



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Biosorción de Al, Cu, Cr empleando pepa de aceituna en efluentes  
de una industria flexográfica, Chorrillos, Lima - 2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Guzman Calderon, John Alexander ([orcid.org/0000-0002-9119-0780](https://orcid.org/0000-0002-9119-0780))

**ASESOR:**

Mgr. Tello Zevallos, Wilfredo ([orcid.org/0000-0002-8659-1715](https://orcid.org/0000-0002-8659-1715))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Dedicado a las personas más importantes en mi vida Juan S. Guzmán Farfán, Rosalinda Calderón Caldas y Santiago Alexander Guzmán Cortez. Todos responsables de mi formación a nivel profesional, personal y espiritual.

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas que hicieron posible el desarrollo de este proyecto mi familia Juan, Rosa, Gary, Roberto y Diana por su lucha de toda una vida, a las amistades Marcela, Pedro, Jacqueline y Juan Diego por su confianza en mi trabajo, a Angela por ese impulso emocional y al más grande motor de mi vida Santiago Alexander Guzmán Cortez.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	I
DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT .....	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimientos.....	15
3.6. Método de análisis de datos .....	25
3.7. Aspectos éticos .....	25
IV. RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIÓN.....	36
VI. CONCLUSIONES .....	41
VII. RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS .....	43
ANEXOS.....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros y VMA en el Anexo 1 del D.S. 010-2019-VIVIENDA .....	8
Tabla 2	Parámetros y VMA en el Anexo 2 del D.S. 010-2019-VIVIENDA .....	9
Tabla 3	Tabla de Operacionalización de Variables .....	12
Tabla 4	Esquematización de muestras .....	14
Tabla 5	Alcances del método de determinación de metales del laboratorio .....	14
Tabla 6	Dimensiones de partícula de pepa triturada por cada muestra.....	18
Tabla 7	Esquematización de muestras vs cantidad de pepa.....	18
Tabla 8	Esquematización de muestras vs cantidad de pepa vs periodo de agitación.....	22
Tabla 9	Resultados de biosorción de Al para la aplicación de 5 g de pepa. ....	26
Tabla 10	Resultados de biosorción de Al para la aplicación de 10 g de pepa. ....	26
Tabla 11	Resultados de biosorción de Al para la aplicación de 30 g de pepa. ....	27
Tabla 12	Resultados de biosorción de Cu para la aplicación de 5 g de pepa.....	27
Tabla 13	Resultados de biosorción de Cu para la aplicación de 10 g de pepa.....	28
Tabla 14	Resultados de biosorción de Cu para la aplicación de 30 g de pepa.....	28
Tabla 15	Resultados de biosorción de Cr para la aplicación de 5 g de pepa. ....	29
Tabla 16	Resultados de biosorción de Cr para la aplicación de 10 g de pepa. ....	29
Tabla 17	Resultados de biosorción de Cr para la aplicación de 30 g de pepa. ....	30
Tabla 18	Tabla de Operacionalización de Variables .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Pepa de aceituna Sevillana.....	16
Figura 2 Pepa de aceituna lavada en periodo de secado.....	16
Figura 3 Proceso de molido y triturado de la pepa de aceituna.....	17
Figura 4 Microscopio Euromex con cámara y primera vista de partícula de pepa.....	17
Figura 5 Imagen de la partícula de pepa obtenida con el Software ImageFocus Plus.....	18
Figura 6 Lavadora de Anilox en proceso de lavado y secado.....	19
Figura 7 Muestra de efluentes del proceso captada y sellada.....	20
Figura 8 Muestreo en envases de 2L.....	20
Figura 9 Detalle de rótulos por envase.....	21
Figura 10 Pesado de muestras de pepa de aceituna.....	21
Figura 11 Colocación de las mezclas rotuladas en los agitadores magnéticos.....	23
Figura 12 Muestreo realizado por analista de laboratorio Envirotest.....	24
Figura 13 Muestras rotuladas tomadas por analista de laboratorio Envirotest.....	24
Figura 14 Comparativo de concentración de Al para 5 g de pepa de aceituna.....	30
Figura 15 Comparativo de concentración de Al para 10 g de pepa de aceituna.....	31
Figura 16 Comparativo de concentración de Al para 30 g de pepa de aceituna.....	31
Figura 17 Comparativo de concentración de Cu para 5 g de pepa de aceituna.....	32
Figura 18 Comparativo de concentración de Cu para 10 g de pepa de aceituna.....	33
Figura 19 Comparativo de concentración de Cu para 30 g de pepa de aceituna.....	33
Figura 20 Comparativo de concentración de Cr para 5 g de pepa de aceituna.....	34
Figura 21 Comparativo de concentración de Cr para 10 g de pepa de aceituna.....	34
Figura 22 Comparativo de concentración de Cr para 30 g de pepa de aceituna.....	35
Figura 23 Resultados de laboratorio Envirotest.....	50
Figura 24 Cadena de Custodia del Laboratorio.....	55

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar si el uso de la pepa de la aceituna es efectivo en la remoción de Aluminio (Al), Cobre (Cu) y Cromo (Cr) en los efluentes industriales del proceso de lavado de rodillos de anilox de la Planta Industrial de Chorrillos. La industria flexográfica con sede en Chorrillos habilitó sus instalaciones para la recolección de una muestra de 20 L de efluentes del proceso de lavado de Anilox, parte del proceso de impresión. Esta muestra inicial fue sometida a una evaluación en cuanto a concentración de metales. El tratamiento de la pepa de aceituna, consistió en un proceso de lavado, secado y triturado en molinos de uso común. Se incorporó la pepa de aceituna molida en 6 muestras de efluentes, luego de pesarlas y someter las mezclas a periodos de agitación de 60 y 120 minutos, se obtuvieron los valores en la concentración final de los metales, demostrándose que el uso de pepa de aceituna resulta eficiente en la remoción de Aluminio en un 47%, Cobre en 33% y Cromo en 45% de los efluentes industriales. En todos los casos la remoción promedio se vio mejorada en relación directa con los periodos de agitación.

**Palabras clave:** Biosorción, flexografía, pepa de aceituna, agitación.

## **ABSTRACT**

The objective of this investigation was to determine if the use of the olive pit is effective in the removal of Aluminum (Al), Copper (Cu) and Chrome (Cr) in the industrial effluents of the anilox roller washing process of the Chorrillos Industrial Plant. The Chorrillos-based flexographic industry set up its facilities for the collection of a 20 L sample of effluents from the Anilox washing process, part of the printing process. This initial sample was subjected to an evaluation regarding metal concentration. The treatment of the olive pit consisted of a process of washing, drying and crushing in commonly used mills. The ground olive seed was incorporated into 6 effluent samples, after weighing them and subjecting the mixtures to agitation periods of 60 and 120 minutes, the values in the final concentration of metals were obtained, demonstrating that the use of olive seed is efficient in removing 47% Aluminum, 33% Copper and 45% Chrome from industrial effluents. In all cases, the average removal was improved in direct relation to the agitation periods.

**Keywords:** Biosorption, flexography, olive seed, agitation.

## I. INTRODUCCIÓN

El agua y el tratamiento de efluentes sigue siendo uno de los factores más importantes si hablamos de aspectos e impactos ambientales, esto debido a que si se vierten sin ningún tipo de pre tratamiento en cualquier cuerpo receptor, podría significar una fuente crítica de contaminación (Fondo Nacional del Ambiente, 2010).

En el Perú, el problema es transversal en todos los sectores cuando nos referimos a gestión de efluentes, pese a contar con normativa relacionada a la protección de ríos, lagunas, lagos entre otros y a los ecosistemas en general, los incumplimientos siguen verificándose en diversas empresas industriales, mineras, agrícolas, entre otras.

Según informa el OEFA, tenemos dos grandes problemas relacionadas a la cobertura de las EPS de saneamiento, en primer lugar, solo un 69% de la urbe cuenta con servicio de alcantarillado, se entiende que el resto vierte sus efluentes directos al mar, los ríos o se usan para el riego de cultivos.

La infraestructura en cuanto a Plantas de tratamientos (PTAR) no resulta ser suficiente, tenemos un volumen superior de aguas sin tratamiento, los efluentes tratados no cumplan parámetros legales como los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental (ECA). Esto se traduce en probables impactos sobre los ecosistemas y en cuerpos de agua en cada población. A su vez, por la inevitable infiltración en el subsuelo, se contamina la napa freática y las aguas subterráneas. (OEFA, 2014).

Según las Naciones unidas, en el 2025, se prevé un consumo de agua para el uso industrial superior a 1.1 km<sup>3</sup> / año. Planteando una contaminación global afectada en un 80% por los residuos peligrosos de países industrializados y un 70% de los residuos de fábricas sin ningún tipo de tratamiento previo en países en vías de desarrollo. (Rodríguez, 2006).

Según diversos estudios, los tratamiento físico-químicos como coagulación y sedimentación resultan ser opciones viables y efectivas en la remoción de metales

en los efluentes de los procesos industriales, estos métodos pese a su comprobada efectividad resultan ser en su mayoría costosos, además de requerir periodos extensos de detención; por ello se dificulta la implementación y mantenimiento.

Es en este caso que la bioadsorción se convierte en una potencial alternativa a los procesos regulares de adsorción mediante el uso de carbón activo. Este proceso de adsorción se refiere a la fijación pasiva de iones metálicos por la biomasa (materia orgánica microbiana, animal o vegetal) viva o muerta.

Desde el año 2006, se vienen estudiando las propiedades de la pepa de aceituna, entre ellas se ha comprobado su capacidad en la retención de iones metálicos sobre su superficie, de ahí que se considere un absorbedor de metales pesados, desde entonces se realizaron diversas investigaciones que han conllevado a diversos resultados en materia del tratamiento de los efluentes o para descontaminar aguas residuales industriales.

En el Perú las principales regiones productoras de aceitunas se encuentran en el Sur, Arequipa desde el 2013 concentró el 7,4% de la producción, otras regiones productoras son Tacna, Ica, Lima y Moquegua cuya producción el mismo año en conjunto fue de 10,7% de la producción nacional.

Entre la variedad de industrias que trabajan en nuestro entorno, la presente investigación se centrará en una industria flexográfica con sede en Chorrillos, Lima. La impresión flexográfica en la actualidad es uno de los sistemas de impresión más difundidos en la industria del Packaging, debido a que su proceso y materiales empleados en la fabricación no solo permiten la impresión a gran velocidad si no que facilitan el envasado y la conservación de los productos que albergan. El proceso de impresión flexográfica comprende una serie de procesos entre los que destacan: Gestión de almacenes, Extrusión, pre impresión, Impresión, Laminación, Corte y Despacho.

Las tecnologías de impresión no requieren del uso del recurso hídrico en su proceso productivo, a no ser considerado como fuente de hidratación y en el uso de servicios del personal que participa como fuerza humana en cada uno de los procesos de producción.

