sentido se infiere que el tiempo de contacto es factible para reducir concentraciones mediante el uso de la pluma de pollo



para la remoción de aguas contaminadas por nitrato de plomo.

Fig. 3. Concentración final del agua contaminada simulada con nitrato de plomo mediante el uso de la pluma de pollo empleando 15 (min), 30 (min) y 60 (min) de tiempo de contacto para la remoción en la primera repetición.

En la Fig. 6, se percibe diferentes tiempos de contacto utilizados en el estudio, así también las concentraciones finales alcanzadas al emplear plumas de pollo, es así que, para iniciar se tiene una concentración de 571.8 (mgPb/L), al transcurrir 15 (min) la concentración logra reducir a 13.65 (mgPb/L), así mismo se empleó 30 (min) de tiempo y se puede verificar que la concentración sigue disminuyendo favorablemente, por consiguiente, en 60 (min) la reducción del nitrato de plomo en el recurso agua es más efectiva logrando una remoción final de 13.01 (mgPb/L) para la segunda repetición.

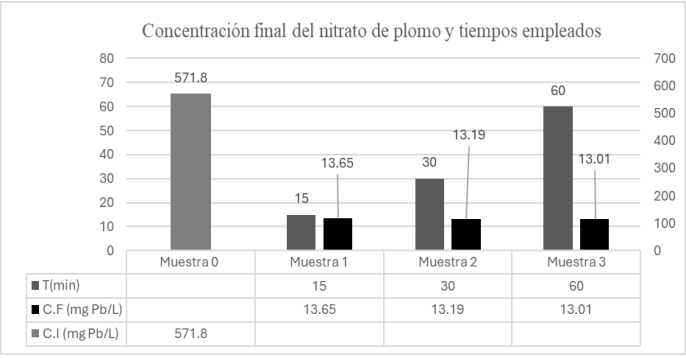


Fig. 4. Concentración final del agua contaminada simulada con nitrato de plomo mediante el uso de la pluma de pollo empleando 15 (min), 30 (min) y 60 (min) de tiempo de contacto para la remoción en la segunda repetición.

En la Tabla 4 Se visualiza un promedio de 35 (min) para el tiempo de contacto, Además, la mediana representa el 50 (%) de los tiempos empleados en el estudio siendo menor igual o mayor a 30 (min). En cuanto a la moda, el tiempo de contacto más frecuente es 15 (min), la varianza comprende 525 (min), el cual se aleja al valor de la media, es decir hay mayor dispersión entre los tiempos empleados, la desviación estándar es de 22.91 (min). Por último, el tiempo máximo es de 60 (min) dando una concentración final de 13.44 (mgPb/L) y 13.65 (mgPb/L) para ambas repeticiones. Asimismo, se tiene un valor mínimo de 15 minutos reduciendo la concentración a 10.3 (mgPb/L) y 13.01 (mgPb/L) de ambos tratamientos. Por lo tanto, el tiempo contribuye favorablemente en la remoción de aguas contaminadas simuladas con nitrato de plomo.

Tabla 4.
Resultados del análisis estadístico mediante SPSS de la concentración final y el tiempo de contacto para la remoción en la primera y segunda repetición.

Variables	**Análisis estadístico**						
	Media	Mediana	Moda	Varianza	Desv. Estand.	Máx.	Mín.
Tiempo de cont.(min)	35	30	15	525	22.91	60	15
Conc. final plomo (mgPb/L) 1	11.88	11.92	10.3	2.466	1.57	13.44	10.3
Conc.final plomo (mgPb/L) 2	13.28	13.19	13.01	0.109	0.33	13.65	13.01

En la tabla 4. Se observa los resultados de las variables del estudio mediante el SPSS, mostrando el uso de pluma de pollo como tratamiento para la remoción del nitrato de plomo, empleando un tiempo máximo de 60 (min), reduciendo las concentraciones de nitrato de plomo. También se aprecia la media, mediana, moda varianza, desviación estándar, máximos y mínimos de ambas repeticiones.