Sin embargo, al culminar el proceso de Impresión y posterior a la elaboración de su producto final, los rodillos de Anilox de la maquina Impresora, son trasladados a un proceso preparativo para la siguiente jornada de impresión; este proceso

preparativo considerado como una actividad anexa, se lleva a cabo en las maquinas lavadoras de Anilox. Este equipo opera con energía eléctrica y usa agua temperada a través de una terma eléctrica instalada.

El ayudante de impresión ingresa los rodillos de anilox en la máquina y se programa la operación del equipo de forma automática. El proceso tarda un total de 18 minutos en el lavado, secado y ventilado; durante este proceso se ingresa agua temperada por una terma eléctrica y se añade el líquido removedor de tintas.

Es importante mencionar que, los efluentes producidos por esta actividad, cuyo contenido de Solventes, Tintas y liquido removedor son trasladados mediante tuberías a un pozo que colecta estos efluentes para ser tratados en una PTARI que se tiene implementada como mecanismo de tratamiento previo a la descarga en la red pública. Los resultados de la evaluación de calidad de agua (efluentes) realizados en la industria flexográfica de Chorrillos, reflejan la operatividad y control en los parámetros comparados con los VMA de la norma a la que se hace referencia.

Por todo lo mencionado líneas arriba, formulamos el problema general de la presente investigación: ¿El uso de la pepa de la aceituna es efectiva en la remoción de Al, Cu y Cr en los efluentes industriales del proceso de lavado de rodillos de anilox de la Planta Industrial de Chorrillos?

Así mismo, se mencionan los problemas específicos: ¿Cuáles son los valores en los parámetros de Al, Cu y Cr en los efluentes industriales del proceso de lavado de rodillos de anilox de la Planta Industrial de Chorrillos, antes y después del tratamiento? y ¿Cuál es el periodo de agitación que maximiza la biosorción de Al, Cu y Cr en los efluentes industriales del proceso de lavado de rodillos de anilox de la Planta Industrial de Chorrillos?

Basado en el problema general formulado, se establece el presente objetivo general: Determinar si el uso de la pepa de la aceituna es efectivo en la remoción de Al, Cu y Cr en los efluentes industriales del proceso de lavado de rodillos de anilox de la Planta Industrial de Chorrillos.

Así mismo, se establecen los objetivos específicos: Determinar cuáles son los valores en los parámetros de Al, Cu y Cr en los efluentes industriales del proceso

de lavado de rodillos de anilox de la Planta Industrial de Chorrillos antes y después del tratamiento. Determinar cuál es el periodo de agitación que maximiza la biosorción de Al, Cu y Cr en los efluentes industriales del proceso de lavado de rodillos de anilox de la Planta Industrial de Chorrillos.

La justificación para la realización de esta investigación es identificar futuras alternativas de solución para controlar el contenido de metales en los efluentes industriales que terminan en la red pública o un cuerpo de agua, así como el minimizar un residuo sólido que aparentemente no tiene utilidad, de manera que consigamos emplearlo como una alternativa en la gestión de aguas y efluentes de la industria.

El alcance de la presente investigación, solo considerarán los efluentes del proceso de lavado de Anilox en la maquina lavadora de Anilox de la Planta Industrial Flexográfica de Chorrillos.

## II. MARCO TEÓRICO

De acuerdo a lo investigado en los repositorios, bibliotecas y distintas fuentes se consultaron los siguientes antecedentes:

Según Delgado (2021), la remoción de Arsénico (As) en las aguas de un pozo para consumo humano, se efectuó mediante la biosorción con hueso de aceituna como biomasa muerta. En los resultados obtenidos se tiene: la optimización de las variables que permitan la remoción de As (V) manteniendo el pH en base a 9, por un tiempo de 2 horas. Se concluye que la capacidad de adsorción para el hueso de aceituna es de 0,198857143 mg de As/g de Adsorbente con un 98% de adsorción.

Gonzalo et. al (2016) investigó como influye la temperatura y la velocidad de agitación en la adsorción de metales pesados (Plomo y Zinc) empleando como biomasa la cáscara de plátano (*Musa Sapientum*), elaboraron un filtro conteniendo la biomasa seleccionada pulverizada previamente secado a 90°C y pulverizado, las temperaturas de trabajo fueron de 35 a 80°C realizando la agitación a 50 y 80 revoluciones por minuto. Los resultados obtenidos reflejaron mayor adsorción de Pb (79,76%) y Zn (66, 37%) a 80 rpm y 80°C de temperatura.

La investigación de Blas (2016) empleó como biomasa la cascara de coco y arena activada con ácido fosfórico, para la adsorción de iones metálicos como Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn). Inicialmente se carbonizó el coco para ello, se elevó la temperatura de 450 a 550°C en un periodo de 180 minutos. Luego, se ejecuta el cernido de granos de 3.3 y 1,6 mm para continuar con su lavado y posterior triturado. Se procedió a oxidar el Hierro y el Manganeseo para luego circular el agua mediante gravedad con filtros de arena, grava y carbón activado. Finalmente, el agua tratada es apta para consumo humano, demostrando la mayor eficiencia (92,45% de Mn y 87,67% de Fe) en un tiempo de retención de 60 minutos.

Salazar Pinto, Zea Linares (2015) en esta investigación se utilizó endocarpio de aceituna triturado y pretratado con NaOH y HCl empleándolo en soluciones acuosas cuya concentración inicial fue de 31.70 a 88.30 ppm, para determinar la efectividad en la remoción tanto de Plomo (II) como de Cadmio (II). El análisis

estadístico mediante un software determinó que la fracción inicial y el pretratamiento empleando NaOH incrementan la biosorción para un medio con PH y concentración inicial altos, que resulto en una alta remoción con un pH 6,10 y 88,30 ppm (22,65 para el Cadmio (II) y 42,75 ppm para el Plomo (II)).

En la investigación de Albarracín (2014) se empleó cascara de Tarwi como biomasa en la adsorción del Plomo (Pb), a través de un proceso previo de activación empleando Ácido Clorhídrico con la finalidad de estabilizar el material adsorbente, se ejecutó la agitación continua para el adsorbente y la muestra de Plomo, se obtiene como resultado que la cascara de Tarwi tratada tiene la capacidad de retención de Pb en un 96,021% a un pH 5,5 en un periodo de 1 hora de agitación.

Barreto (2013), investiga el proceso de obtención de carbón activado mediante la activación con ácido fosfórico y Cloruro férrico, determinado en función a los agentes contaminantes, para esta investigación fueron Plomo y Arsénico. El tratamiento realizado sobre el hueso de aceituna consistió en limpieza y secado, durante 24 horas de activación y un proceso de secado a 110°C de temperatura y calcinándose a 400, 500 y 600°C por 1 hora. Los resultados demostraron la efectividad del ácido fosfórico y cloruro de hierro III como agentes activantes químicos para la aceituna molida, permitiendo adsorber hasta 80% en el Pb (II) y el 67.5% en el As(V) en soluciones acuosas.

Obregón (2012) comparó la capacidad de adsorción de Cadmio (Cd) usando carbón activado proveniente del tratamiento de semillas de aguaje y semillas de aceituna, ejecutando la activación química a temperaturas de 400, 500 y 600°C, usando ácido fosfórico con la finalidad de evaluar el incremento de la capacidad de retención para el cadmio. Como resultado de la evaluación se obtuvo que al incremento de la temperatura en 600°C se incrementa el área superficial la que favorece directamente la adsorción del metal por incremento en la meso porosidad. Obteniendo una mayor eficiencia a una temperatura de 600°C para la semilla de aceituna en comparación con la semilla de aguaje.

Según Bustamante (2011), investiga la utilización de restos de grano de café modificados químicamente para la biosorción de metales pesados (Pb y Cu). Se ejecutó el lavado del residuo de café y posterior secado en una estufa a 50°C

durante 24 Horas. Los resultados obtenidos revelaron una capacidad de adsorción constante a los 200 minutos para cobre y 500 minutos para el plomo.

Saloua (2010), evaluó la biosorción de hierro empleando el hueso de aceituna como biomasa a través del tratamiento terciario de depuración de aguas provenientes de proceso de lavado de aceite y de aceituna. Esta biosorción depende de la cantidad y del tamaño de la partícula a una temperatura de 5 a 70°C. En las varias evaluaciones, se determina también que, no se requiere ningún tipo de tratamiento previo para el hueso de aceituna, inclusive el lavar demostró una disminución en la capacidad de absorción.

Bermúdez et. al (2009), ejecutó la biosorción de Pb (II) empleando la pepa de aceituna como biomasa absorbente en columna de lecho fijo. La experimentación demostró la relación directa entre la altura de lecho y la cantidad retenida de plomo. Para 225 minutos, se obtuvo una relación directa determinada por el tiempo para la saturación de la columna y la altura de relleno.

En la investigación de Tenorio (2006) se analizó el efecto de la retención completa de Cr (VI) y la parcial reducción del Cr (III) empleando la pepa de aceituna como biomasa muerta. Mediante la instalación en un sistema continuo de dos columnas fijas se pretende modificar los PH del medio para la eliminación del Cr (VI) y Cr (III). Los resultados obtenidos fueron, en primer lugar, la eliminación completa del Cr (VI) en la 1ª columna y la 2ª columna, la reducción del Cr (III) presente en la disolución, reteniendo un total del 80% del cromo en los resultados demostrándose su posible aplicación en la limpieza de metales en las muestras.

Después de revisar los antecedentes relacionados, se presentan las principales bases conceptuales relacionadas a las variables del presente proyecto:

El agua como recurso natural, es indispensable para el desarrollo de la vida, es clave para conseguir el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan.

Por otra parte, el agua residual no doméstica vendría a ser la descarga de efluentes líquidos que resultan de la alguna actividad económica comercial e industrial,

distinta a la de uso común como preparación de alimentos, uso de servicios de saneamiento, aseo y de descargas fisiológicas comunes.

La normativa peruana considera Usuario No Doméstico (UND), a la persona natural o jurídica que realiza sus descargas de aguas residuales no domésticas al alcantarillado sanitario, estas descargas deben respetar los Valores Máximos Admisibles (VMA), que son la concentración de los parámetros, establecidos en el Anexos N.º 1 y N.º 2 del Reglamento aprobado en el D.S. 010-2019-VIVIENDA, estos parámetros tienen un alto potencial de generar un impacto negativo en las aguas residuales y el sistema de alcantarillado, al exceder dichos valores.

Estos VMA pueden ser visualizados en la Tablas N° 1 y N° 2.

**Tabla 1.** *Parámetros y VMA en el Anexo 1 del D.S. 010-2019-VIVIENDA*

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO5	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100

Fuente: D.S. 010-2019-VIVIENDA

**Tabla 2. Parámetros y VMA en el Anexo 2 del D.S. 010-2019-VIVIENDA**

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/l	Al	10
Arsénico	mg/l	As	0.5
Boro	mg/l	B	4
Cadmio	mg/l	Cd	0.2
Cianuro	mg/l	CN-	1
Cobre	mg/l	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/l	Cr+6	0.5
Cromo total	mg/l	Cr	10
Manganeso	mg/l	Mn	4
Mercurio	mg/l	Hg	0.02
Níquel	mg/l	Ni	4
Plomo	mg/l	Pb	0.5
Sulfatos	mg/l	SO <sub>4</sub> -2	1000
Sulfuros	mg/l	S-2	5
Zinc	mg/l	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	NH <sub>4</sub>	80
Potencial Hidrógeno	unidad	pH	6-Set
Sólidos Sedimentables	ml/l/h	S.S.	8.5
Temperatura	°C	T	<35

Fuente: D.S. 010-2019-VIVIENDA

Según la tabla periódica, se denominan metales pesados a los elementos químicos de alta densidad, con valores superiores a 20 de masa y peso atómico, estos son considerados tóxicos inclusive en bajas concentraciones. Algunos de estos elementos son los que conciernen a esta investigación Aluminio (Al), Cobre (Cu) y plomo (Pb), entre otros (Londoño Franco, Londoño Muñoz, Muñoz García, 2016).

Una Planta de Tratamiento de Aguas residuales (PTAR), es un sistema basado en una infraestructura con procesos diferenciados cuyo objetivo es la depuración de los parámetros contaminantes presentes en el agua cruda que ingresa a éste mismo (R.M. N.º 273-2013-VIVIENDA).

Un impacto ambiental negativo significativo, es una alteración de índole ambiental producida en uno o varios componentes ambientales, estos pueden ser ocasionados por el desarrollo o ejecución de actividades y proyectos de origen antrópico, en su mayoría. Para la identificación y valoración de estos impactos, se deben ejecutar diversos análisis cualitativos y cuantitativos (D.S. 019-2009-MINAM).

Por otro lado, hablando un poco del proceso productivo en el que se desarrollará la presente investigación, la flexografía es una tecnología que potencia la impresión haciendo una rápida progresión técnica, que actualmente se usa en mayor medida en la impresión de empaques y en la impresión/conversión.

El rodillo anilox se utiliza para transmitir de manera cuantitativa y uniforme la tinta requerida a la parte gráfica de la placa de impresión. Es un componente clave del sistema de transferencia de tinta del equipo de impresión flexográfica. Su precisión de fabricación afecta directamente a la calidad de la impresión flexográfica.

La máquina lavadora de Anilox, es una lavadora automática de rodillos metálicos, la cual se encarga de la limpieza completa mediante un sistema de lavado, basado en un líquido removedor y agua a alta temperatura y presión.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

- **Tipo de investigación:**

La presente investigación es de tipo aplicado, debido a que los resultados obtenidos generarán el conocimiento necesario para aplicarse a futuro de forma directa en el sector productivo.

- **Diseño de investigación:**

El diseño de la presente investigación es experimental.

#### 3.2. Variables y operacionalización

- **Variable independiente:** Se considera a la pepa de aceituna (gr) y el tiempo de agitación (min).

- **Variable dependiente:** Concentración de Metales Pesados (Al, Cu, Cr).

- **Operacionalización:**

Se podrá visualizar en la Tabla 3.

**Tabla 3. Tabla de Operacionalización de Variables**

Tipo	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Dependiente	Concentración de metales pesados	Los efluentes del proceso de lavado de anilox tienen contenido de Aluminio, Cobre y Cromo, los cuales son tratados en la PTARI de la planta flexográfica de Chorrillos.	Se recogerá una muestra de 20 L de efluentes del proceso de lavado de Anilox.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Litros de muestra</li> <li>• Valores iniciales de Aluminio</li> <li>• Valores finales de Aluminio</li> <li>• Valores iniciales y finales de cobre</li> <li>• Valores finales de cobre</li> <li>• Valores iniciales de Cromo</li> <li>• Valores finales de Cromo</li> </ul>	DE RAZON
			Se ejecutará una primera medición para obtener los valores iniciales y luego del tratamiento empleando pepa de aceituna tratada se disminuirá la concentración en los parámetros Al, Cu y Cr.		
Independiente	Pepa de aceituna	Residuo orgánico carente de utilidad, del fruto del árbol olivo, rico en lignina, la cual tiene propiedades demostradas en la remoción de metales pesados. (Gomez.et al, 2013).	La pepa de aceituna tratada mediante un proceso de secado y molido se incorporará a la muestra con la finalidad de emplearse como sólido absorbente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosis de pepa seca y molida</li> </ul>	DE RAZON
	Tiempo de agitación	Es el periodo de mezcla o agitación continua en el que se pone en contacto mediante un agitador magnético el absorbente (biomasa muerta) y la muestra (efluentes del proceso de lavado de anilox).	Mediante un agitador magnético (en rpm), se realizará la mezcla durante periodo determinado como 60 y 120 minutos.	Periodos de agitación para efectuar la reacción de absorbente con la solución muestra.	DE RAZON

Fuente: Elaboración Propia.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población**

La investigación se realizó en una Planta Industrial Flexográfica ubicada en Chorrillos, Provincia de Lima, Departamento de Lima. La población determinada son los efluentes captados desde la tubería de salida del efluente de la maquina lavadora de anilox (agua proveniente de la actividad de lavado de anilox).

#### **3.3.2. Muestra**

Se consideró un total de 20 L de efluente (muestra base) para toda la experimentación, es decir:

- El testigo (EF-00), evaluación de calidad del efluente directo del proceso, en específico se midieron los parámetros de metales pesados (Al, Cu y Cr), sin ningún tratamiento, se tomó 2 L.
- 1ª muestra de efluentes (EF-01), se tomaron 2 L de la muestra base (a través de 3 repeticiones) para un peso de 5 gr de pepa tratada en un periodo de 60 minutos de agitación.
- 2ª muestra de efluentes (EF-02), se tomaron 2 L de la muestra base (a través de 3 repeticiones) para un peso de 5 gr de pepa tratada en un periodo de 120 minutos de agitación.
- 3ª muestra de efluentes (EF-03), se tomaron 2 L de la muestra base (a través de 3 repeticiones) para un peso de 10 gr de pepa tratada en un periodo de 60 minutos de agitación.
- 4ª muestra de efluentes (EF-04), se tomaron 2 L de la muestra base (a través de 3 repeticiones) para un peso de 10 gr de pepa tratada en un periodo de 120 minutos de agitación.
- 5ª muestra de efluentes (EF-05), se tomaron 2 L de la muestra base (a través de 3 repeticiones) para un peso de 30 gr de pepa tratada en un periodo de 60 minutos de agitación.

- 6ª muestra de efluentes (EF-06), se tomaron 2 L de la muestra base (a través de 3 repeticiones) para un peso de 30 gr de pepa tratada en un periodo de 120 minutos de agitación.

**Tabla 4.** *Esquematización de muestras*

Descripción	Testigo	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Código de la muestra	EI-00	EI-01	EI-02	EI-03	EI-04	EI-05	EI-06
Volumen en Litros	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3. Muestreo

El muestreo que se ejecutó en la presente investigación fue del tipo no probabilístico por conveniencia de esta forma se realizó la toma de las muestras.

El análisis en el Laboratorio de evaluación de calidad de agua se realizó de acuerdo a la metodología aprobada por el INACAL: Methodology Determination of Metals and Trace 133.001133.00 Element sin Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry EPA Method 200.7 Rev.4.4 1994.

Este método cuenta con un Límite de cuantificación (LCM) y un Límite de detección (LDM), en el caso de cada metal evaluado, estos valores se pueden verificar en la Tabla 5.

**Tabla 5.** *Alcances del método de determinación de metales del laboratorio*

Parámetro	UNIDAD	LDM	LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0,0077	0,0084
Cobre (Cu)	mg/L	0,0005	0,0012
Cromo (Cr)	mg/L	0,0023	0,0040

Fuente: Elaboración propia

La normativa de comparación en este caso fue el ya referenciado, Decreto Supremo N.º 010-2019-VIVIENDA, véanse las Tablas N° 1 y N° 2.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

- Revisión de trabajos previos: Se revisaron investigaciones y bibliografía relacionada.
- Sondeo: Se realizó un reconocimiento del proceso de Impresión y el proceso de lavado de anilox en la planta industrial flexográfica.
- Recolección de datos: Verificación del efluente, codificación de las muestras (Véase la Tabla 4), y elaboración de cadenas de custodia para la obtención de los datos del muestreo para el envío al laboratorio.
- El análisis cuantitativo de la muestra obtenida en la etapa de experimentación, estuvo a cargo del Laboratorio debidamente Acreditado por el INACAL: Environmental Testing Laboratory S.A.C. con Registro N° L5-056.

### **3.5. Procedimientos**

#### **3.5.1. Preparación de la pepa de la aceituna:**

La pepa de aceituna corresponde al olivo del tipo Sevillana, la cual fue proporcionado por un contacto comercial de Olivos Bellaterra, traída desde Bella Unión uno de los 13 distritos que conforman la provincia de Caravelí en la región de Arequipa.



*Figura 1.* Pepa de aceituna Sevillana.

Esta pepa fue sometida hasta 03 procedimientos de lavado para lo cual se empleó agua temperada. Posterior a ello las pepas fueron dejadas a temperatura ambiente por un periodo de 07 días.



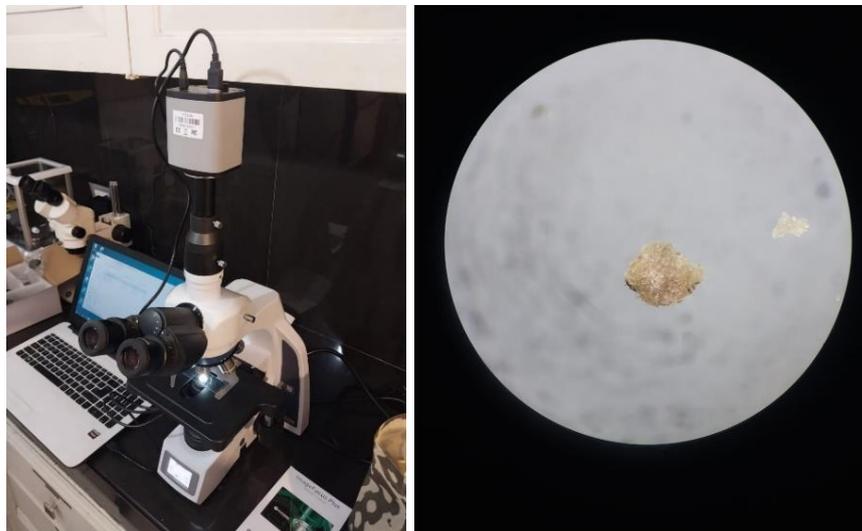
*Figura 2.* Pepa de aceituna lavada en periodo de secado.

Posterior al secado, la pepa fue triturada mediante procedimientos físicos de molido y pulverizado empleando molinos de grano de uso común. En la figura 03 se puede verificar el proceso de molido de pepas y el resultado.