Se llevó a cabo la prueba de Shapiro-Wilk donde se muestran las variables de tiempo de contacto y concentraciones finales de la primera y segunda repetición como se muestra en la (Tabla 11) es así que, para el tiempo de contacto el P-value presenta un valor de 0.637, respecto a las concentraciones finales para ambas repeticiones los valores resultan ser 0.965 y 0.527 respectivamente, las cuales son mayores a (P>0.05), por lo tanto para ambas repeticiones se visualiza que los valores están dentro de la prueba de normalidad

Tabla 5.
Resultados de la prueba de normalidad respecto a la concentración del plomo y tiempo de contacto para la primera y segunda repetición.

Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de cont (min)	0.964	3	0.637
Conc.final de plomo (mgPb/L) 1	1	3	0.965
Conc. final de plomo (mgPb/L) 2	0.94	3	0.527

En la Tabla 5. Se observa la prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk respecto al tiempo y la concentración final del nitrato de plomo, obtenido para la primera y segunda repetición, resultando valores de p-valor>0.05, por ellos se utilizará estadística paramétrica, debido que los datos muestran una distribución normal.

3.3. Determinar el uso de la pluma de pollo como tratamiento para la remoción del agua contaminada simulada con nitrato de plomo.

Se realiza el análisis estadístico y prueba de Normalidad, mediante el SPSS y con la ayuda Microsoft Excel se elabora tablas y figuras para ambas repeticiones, para responder el objetivo general de la investigación.

En la Fig. 7, se observa para la primera repetición del estudio, que al emplear 1 (gr) de pluma se logra remover el 97.79 (%), de nitrato de plomo contenido en agua, así mismo, con 1.5 (gr) de pluma, se alcanzó un porcentaje del 98.04 (%). Finalmente, utilizando 3 (gr) del residuo para determinar el uso de la pluma de pollo como tratamiento para la remoción del agua contaminada simulada con nitrato de plomo, debido que se logra un porcentaje alto de remoción con 98.31(%), por consiguiente, se acepta la hipótesis general, ya que el uso de plumas de pollo contribuye para la remoción de aguas contaminadas por nitrato de plomo.

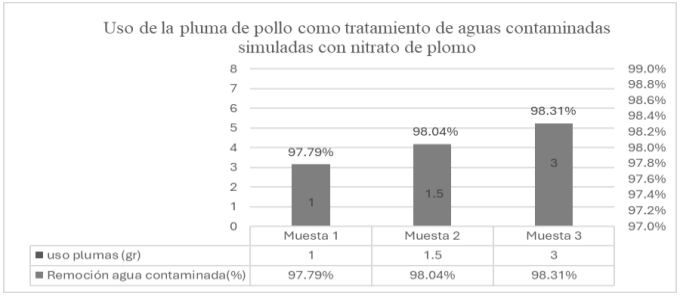
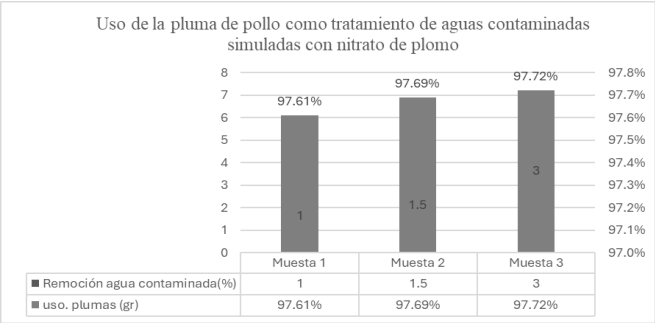


Fig. 5. Uso de la pluma de pollo como tratamiento para la remoción de agua contaminada simulada con nitrato de plomo en la primera repetición.