*Figura 3. Proceso de molido y triturado de la pepa de aceituna.*

Los granos triturados y pulverizados fueron medidos empleando un microscopio iScope de la marca Euromex con una Cámara a color HD-Lite adaptada y mediante el software ImageFocus Plus, para Sistema operativo Windows 10/11, el cual se puede observar en la figura 04.



*Figura 4. Microscopio Euromex con cámara adaptada y primera vista de partícula de pepa.*

En la figura 05, se presenta la vista de la partícula de pepa de aceituna pulverizada tomada empleando el software ImageFocus Plus.

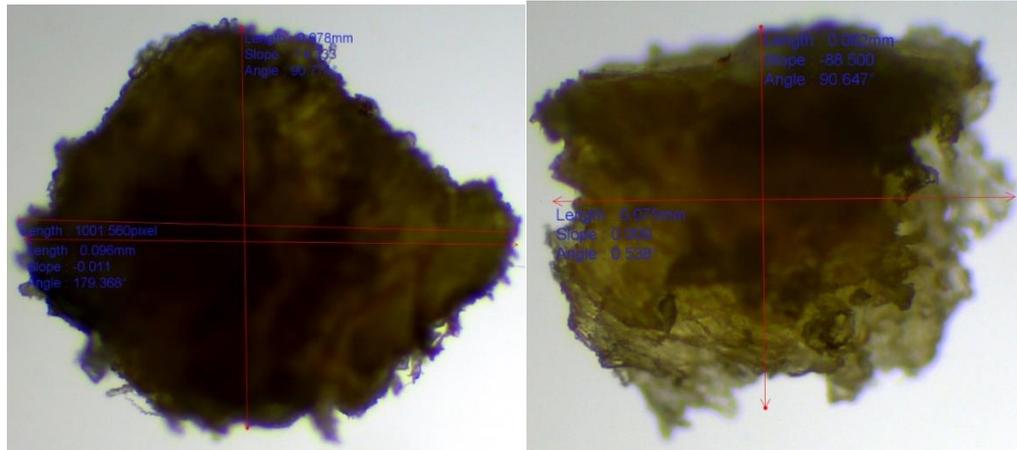


Figura 5. Imagen de la partícula de pepa obtenida con el Software ImageFocus Plus.

Tabla 6. Dimensiones de partícula de pepa triturada por cada muestra.

Descripción	Testigo	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Código asignado	EI-00	EI-01	EI-02	EI-03	EI-04	EI-05	EI-06
Ancho de la partícula de pepa de aceituna	-	0.096 mm	0.075 mm	0.079 mm	0.087 mm	0.101 mm	0.0082 mm
Alto de la partícula de pepa de aceituna	-	0.078 mm	0.062 mm	0.098 mm	0.080 mm	0.0045 mm	0.098 mm

Tabla 7. Esquematización de muestras vs cantidad de pepa

Descripción	Testigo	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Código asignado	EI-00	EI-01	EI-02	EI-03	EI-04	EI-05	EI-06
Volumen en Litros	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L
Pepa de aceituna	0 gr.	5 gr	5 gr	10 gr	10 gr	30 gr	30 gr

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.2. Determinación de los parámetros antes y después del tratamiento

La Planta Industrial flexográfica habilitó sus instalaciones para la ejecución de la toma de muestra del efluente, luego del último proceso de lavado de rodillos de Anilox.

La lavadora de Anilox Flexo Wash culminó el proceso de lavado y secado del rodillo metálico de Anilox en un periodo de 18 minutos (Figura 6).



*Figura 6.* Lavadora de Anilox en proceso de lavado y secado.

Al momento de liberar los efluentes de la maquina hacia el tanque de almacenamiento, se retiró la conexión de la tubería para captar los efluentes directos en un balde de plástico de 22 litros previamente lavado para asegurar la no presencia de contaminantes.



*Figura 7. Muestra de efluentes del proceso captada y sellada.*

En la figura 7, se muestra la desconexión de la tubería que alimenta al tanque de almacenamiento que dirige los efluentes hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, de esta manera se obtuvo la muestra directa del tanque de almacenamiento culminado el proceso de lavado de Anilox. Luego del traslado de la muestra de efluentes hacia laboratorio, se ejecutó la diferenciación de las muestras en 6 recipientes de 2 L, la experimentación requirió del uso de un mandil no contaminado, guantes y lentes para químicos.



*Figura 8. Muestreo en envases de 2L.*

Las muestras finalmente se rotularon de acuerdo a lo especificado en la Tabla 04, esto con el objetivo de realizar la diferenciación del proceso de experimentación en cada envase plástico. En la figura 9, se pueden validar los distintos rótulos colocados para cada envase.



Figura 9. Detalle de rótulos por envase.

En la figura 10 se validan los pesajes de la pepa de aceituna empleando una balanza analítica serie M 124 de la marca BEL Engineering.



Figura 10. Pesado de muestras de pepa de aceituna.

Cada muestra de pepa triturada fue aplicada a la muestra de efluentes correspondiente y de acuerdo a lo especificado en la Tabla 06.

### 3.5.3. Tiempo de agitación que maximiza la bioadsorción

Inclusión de la pepa de aceituna tratada:

Se ejecutó la aplicación de la pepa de aceituna por cada muestra de acuerdo a lo establecido en el punto 3.3.2 del presente informe.

**Tabla 8.** *Esquematización de muestras vs cantidad de pepa vs periodo de agitación.*

Descripción	Testigo	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Código asignado	EI-00	EI-01	EI-02	EI-03	EI-04	EI-05	EI-06
Volumen en Litros	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L
Pepa de aceituna	0 gr.	5 gr	5 gr	10 gr	10 gr	30 gr	30 gr
Periodo de agitación	0 min	60 min	120 min	60 min	120 min	60 min	120 min

Fuente: Elaboración propia.

Cada mezcla se sometió a un determinado periodo de agitación, de acuerdo a lo especificada en la Tabla 07.

En la figura 11 se puede observar el proceso de agitación para lo cual se emplearon 02 agitadores magnéticos modelo Be9 de la marca LABOMAG.



*Figura 11. Colocación de las mezclas rotuladas en los agitadores magnéticos.*

En la figura 12 se puede observar al personal monitorista del Laboratorio Envirotest, quien se encargó de realizar el muestreo de cada balde plástico de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 214.060.2016 “AGUAS RESIDUALES, Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado”, requiriendo una muestra representativa de 800 ml.



*Figura 12.* Muestreo realizado por analista de laboratorio Envirotest.

En la figura 13, se validan las muestras rotuladas por el analista del laboratorio Envirotest para ser trasladadas al laboratorio con la finalidad de pasar evaluación de metales totales.



*Figura 13.* Muestras rotuladas tomadas por analista de laboratorio Envirotest.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Los análisis y comparación de datos y resultados obtenidos, fueron ejecutados mediante el Software Microsoft Excel.

### **3.7. Aspectos éticos**

La ejecución del presente proyecto de investigación respetó todas las normas de la ética y se ejecutó con toda la honestidad del autor, referenciando a todas las personas, instituciones y casas de investigación en las que se apoyó como fuentes y referencias.

Así mismo, el autor se compromete a colocar solo hechos verificables y reales obtenidos en la etapa de experimentación.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Determinación de los parámetros antes y después del tratamiento

En la Tabla 9, se muestran los valores obtenidos en la aplicación de 5 g de pepa de aceituna para la biosorción del Aluminio en un tiempo de agitación de 60 y 120 minutos a 150 RPM.

**Tabla 9.** Resultados de biosorción de Al para la aplicación de 5 g de pepa.

Muestra	Vol. (L)	Cantidad Pepa (gr)	pH	T° de muestra (°C)	Tiempo de Agitación (min)	Agitación (RPM)	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)
EF-01	2	5	7,65	14,7	60	150	5,903	2,892
EF-02	2	5	7,65	14,7	120	150	5,903	3,092

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 10, se muestran los valores obtenidos en la aplicación de 10 g de pepa de aceituna para la biosorción del Aluminio en un tiempo de agitación de 60 y 120 minutos a 150 RPM.

**Tabla 10.** Resultados de biosorción de Al para la aplicación de 10 g de pepa.

Muestra	Vol. (L)	Cantidad Pepa (gr)	pH	T° de muestra (°C)	Tiempo de Agitación (min)	Agitación (RPM)	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)
EF-03	2	10	7,65	14,7	60	150	5,903	2,666
EF-04	2	10	7,65	14,7	120	150	5,903	2,606

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 11, se muestran los valores obtenidos en la aplicación de 30 g de pepa de aceituna para la biosorción del Aluminio en un tiempo de agitación de 60 y 120 minutos a 150 RPM.

**Tabla 11.** Resultados de biosorción de Al para la aplicación de 30 g de pepa.

Muestra	Vol. (L)	Cantidad Pepa (gr)	pH	T° de muestra (°C)	Tiempo de Agitación (min)	Agitación (RPM)	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)
EF-05	2	30	7,65	14,7	60	150	5,903	2,573
EF-06	2	30	7,65	14,7	120	150	5,903	2,922

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 12, se muestran los valores obtenidos en la aplicación de 5 g de pepa de aceituna para la biosorción del Cobre en un tiempo de agitación de 60 y 120 minutos a 150 RPM.

**Tabla 12.** Resultados de biosorción de Cu para la aplicación de 5 g de pepa.

Muestra	Vol. (L)	Cantidad Pepa (gr)	pH	T° de muestra (°C)	Tiempo de Agitación (min)	Agitación (RPM)	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)
EF-01	2	5	7,65	14,7	60	150	0,7505	0,2637
EF-02	2	5	7,65	14,7	120	150	0,7505	0,2660

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 13, se muestran los valores obtenidos en la aplicación de 10 g de pepa de aceituna para la biosorción del Cobre en un tiempo de agitación de 60 y 120 minutos a 150 RPM.

**Tabla 13.** Resultados de biosorción de Cu para la aplicación de 10 g de pepa.

Muestra	Vol. (L)	Cantidad Pepa (gr)	pH	T° de muestra (°C)	Tiempo de Agitación (min)	Agitación (RPM)	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)
EF-03	2	10	7,65	14,7	60	150	0,7505	0,2446
EF-04	2	10	7,65	14,7	120	150	0,7505	0,2410

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 14, se muestran los valores obtenidos en la aplicación de 30 g de pepa de aceituna para la biosorción del Cobre en un tiempo de agitación de 60 y 120 minutos a 150 RPM.

**Tabla 14.** Resultados de biosorción de Cu para la aplicación de 30 g de pepa.

Muestra	Vol. (L)	Cantidad Pepa (gr)	pH	T° de muestra (°C)	Tiempo de Agitación (min)	Agitación (RPM)	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)
EF-05	2	30	7,65	14,7	60	150	0,7505	0,2139
EF-06	2	30	7,65	14,7	120	150	0,7505	0,2447

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 15, se muestran los valores obtenidos en la aplicación de 5 g de pepa de aceituna para la biosorción del Cromo en un tiempo de agitación de 60 y 120 minutos a 150 RPM.

**Tabla 15.** Resultados de biosorción de Cr para la aplicación de 5 g de pepa.

Muestra	Vol. (L)	Cantidad Pepa (gr)	pH	T° de muestra (°C)	Tiempo de Agitación (min)	Agitación (RPM)	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)
EF-01	2	5	7,65	14,7	60	150	0,0197	0,0091
EF-02	2	5	7,65	14,7	120	150	0,0197	0,0084

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 16, se muestran los valores obtenidos en la aplicación de 10 g de pepa de aceituna para la biosorción del Cromo en un tiempo de agitación de 60 y 120 minutos a 150 RPM.

**Tabla 16.** Resultados de biosorción de Cr para la aplicación de 10 g de pepa.

Muestra	Vol. (L)	Cantidad Pepa (gr)	pH	T° de muestra (°C)	Tiempo de Agitación (min)	Agitación (RPM)	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)
EF-03	2	10	7,65	14,7	60	150	0,0197	0,0088
EF-04	2	10	7,65	14,7	120	150	0,0197	0,0091

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 17, se muestran los valores obtenidos en la aplicación de 30 g de pepa de aceituna para la biosorción del Cromo en un tiempo de agitación de 60 y 120 minutos a 150 RPM.

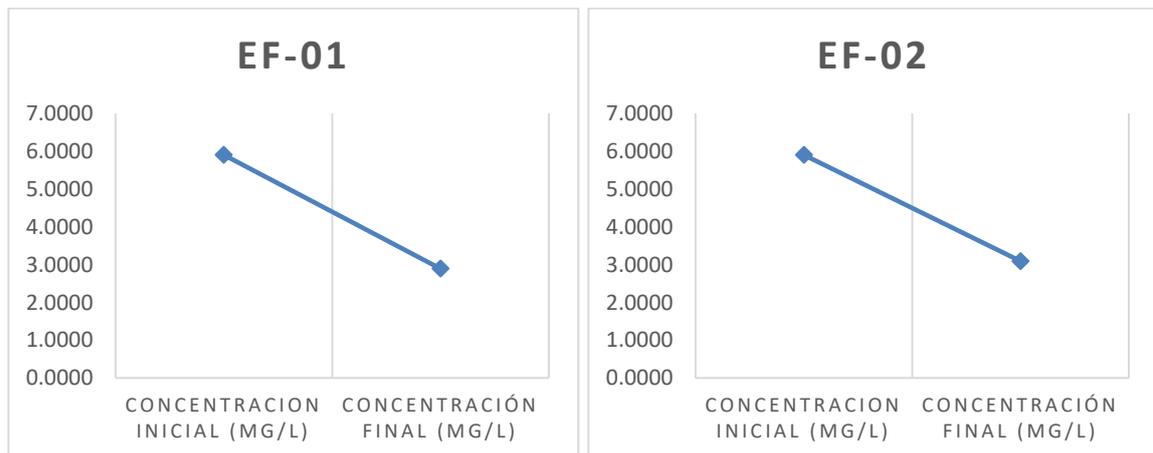
**Tabla 17. Resultados de biosorción de Cr para la aplicación de 30 g de pepa.**

Muestra	Vol. (L)	Cantidad Pepa (gr)	pH	T° de muestra (°C)	Tiempo de Agitación (min)	Agitación (RPM)	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)
EF-05	2	30	7,65	14,7	60	150	0,0197	0,0089
EF-06	2	30	7,65	14,7	120	150	0,0197	0,0089

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Tiempo de agitación que maximiza la bioadsorción

En la figura 14 se muestra el comparativo de los resultados obtenidos para las concentraciones iniciales y finales de Aluminio empleando 5 g de pepa de aceituna triturada. Se pudo validar que el tiempo de agitación en la muestra EF-02 (120 min) que corresponde al doble de la muestra EF-01 (60 min), generó un incremento en la bioadsorción de 49% a 53%.



*Figura 14. Comparativo de concentración de Al para 5 g de pepa de aceituna*

En la figura 15 se muestra el comparativo de los resultados obtenidos para las concentraciones iniciales y finales de Aluminio empleando 10 g de pepa de aceituna

triturada. Se pudo validar que el tiempo de agitación en la muestra EF-03 (60 min) y EF-04 (120 min), no fue determinante en la bioadsorción del metal, que se mantuvo en 45%.

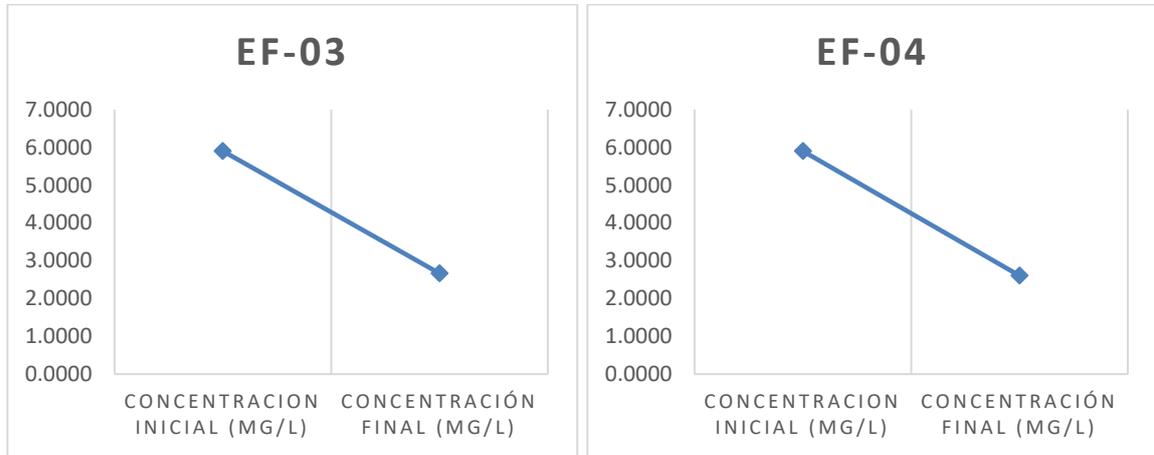


Figura 15. Comparativo de concentración de Al para 10 g de pepa de aceituna

En la figura 16 se muestra el comparativo de los resultados obtenidos para las concentraciones iniciales y finales de Aluminio empleando 30 g de pepa de aceituna triturada. Se pudo validar que el tiempo de agitación en la muestra EF-06 (120 min) que corresponde al doble de la muestra EF-05 (60 min), generó un incremento en la bioadsorción de 44% a 50%.

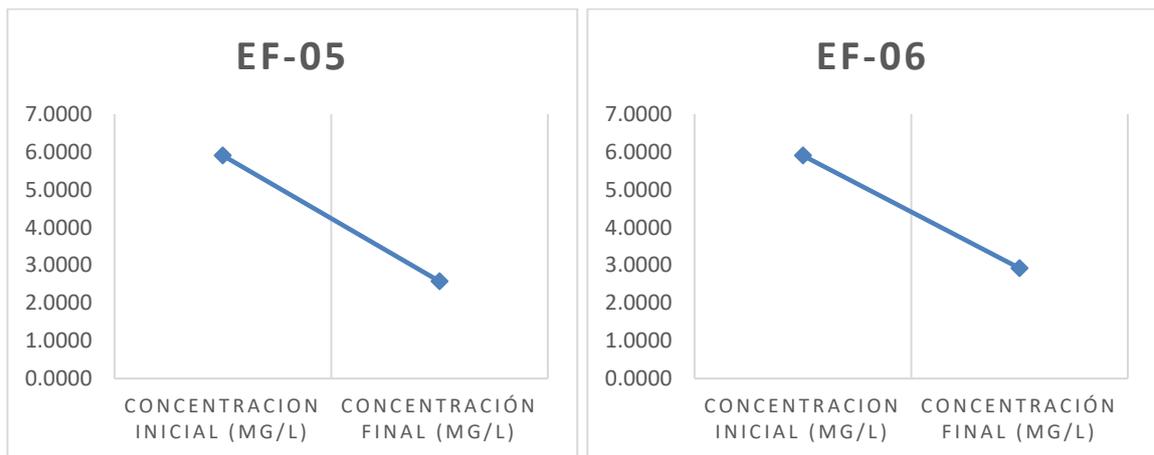


Figura 16. Comparativo de concentración de Al para 30 g de pepa de aceituna

En la figura 17 se muestra el comparativo de los resultados obtenidos para las concentraciones iniciales y finales de Cobre empleando 5 g de pepa de aceituna triturada. Se pudo validar que el tiempo de agitación en la muestra EF-01 (60 min) y EF-02 (120 min), no fue determinante en la bioadsorción del metal, que se mantuvo en 35%.

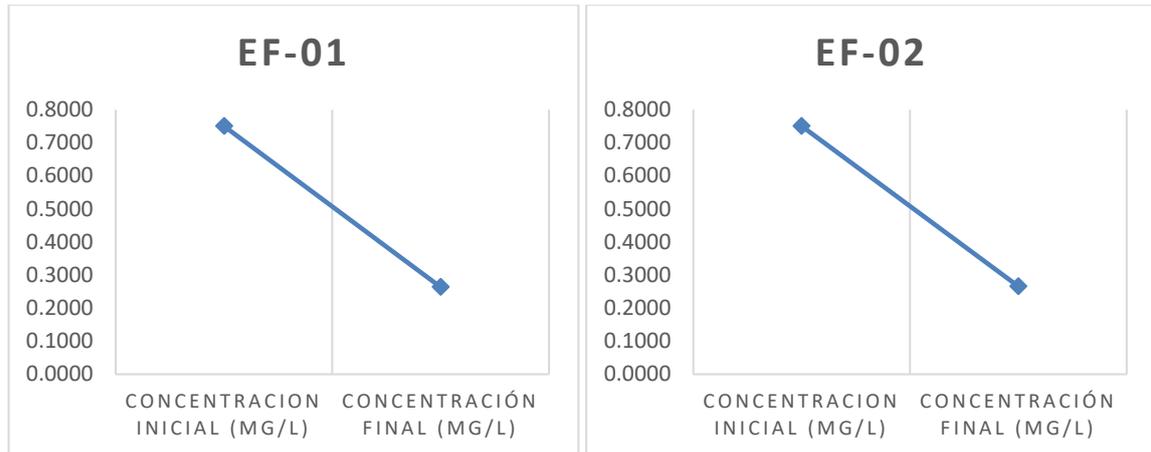
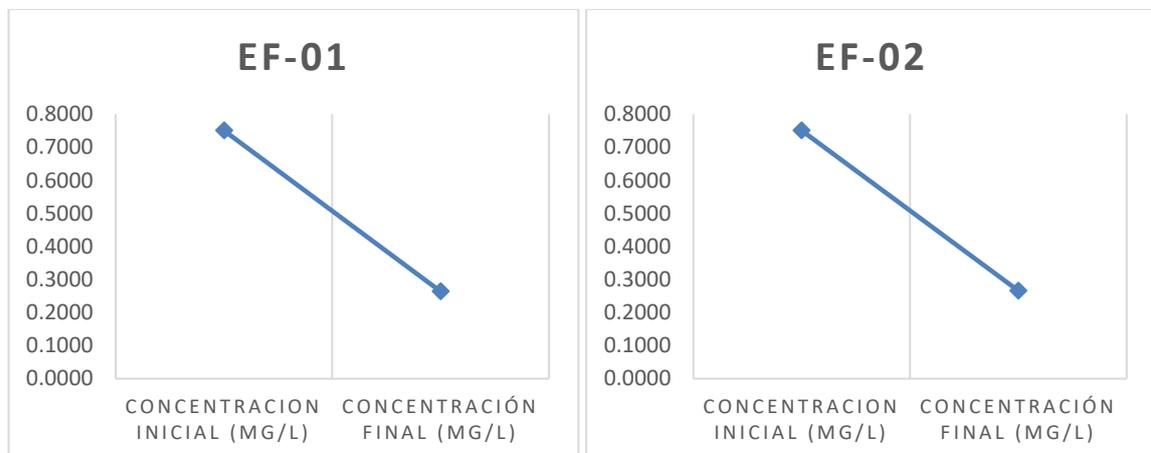