Seguidamente en la Fig.8, se aprecia los porcentajes obtenidos al usar la pluma de pollo como tratamiento de aguas contaminadas simuladas por nitrato de plomo para la segunda repetición, se observa que al utilizar 1 gramo de pluma de pollo, se logra remover el 97.61 (%) de nitrato de plomo; sin embargo al aumentar la cantidad de pluma a 1.5

(gr), el porcentaje de remoción fue de 97.69 (%), finalmente la remoción máxima ocurre cuando se usa 3 (gr) del residuo, evidenciando un 97.72 (%) de remoción del nitrato de plomo en agua.



En la Fig. 8 se aprecia que, a más cantidad de pluma usada, el nitrato de plomo en agua disminuye progresivamente, al usar 3 (gr) de plumas de pollo la eficiencia en la remoción del nitrato de plomo alcanzó un máximo del 97.72 (%).

En la Tabla 6, se muestra el análisis estadístico referente del uso de la pluma de pollo para ambas repeticiones, se presenta el promedio de los porcentajes obtenidos con el 98.05 (%) y 97.67(%) respectivamente, para la mediana muestra que el 50 (%) de los valores de remoción del nitrato plomo es menor igual o mayor al 98.04 (%) y 97.69 (%), respecto a la moda, presenta el porcentaje más frecuente de remoción del 97.79 (%), y 97.61(%) . Por otra parte, la varianza indica que los porcentajes de remoción son homogéneos con un valor del 0.068 (%) y 0,003 (%). Además, la desviación estándar son 0.26 (%) y 0,06 (%). Finalmente, se observa que el porcentaje máximo de remoción de plomo en el estudio son del 98.31 (%), y 97.72 (%) mientras que el mínimo está entre 97.79 (%) y 97.61 (%).

Tabla 6.
Resultados del análisis estadístico respecto al uso de la pluma de pollo para la remoción de aguas contaminadas por plomo mediante SPSS de la primera y segunda repetición.

Variables	Análisis estadístico						
	Media	**Mediana**	**Moda**	**Varianza**	**Desv. E**	**Máx.**	**Mín.**
Porcentaje de remoción (%) 1	98.05%	98.04%	97.79 %	0.07%	0.26%	98.31 %	97.79%
Porcentaje de remoción (%) 2	97.67%	97.69%	97.61 %	0.00%	0.06%	97.72 %	97.61%

En la tabla 6, Se presenta el análisis estadístico de ambas repeticiones demostrando una mayor remoción del nitrato de plomo, al usar pluma de pollo como tratamiento también se analiza la moda, mediana, desviación estándar, varianza, y los porcentajes máximos y mínimos empleados en la investigación.

En la Tabla 7, Se aprecia la prueba de Normalidad Shapiro-Wilk, respecto a los porcentajes de remoción para ambas repeticiones, la cual presenta valores de P son mayores a (P > 0,05), siendo 0.958 y 0.51 respectivamente. Con ello, se acepta que los valores muestran una distribución normal.

Tabla 7.
Resultados de la prueba de Normalidad respecto al porcentaje de remoción para la primera y segunda Repetición.

Pruebas de normalidad	**Shapiro-Wilk**		
	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de Remoción % 1	1	3	0.958
Porcentaje de Remoción % 2	0.936	3	0.51

En la tabla 7. Se observa el nivel de significancia empleando la prueba de Normalidad respecto al porcentaje de remoción para ambas repeticiones, se infiere que los valores del P-valor son mayores a 0,05.