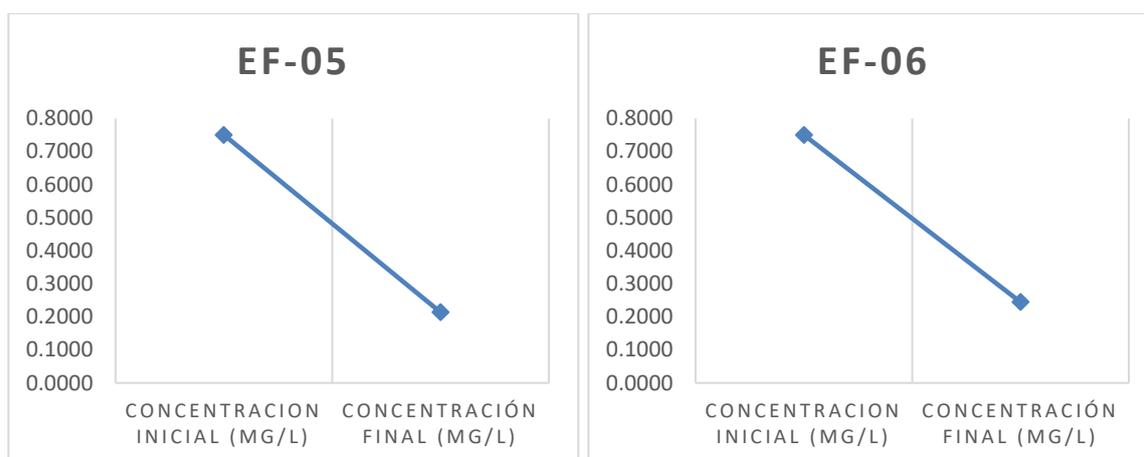
Figura 17. Comparativo de concentración de Cu para 5 g de pepa de aceituna

En la figura 18 se muestra el comparativo de los resultados obtenidos para las concentraciones iniciales y finales de Cobre empleando 10 g de pepa de aceituna triturada. Se pudo validar que el tiempo de agitación en la muestra EF-03 (60 min) y EF-04 (120 min), no fue determinante en la bioadsorción del metal, que se mantuvo en 33%.



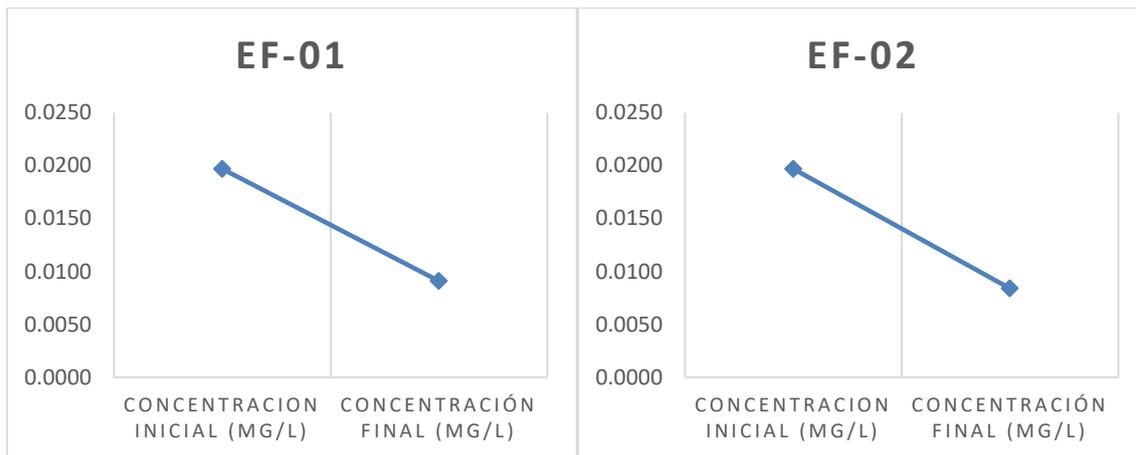
*Figura 18.* Comparativo de concentración de Cu para 10 g de pepa de aceituna

En la figura 19 se muestra el comparativo de los resultados obtenidos para las concentraciones iniciales y finales de Cobre empleando 30 g de pepa de aceituna triturada. Se pudo validar que el tiempo de agitación en la muestra EF-06 (120 min) que corresponde al doble de la muestra EF-05 (60 min), generó un incremento en la bioadsorción de 29% a 33%.



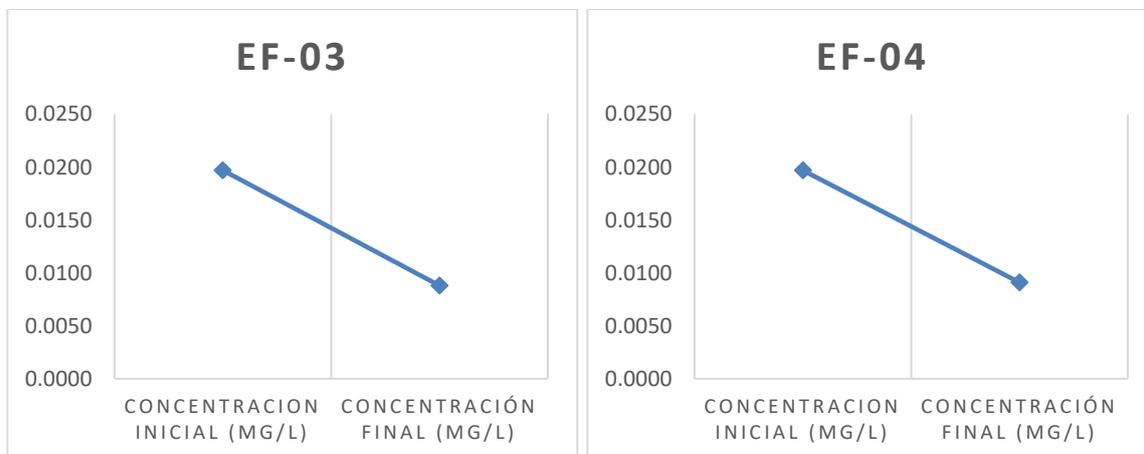
*Figura 19.* Comparativo de concentración de Cu para 30 g de pepa de aceituna

En la figura 20 se muestra el comparativo de los resultados obtenidos para las concentraciones iniciales y finales de Cromo empleando 5 g de pepa de aceituna triturada. Se pudo validar que el tiempo de agitación en la muestra EF-02 (120 min) que corresponde al doble de la muestra EF-01 (60 min), generó la disminución en la bioadsorción de 46% a 43%.



*Figura 20. Comparativo de concentración de Cr para 5 g de pepa de aceituna*

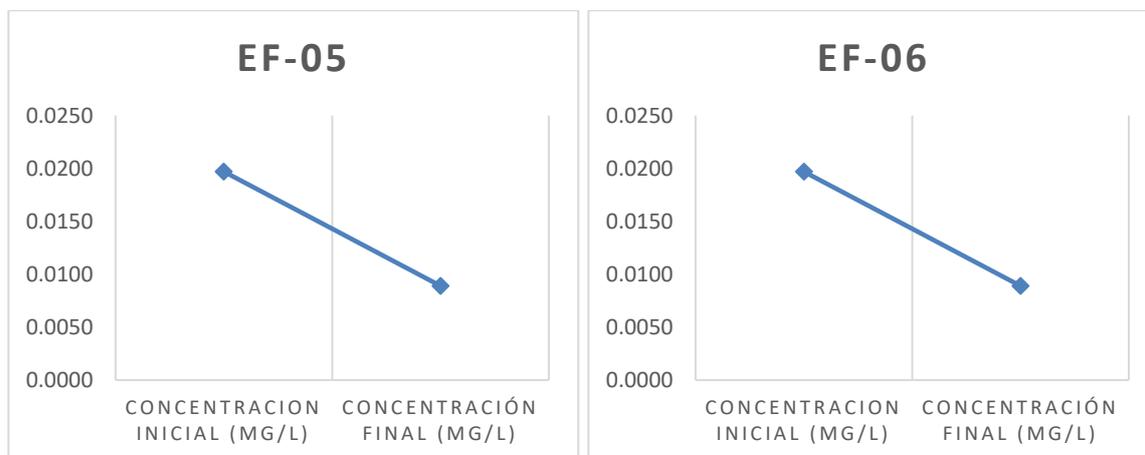
En la figura 21 se muestra el comparativo de los resultados obtenidos para las concentraciones iniciales y finales de Cromo empleando 10 g de pepa de aceituna triturada. Se pudo validar que el tiempo de agitación en la muestra EF-03 (60 min) y EF-04 (120 min), no fue determinante en la bioadsorción del metal, que se mantuvo en 45%.



*Figura 21. Comparativo de concentración de Cr para 10 g de pepa de aceituna*

En la figura 22 se muestra el comparativo de los resultados obtenidos para las concentraciones iniciales y finales de Cromo empleando 30 g de pepa de aceituna triturada. Se pudo validar que el tiempo de agitación en la muestra EF-05 (60 min)

y EF-06 (120 min), no fue determinante en la bioadsorción del metal, que se mantuvo en 45%.



*Figura 22.* Comparativo de concentración de Cr para 30 g de pepa de aceituna

## V. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos realizar los siguientes comparativos:

### 5.1. De la concentración antes y después del tratamiento

La presente investigación empleó la pepa de aceituna como biomasa muerta en la remoción de Aluminio, Cobre y Cromo en aguas con contenido metálico que no sobrepasan los Valores Máximos Admisibles de acuerdo a la normativa vigente, demostrando una remoción promedio de 2,7988 mg/l, 0.24565 mg/l y 0.00887 mg/l respectivamente. Delgado (2021) por su parte, se enfocó en la remoción de Arsénico (As) en las aguas de un pozo para consumo humano, también empleado hueso de aceituna. En sus resultados se concluye que la capacidad de adsorción para el hueso de aceituna es de 0,198857143 mg de As/g de Adsorbente con un 98% de adsorción.