IV. DISCUSIÓN

Desde el punto de vista de Fustamante (2020) menciona que, emplea 2 (gr) de pluma de pollo en su estudio, en un tiempo de remoción se da en 60 (min), el cual permite una remoción del 92 (%) del metal plomo en agua. Por otro lado, De la Dhaouadi et al. (2020) en su análisis argumentan que utilizando 4 (gr) de pluma permite una remoción del 96.1 (%) de plomo en agua, en un periodo de 1440 (min), así mismo Lujerio Bailón, G. M. (2023) en su investigación dice que, 5 (gr) es la cantidad óptima de pluma de pollo para remover plomo en aguas, en sus resultados obtuvieron el 95,68 (%) absorbido en un tiempo de 90 (min). A partir de estas afirmaciones, se acepta las cantidades de plumas empleadas por Fustamante (2020) & De la Dhaouadi et al. (2020, Sin embargo, en la presente investigación se utiliza 3 (gr) de pluma obteniendo un porcentaje mayor al resultado de Lujerio Bailón, G. M. (2023), con un 98.31 (%) y 97.72 (%) para ambas repeticiones, por ello se rechaza la cantidad empleada por el autor, teniendo una diferencia de remoción del 2.63 (%). Caso contrario, los autores E. D. Paul, N. C. Nwokem, & F. U. Anumonye (2018) en su análisis utilizaron 0.8 (gr) de pluma de pollo logrando una remoción del 95.5 (%), debido al uso de instrumentos y métodos (microscopio SEM, infrarrojo), en relación con el presente estudio indicando una incidencia del 1.19 (%) y 1.78 (%) para ambas repeticiones. De igual forma, Alfredy, T., Jande, Y. A. C., & Pogrebnaya, T. (2019). En su estudio utilizaron instrumentos espectroscopía infrarroja para el análisis de grupos funcionales y microscopio electrónico de barrido para la morfología de las muestras (plumas de pollo). afirmando que el 81 (%) de eficiencia de eliminación del ion plomo. Así como, Salazar, R. P., Cruz, M. F., Collas, M. L., & Cerna, B. T. (2024) en su estudio utilizan pluma de pollo con la ayuda de instrumentos como la espectrometría atómica para la remoción de plomo obteniendo un 98 (%), respecto al tiempo de contacto, se coincide con los resultados obtenidos por Fustamante (2020), D. Paul, N. C. Nwokem, & F. U. Anumonye (2018), Zhang et al. (2019) y Rahmani-Sani et al., (2020). Debido a que también en la investigación presente se obtiene porcentajes de alta eficiencia para la remoción del plomo determinado en 60 (min), Pero, hay disconformidad con los tiempos obtenidos por De la Dhaouadi et al. (2020) & Lujerio Bailón, G. M. (2023) porque logran la remoción a

partir de 144.40 (min) y los 90 (min) respectivamente, consiguiendo porcentajes menores que la investigación

Según Zhang et al. (2019), refieren en sus investigaciones que el pH 4 es favorable en la eficacia de la remoción de aguas contaminadas con plomo utilizando plumas de pollo debido que se tiene mayor captación de la queratina presente en la pluma. De igual forma argumentan que con 0.1 gramo, se logra remover el 90 (%) de plomo en agua. Por otro lado, Rahmani-Sani et al., (2020), sostienen que el pH 4 no interviene para reducir el plomo, sin embargo, mencionan como único valor al pH 5.5, ya que el pH tiene una relación directa debido a la capacidad de solubilidad en la muestra, del mismo modo, afirman que la cantidad adecuada de pluma de pollo y cáscaras de huevo es de 0.02 (gr) para reducir concentraciones de plomo en aguas; donde enfatizan que, a mayor cantidad de pluma y cáscaras, el porcentaje de remoción es más alto, por último, consiguieron remover un 96,1 (%), teniendo un incremento del 6.1 (%) respecto al resultado obtenido por Zhang et al. (2019).

Para el análisis realizado en la presente investigación, se afirma que, al usar plumas de pollo en aguas contaminadas con plomo, con un pH 3.8 en primera repetición es idóneo para la remoción del metal, el cual se asemeja a los resultados obtenidos por Zhang et al. (2019) el pH, 5.52 también es similar a los resultados de Rahmani-Sani et al., (2020), En cuanto a los resultados obtenidos por Lozano Vásquez, F. D. J. (2016). En su estudio realiza la absorción de petróleo utilizando 1.665 (gr) de pluma de pollo adquiriendo la remoción de plomo del 78.84 (%) en un tiempo de contacto de 10 min. Por su parte Domínguez Mora, P. E. (2017). En su proyecto menciona qué porcentaje de retención de diésel es del 44.33 (%) y 36.06 (%) en un tiempo de 3 (min).