La presente investigación considero factores como los tiempos de agitación y mantuvo la agitación en 150 RPM para todas las evaluaciones realizadas obteniendo una remoción de 47%, 33% y 45% en los parámetros de aluminio, cobre y cromo respectivamente. Gonzalo et. al (2016) por su parte considero la influencia de distintas temperaturas y velocidades de agitación en la adsorción de plomo y zinc empleando como biomasa la cáscara de plátano (*Musa Sapientum*), elaboraron un filtro conteniendo la biomasa seleccionada pulverizada previamente secado a 90°C y pulverizado, las temperaturas de trabajo fueron de 35 a 80°C realizando la agitación a 50 y 80 revoluciones por minuto. Los resultados obtenidos reflejaron mayor adsorción de Pb (79,76%) y Zn (66, 37%) a 80 rpm y 80°C de temperatura.

La presente investigación consideró el triturado y pulverizado por medios físicos y mecánicos de la pepa de aceituna, no se consideró un mecanismo químico para la activación para la pepa de aceituna obteniendo resultados de remoción de 47%, 33% y 45% en los parámetros de aluminio, cobre y cromo respectivamente. Blas (2016), por su parte; empleó como biomasa la cascara de coco carbonizada de 450 a 550°C y arena activada con ácido fosfórico, para la adsorción de iones metálicos como Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn). Se procedió a oxidar el Hierro y el Manganeseo para luego circular el agua mediante gravedad con filtros de arena, grava y carbón activado. Se demostró una eficiencia de hasta 92,45% para Mn y 87,67% para Fe, en un tiempo de retención de 60 minutos. Albarracín (2014) por su parte empleó cascara de Tarwi como biomasa previamente activada con Ácido Clorhídrico en la adsorción del Plomo (Pb), se ejecutó la agitación continua para el adsorbente y la muestra de Plomo, se obtiene como resultado que la cascara de Tarwi tratada tiene la capacidad de retención de Pb en un 96,021% a un pH 5,5 en un único periodo de 60 minutos de agitación.

La presente investigación consideró el uso de pepa de aceituna como biomasa muerta la cual fue sometida a 3 procesos de lavado para el retiro del aceite natural del olivo, posterior a ello se puso a temperatura ambiente por un periodo de 7 días para ser ingresados en una trituradora mecánica sin ser sometidos a algún proceso químico. Salazar Pinto, Zea Linares (2015) por su parte, emplearon endocarpio de aceituna triturado y pretratado con NaOH y HCl empleándolo en soluciones acuosas cuya concentración inicial fue de 31.70 a 88.30 ppm, para determinar la efectividad en la remoción tanto de Plomo (II) como de Cadmio (II). Los resultados obtenidos demostraron una alta remoción con un pH 6,10 y 88,30 ppm (22,65 para el Cadmio (II) y 42,75 ppm para el Plomo (II)). Barreto (2013), por su parte, realizó un tratamiento sobre el hueso de aceituna de limpieza y secado, durante 24 horas de activación y un proceso de secado a 110°C de temperatura y calcinándose a 400, 500 y

600°C por 1 hora. Los resultados demostraron la efectividad del ácido fosfórico y cloruro de hierro III como agentes activantes químicos para la aceituna molida, permitiendo adsorber hasta 80% en el Pb (II) y el 67.5% en el As(V) en soluciones acuosas.

## **5.2. Del tiempo de agitación que máxima la bioadsorción**

La presente investigación empleo cantidades de 5 g, 10 g y 30 gr para periodos de agitación de 60, 120 minutos en un agitador magnético, demostrando un porcentaje de remoción de 47%, 33% y 45% en los parámetros de aluminio, cobre y cromo. Romero (2017), por su parte empleó la nuez de aceituna molida en la biosorción de aguas residuales de un yacimiento minero con presencia de plomo y zinc en la provincia de Huancavelica, para ello el sistema utilizando es el método discontinuo con agitación constante en tiempos de 60 y 90 minutos, para 5 g y 10 g de nuez de aceituna molida. Obteniendo como resultado una eficiencia del plomo y zinc de 96,1%, 87,6% respectivamente.

La presente investigación considero una única temperatura para todas las evaluaciones (14,7 °C) realizadas en dos tiempos de agitación (60 minutos y 120 minutos) obteniendo una remoción de 47%, 33% y 45% en los parámetros de aluminio, cobre y cromo respectivamente. Obregón (2012) por su parte, comparó la capacidad de adsorción de Cadmio (Cd) usando carbón activado de semillas de aguaje y semillas de aceituna, ejecutando la activación química a temperaturas de 400, 500 y 600°C, usando ácido fosfórico con la finalidad de evaluar el incremento de la capacidad de retención para el cadmio. Como resultado de la evaluación se obtuvo que al incremento de la temperatura en 600°C se incrementa el área superficial la que favorece directamente la adsorción del metal por incremento en la meso porosidad. Bustamante (2011), por su parte empleó restos de grano de café modificados químicamente para la

biosorción de metales pesados (Pb y Cu). Se ejecutó el lavado del residuo de café y posterior secado en una estufa a 50°C durante 24 Horas. Los resultados obtenidos revelaron una capacidad de adsorción constante a los 200 minutos para cobre y 500 minutos para el plomo.

La presente investigación contempló el uso de pepa de aceituna triturada y molida, resultando con partículas de pepa en dimensiones en promedio de 0,070 mm de ancho y alto, por lo que no se consideró como factor determinante la superficie de la partícula de la pepa. Saloua (2010), por su parte; evaluó la biosorción de hierro empleando el hueso de aceituna como biomasa a través del tratamiento terciario de depuración de aguas provenientes de proceso de lavado de aceite y de aceituna. Esta biosorción depende de la cantidad y del tamaño de la partícula a una temperatura de 5 a 70°C. En las varias evaluaciones, se determina también que, no se requiere ningún tipo de tratamiento previo para el hueso de aceituna, inclusive el lavar demostró una disminución en la capacidad de absorción.

El muestreo que se ejecutó en la presente investigación fue del tipo no probabilístico por conveniencia, se ejecutó la toma de las muestras a consideración del autor directamente de la fuente y la aplicación de la pepa de aceituna fue ejecutada de forma directa en las muestras. Bermúdez et. al (2009) por su parte, ejecutó la biosorción de Pb (II) empleando la pepa de aceituna como biomasa absorbente en columna de lecho fijo. La experimentación demostró la relación directa entre la altura de lecho y la cantidad retenida de plomo. Para 225 minutos, se obtuvo una relación directa determinada por el tiempo para la saturación de la columna y la altura de relleno. Tenorio (2006) por su parte analizó el efecto de la retención completa de Cr (VI) y la parcial reducción del Cr (III) empleando la pepa de aceituna como biomasa muerta. Mediante la instalación en un sistema continuo de dos columnas fijas se pretende

modificar los PH del medio para la eliminación del Cr (VI) y Cr (III). Los resultados obtenidos fueron, en primer lugar, la eliminación completa del Cr (VI) en la 1ª columna y la 2ª columna, la reducción del Cr (III) presente en la disolución, reteniendo un total del 80% del cromo en los resultados demostrándose su posible aplicación en la limpieza de metales en las muestras.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se demostró que el uso de pepa de aceituna es eficiente en la remoción de metales pesados como el Aluminio (Al), Cobre (Cu) y Cromo (Cr) en los efluentes del proceso de lavado de Anilox de la planta industrial flexográfica con sede en Chorrillos.

2. Luego de la experimentación se determinaron los valores iniciales y finales en mg/l de los metales analizados en los efluentes del proceso de lavado de Anilox:

En el caso del Aluminio (Al) la concentración inicial fue 5.9030 mg/l y luego de la experimentación se obtuvo como mayor valor de remoción 3.0920, considerándose una remoción de hasta 53%.

En el caso del Cobre (Cu) la concentración inicial fue 0.7505 mg/l y luego de la experimentación se obtuvo como mayor valor de remoción 0.2660 mg/l, considerándose una remoción de hasta 35%.

En el caso del Cromo (Cr) la concentración inicial fue 0.0197 mg/l y luego de la experimentación se obtuvieron valores de 0.0091 mg/l, considerándose una remoción de hasta 46%.

3. Respecto al periodo de agitación que maximiza la biosorción de Al, Cu y Cr, se determina lo siguiente:

Para el Aluminio (Al) el tiempo de agitación de 120 minutos se generó en promedio una bioadsorción de 49% respecto a la concentración inicial, se determina que hay una relación directa entre el tiempo de agitación y el porcentaje de bioadsorción.

En el caso del Cobre (Cu) el tiempo de agitación de 120 minutos se generó en promedio una bioadsorción de 33% respecto a la concentración inicial, se determina que hay una relación directa en el tiempo de agitación y el porcentaje de bioadsorción.

En el caso del Cromo (Cr) el tiempo de agitación de 60 y 120 minutos se mantuvo en un promedio de bioadsorción de 45% se determina que no hay una relación directa entre el tiempo de agitación y el porcentaje de bioadsorción.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir empleando la pepa de aceituna como biomasa muerta para la remoción de metales pesados en diversos procesos cuyo efluente revele presencia de estas sustancias tóxicas.
2. La metodología empleada por el Laboratorio Acreditado, reveló que; además de los metales analizados objeto de este estudio (Al, Cu y Cr), se encontró presencia de otros metales pesados cuya concentración inicial varió en algunos casos de la concentración final, debido a esa escasa consistencia, no se consideraron dentro del alcance de este estudio por parte del autor. Se recomienda emplear la metodología de experimentación, como parte de una ampliación de estudios para los metales: Molibdeno (Mb), Estroncio (Sr), Níquel (Ni) y Silicio (Si).
3. Respecto al periodo de agitación que maximiza la biosorción de Al, Cu y Cr, los valores obtenidos para los tiempos de agitación de 60 y 120 minutos, demostraron una diferencia menor a un 10%, por lo que se recomienda considerar un rango de tiempo de agitación entre 60 y 90 minutos para obtener resultados similares, sin dejar de ser eficientes.