V. CONCLUSIONES

Se determinó el uso de las plumas de pollo como tratamiento para la remoción de aguas contaminadas simuladas con nitrato de plomo con un alto porcentaje del 98.31 (%) para la primera repetición y del 97.72 (%) para la segunda, en tal sentido, se acepta la hipótesis alternativa 1 debido que, el uso de las plumas de pollo como tratamiento contribuye para la remoción del agua contaminada simulada con nitrato de plomo.

Se determinó, la cantidad y el tiempo adecuado del uso de la pluma de pollo como tratamiento para la remoción de aguas contaminadas simuladas con nitrato de plomo, siendo 3 (gr) y 60 (min) los parámetros adecuados, que remueven el nitrato de plomo en aguas contaminadas, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa 2, ya que se logró determinar la cantidad y tiempo adecuado.

Se determinó la concentración final del agua contaminada simulada con nitrato de plomo mediante el uso de plumas de pollo para la remoción, siendo 10.3 (mgPb/L) la concentración final para la primera repetición y 13.01 (mgPb/L) para la segunda repetición, en ese sentido, se acepta la hipótesis alternativa 2 de la investigación.

VI. REFERENCIAS

[1] Márquez-Pacheco, H., Leyva-Morales, J. B., Davizón-Castillo, Y. A., Ontiveros-García, L. A., & Amillano-Cisneros, J. M. (2023). Análisis de tendencia de parámetros indicadores de la calidad del agua en un embalse tropical. Ecosistemas y recursos agropecuarios, 10(2).

[2] Gómez-Duarte, O. G. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. *Revista de la Facultad de Medicina*, *66*(1), 7-8.

[3] Quintero-curvelo, gina a.; huertas-díaz, william a.; ortega-david, eduar. Procesamiento de plumas de pollo para la obtención de queratina. 2017.

[4] Chen, H., Li, W., Wang, J., Xu, H., Liu, Y., Zhang, Z., ... y Zhang, Y. (2019). Adsorción de iones de cadmio y plomo por biocarbón modificado con ácido fosfórico generado a partir de pluma de pollo: Adsorción selectiva e influencia de la materia orgánica disuelta. Tecnología de recursos biológicos

[5] Olawale, Salaudeen Abdulwasiu, Abdulrahman Wosilat Funke, Aliyu Haruna Dede, y Yakubu Hajara. 2018. «Biosorption of Pb (II) and Cu (II) from Aqueous Solution Using Chicken Feathers: Thermodynamics and Mass Balance Studies». Asian Journal of Applied Chemistry Research 1-9. doi: 10.9734/ajacr/2018/v1i39662.

[6] Araoz Zegarra, J. M. (2021). Bioacumulación de metales pesados cromo (Cr), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en la planta de higos (Ficus carica) en el distrito de Uchumayo, Arequipa–2021

[7] Chowdhury, S., Mazumder, M. J., Al-Attas, O., & Husain, T. (2016). Metales pesados en el agua potable: ocurrencias, implicaciones y necesidades futuras en los países en desarrollo. Ciencia del Medio Ambiente total, 569, 476-488.

[8] López, L. K., García, M. M., Madueño, F. M., Bautista, N., Marín, G. M., & Olórtegui, D. S. (2020). Metales pesados en tres variedades de Solanum tuberosum L.(papa) expendidos en el mercado mayorista de Santa Anita (Lima-Peru). Ciencia e investigación, 23(1), 25-30.

[9] González Figueroa, R. (2021). Estudio de la toxicidad letal y subletal de los metales Co, Cr, Mg y Pb, y sus rutas de entrada y distribución en el rotífero Euchlanis dilatata.

[10] David, Eduar Humberto Ortega, Gina Alexandra Quintero Curvelo, y William Alexander Huertas Diaz. 2017. «Procesamiento de plumas de pollo para la obtención de queratina». UGCiencia 23:82-88. doi: 10.18634/ugcj.23v.0i.767.

[11] Al-Asheh, Sameer, Fawzi Banat, y Deaya' Al-Rousan. 2003. «Beneficial Reuse of Chicken Feathers in Removal of Heavy Metals from Wastewater». Journal of Cleaner Production 11(3):321-26. doi: 10.1016/S0959-6526(02)00045-8.

[12] Alfredy, T., Jande, Y. A. C., & Pogrebnaya, T. (2019). Removal of lead ions from water by capacitive deionization electrode materials derived from chicken feathers. *Journal of Water Reuse and Desalination*, *9*(3), 282-291.

[13] Arias, J., Villasis, M., & Miranda, M. (2016). La Poblacion de estudio. *R. d. latina, Ed.) RAM: Revista Alergia México*, *63*(2), 201-206.

[14] Chowdhury, S., Mazumder, MAJ, Al-Attas, O. y Husain, T. (2016). Metales pesados en el agua potable: ocurrencias, implicaciones y necesidades futuras en los países en desarrollo. Science of The Total Environment, 569-570, 476–488. Doi: 10.1016 / j. scitotenv.2016.06.166

[15] Dhaouadi, F., Sellaoui, L., Badawi, M., Reynel-Ávila, H. E., Mendoza-Castillo, D. I., Jaime-Leal, J. E., … Lamine, A. B. (2020). Statistical physics interpretation of the adsorption mechanism of Pb2+, Cd2+ and Ni2+ on chicken feathers. Journal of Molecular Liquids, 319, 114168. doi: 10.1016/j.molliq.2020.114168

[16] Domínguez Mora, P. E. (2017). Eficiencia del uso de plumas de pollo y aserrín para la remoción de diésel en el mar del Callao-2017.

[17] Florida Rofner, Nelino. 2019. «Plumas: Implicancia ambiental y uso en la industria agropecuaria». Revista de Investigaciones Altoandinas 21(3):225-37. doi: 10.18271/ria.2019.480.

[18] Fonfría, R. S., Sans, R., y Ribas, J. de P. (1989). Ingeniería ambiental: Contaminación y tratamientos. Marcombo.

[19] Fustamante De La Cruz, J. C. (2020). Queratina para la adsorción de plomo en aguas subterráneas del distrito de Mórrope.

[20] JIMENEZ CERVANTES AMIEVA, E. D. G. A. R. (2010). Preparación de compositos a partir de poliolefinas recicladas (polipropileno) y raquis obteniendo a partir de la pluma de pollo.
[21] JUAREZ-HERNANDEZ, L. G., & Tobón, S. (2018). Análisis de los elementos implícitos en la validación de contenido de un instrumento de investigación. *Revista espacios*, *39*(53).
[22] Kar, P., & Misra, M. (2004). Use of keratin fiber for separation of heavy metals from water. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, *79*(11), 1313-1319. Morales, F. (2012). Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa. Recuperado el, 11, 2018.
[23] López, P. L. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto cero*, *9*(08), 69-74.
[24] Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, *3*(1), 47-50.
[25] Lozano Vásquez, F. D. J. (2016). Descontaminación de petróleo crudo en agua cruda utilizando harina de plumas.
[26] Lujerio Bailón, G. M. (2023). Influencia de cantidad de plumas de pollo y tiempo de agitación en la adsorción de hidrocarburos de petróleo en agua.
[27] Murillo, J. (2011). Métodos de investigación de enfoque experimental. *Recuperado el*, *2*.
[28] Palazzolo, F., & Vidarte Asorey, V. (2008). Métodos y técnicas de la tesis en comunicación. In I Encuentro Latinoamericano de Metodología de las Ciencias Sociales (La Plata, 10 al 12 de diciembre de 2008).
Paul, E. D., Nwoken, N. C., & Anumonye, F. U. (2018). Biosorption of heavy metals (Cd 2+, Cr 3+, Cu 2+, Ni2+, Pb 2+ and Zn2+) from aqueous solution onto activated carbon prepared from chicken