## REFERENCIAS

- ALBARRACIN, Francisco. Capacidad de Adsorción para remover el Ion Metálico Pb (II) por el Tanino de la Cascara de Tarwi, de las aguas del rio Ramis Puno, Perú, Tesis (Doctor en Ciencia Tecnología y Medio Ambiente), Puno, Perú, 2014.
- ALVES Thiago, ROZZA Graciela, PINHEIRO Adilson. Evaluation of concerning emergent compounds characteristics and simultaneous biosorption through multivariate technique. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* [En línea]. 2022. Vol. 27, no. 2p. 403–412. [10 de enero del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210056>
- ARANDA, Francisca L.; GAYOSO, Alexa; PALMA-ONETTO, Valeria y RIVAS, Bernabé L.. Removal of Copper Ions from aqueous solutions by using Resins from Pinus Radiate Bark Resins. *J. Chil. Chem. Soc.* [en línea]. 2022, vol.67, n.1 [10 de enero 2023]. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-97072022000105403&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-97072022000105403&lng=es&nrm=iso). ISSN 0717-9707.
- BARRETO, Carmen. Obtención de carbón activado a partir de la pepa de aceituna para adsorción de metales pesados (Pb, As) en efluentes líquidos. Universidad Nacional del Callao, Callao, 2013.
- BARROS Junior, MACEDO G.R., DUARTE M.M.L., SILVA E.P. and LOBATO A.K.C.L. Biosorption of cadmium using the fungus *Aspergillus niger*. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* [En línea]. 2003. Vol. 20, no. 3p. 229–239. [10 de enero del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0104-66322003000300003>.
- BERMÚDEZ Francisco, BLAZQUEZ Gabriel, CALERO Mónica, LARA Martin y LEIVA Juan Carlos. Biosorción de plomo con hueso de aceituna en columna de lecho fijo, Departamento de Ingeniería Química Universidad de Granada. España, 2009.
- BLAS Johana. Aplicación del Carbón Activado de la Cascara de Coco para Adsorber Hierro y Manganeso en las Aguas del Rio San Luis - Prov. Carlos Fermín- Áncash, Tesis (Ing. Ambiental), Lima, Perú, 2016.

- CANAZA, Alejandro; POZO, Lizzette; FERRUFINO Erick, VARGAS Virginia. Biosorption of lead(ii) ions by dead bacterial Biomass isolated from mine water. *Revista Boliviana de Química* [En línea]. 2021, vol.38, n.3 [10 de enero del 2023]. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0250-54602021000300119&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602021000300119&lng=es&nrm=iso). ISSN 0250-5460.
- CAVIEDES Diego, MUÑOZ Ramiro, PERDOMO Alexandra, RODRIGUEZ Daniel, SANDOVAL Iván. Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. *Revista Ingeniería y Región* [En línea]. 2015; volumen 13. [10 de enero 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5432290.pdf>. ISSN 1657 - 6985 (Impreso), ISSN 2216 - 1325 (En línea).
- CHEN Jiaping Paul, WANG Lawrence K, HUNG Yung-Tse, SHAMMAS Nazih K., WANG Mu Hao. *Remediation of Heavy Metals in the Enviroment*. USA Boca Raton FL. CRC Press, 2016. 528 paginas. ISBN: 9781466510012.
- Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA: Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. *Diario Oficial El Peruano*, Lima Perú, 9 de marzo del 2019.
- DELGADO, Frida. Determinación de Isotermas de adsorción, capacidad y las cinéticas de adsorción en la pepa de la aceituna en la adsorción de As. Tesis (Doctora en Ciencias y Tecnologías Medioambientales) Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 2021.
- FRANCO Luciana, MAIA Rita, PORTO Ana Lúcia, MESSIAS Arminda, FUKUSHIMA Kazutaka, CAMPOS-TAKAKI, Galba. Heavy metal biosorption by chitin and chitosan isolated from *Cunninghamella elegans* (IFM 46109). *Brazilian Journal of Microbiology* [En línea]. 2004. Vol. 35, no. 3p. 243–247. [10 de enero del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1517-83822004000200013>. ISSN: 1517-8382
- GONÇALVES Affonso, RUBIO Fernanda, MENEGHEL Ana, COELHO Gustavo, DRAGUNSKI Douglas, STREY Leonardo. The use of *Crambe abyssinica* seeds as adsorbent in the removal of metals from waters. *Revista Brasileira*

de Engenharia Agrícola e Ambiental. [En línea] volumen 17, No. 3. 2012 [10 de junio del 2020]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/hVmdr9cPpM8qVFb6fHtGWds/?format=pdf&lang=en>. ISSN: 1415-4366.

GONZALO Alejandro, GUERRA Julio. Influencia de la velocidad de agitación y la temperatura sobre la adsorción de plomo (Pb) y zinc (Zn) con cáscara de plátano (*Musa Sapientum*). Tesis (Ingeniero Metalurgista) Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo – Perú. 2016.

GRADY Jr, C.P. Leslie. Biological Wastewater Treatment. 3ra Edición. USA Boca Raton FL. CRC Press, 2011. 991 páginas. ISBN: 1843393425.

LEANDRO-SILVA, Emerson, PIPI, Angelo Ricardo Favaro, MAGDALENA, Aroldo Geraldo and PIACENTI-SILVA, Marina. Study of simultaneous adsorption efficiency of metals using modified organic and synthetic adsorbents. *Matéria* (Rio de Janeiro) [en línea]. 2022. Vol. 27, no. 3p. e20220033. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0033>. ISSN 1517-7076.

MAHMUDIONO, Trias, BOKOV, Dmitry, WIDJAJA, Gunawan, KONSTANTINOV, Igor S., SETIYAWAN, Khanif, ABDELBASSET, Walid Kamal, MAJDI, Hasan Sh., KADHIM, Mustafa M., KAREEM, Hussein Ali and BANSAL, Kapil. Removal of heavy metals using food industry waste as a cheap adsorbent. *Food Science and Technology* [en línea]. 2022. Vol. 42, p. e111721. [10 de enero del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/fst.111721>. ISSN 0101-2061 (Impreso) ISSN 1678-457X (En línea)

McGHEE Terence. Abastecimiento de agua y alcantarillado. ingeniería Ambiental. 6ta Edición. Colombia. Editorial Nomos, 2000. 602 páginas. ISBN: 958-600-926-2.

OBREGON, Daniel. Estudio Comparativo de la Capacidad de adsorción de Cadmio utilizando carbones Activados preparados a partir de semillas de aguaje y aceituna. Tesis (Licenciado en Química), Pontífice Universidad Católica del Perú, Lima, 2012.

RIBAS, Felipe, SILVA, William. Biossorção: uma revisão sobre métodos alternativos promissores no tratamento de águas residuais. *Matéria* (Rio de Janeiro) [En línea]. 2022. Vol. 27, no. 2p. e13212. [10 de enero del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620220002.1312>. ISSN: 1517-7076.

- RIDA Batool, SHAHIDA Hasnain. Cr+6 removal by indigenous bacteria in conjunction with different biowaste materials: an ecofriendly approach. *Journal of the Chilean Chemical Society*. [En línea]. 2014, vol.59, n.3 [10 de Junio del 2020]. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-97072014000300012&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-97072014000300012&lng=es&nrm=iso). ISSN 0717-9707.
- ROCKER Cristiana., CAETANO Josiane, GONÇALVES Affonso, RODRIGUEZ Juliana, DRAGUNSKI Douglas. Biossorção de íons Cr(III) de soluções aquosas sintéticas e efluente de curtume utilizando a macrófita aquática *Pistia stratiotes*. *Engenharia Sanitaria E Ambiental* [En línea]. 2019, volumen 24 No. 2 [10 de enero del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019159636>. ISSN: 1413-4152
- ROMERO, José. La pepa de aceituna y la Biosorción en efluentes mineros con alta concentración de plomo y zinc en la U.E.A, Heraldos Negros - Acobambilla – Huancavelica. Tesis (Ingeniero Ambiental), Huancavelica, 2017.
- S.E. Pabón, R. Benítez, R. A. Sarria-Villa y J. A. Gallo. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería* [En línea], vol. 14, no. 27, 2020. [10 de junio del 2020]. Disponible en: <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaeingenieria/article/view/1734/1691>. ISSN 1909 - 8367 (Impreso), ISSN 2539 - 4169 (En línea).
- SALAZAR Betty, ZEA Giuliana. Estudio del proceso de Biosorción del endocarpio de aceituna “*Olea europea*” para la remoción de plomo (II) y cadmio (II) de soluciones acuosas. Tesis (Ingeniero Biotecnólogo), Universidad Católica de Santa María, Arequipa, 2015.
- SALOUA, Alam. Aprovechamiento de hueso de aceituna, Biosorción de iones metálicos. Tesis (Doctor con mención europea), Departamento de ingeniería Química Universidad de Granada, España, 2010.
- SANCHEZ Jonathan, GONZALEZ Ramsés, BLANCAS Francisco, FONSECA Ángel. Utilización de subproductos agroindustriales para la bioadsorción de metales pesados. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* [En línea]. 2020, vol. 23 [10 de enero del 2023]. Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-888X2020000100211&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2020000100211&lng=es&nrm=iso). ISSN 1405-888X.

SANCHEZ, Julio; BUTTER, Bryan y RIVAS, Bernabé L.. Biopolymers Applied to Remove Metal Ions through Ultrafiltration. A review. J. Chil. Chem. Soc. [En línea]. 2020, vol.65, n.4 [10 de enero del 2023]. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-97072020000405004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-97072020000405004&lng=es&nrm=iso). ISSN 0717-9707.

STANOJEVIĆ-NIKOLIĆ Slobodanka, PAVLOVIĆ Katarina, NIKOLIĆ Milan, SRDIĆ Vladimir y ŠĆIBAN, Marina. Removal of cadmium(II) ions using *Saccharomyces cerevisiae* and *Leuconostoc mesenteroides* immobilized in silica materials by two processing methods. Materials Research [En línea]. 2022. Vol. 25, p. e20210568. [10 de enero del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2021-0568>.

SULEMAN Qaiser, ANWAR R. Saleemi, MUHAMMAD Umar. Biosorption of lead (II) and chromium (VI) on groundnut hull: Equilibrium, kinetics, and thermodynamics study. Electronic Journal of Biotechnology [En línea] Vol.12 No.4, 2019. [10 de Junio del 2020]. Disponible en: <http://ejbiotechnology.ucv.cl/content/vol12/issue4/full/6/6.pdf>. ISSN: 0717-3458.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. 1ª Edición, Lima, 2015.

TEJADA Candelaria, VILLABONA Ángel, GARCÉS Luz. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. Tecno Lógicas [En línea]. 2015, vol.18, n.34 [10 de Junio del 2020]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-77992015000100010&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992015000100010&lng=en&nrm=iso). ISSN 0123-7799.

TEJADA Candelaria; HERRERA Adriana, VILLABONA Angel. Assessment of Chemically Modified Lignocellulose Waste for the Adsorption of Cr (VI). Revista Facultad de Ingeniería [En línea]. 2020, vol.29, n.54 [10 de enero del 2023]. Disponible en:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-11292020000100004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-11292020000100004&lng=en&nrm=iso). ISSN 0121-1129.

TENORIO German. Tesis Doctoral, Caracterización de la Biosorción de Cromo con Hueso de la Aceituna., Universidad de Granada, España, 2006.

TRATAMIENTOS avanzados de aguas residuales industriales por Rodriguez, Antonio [et. al], MADRID, 2006.

VIEIRA A., ALMEIDA A. F., SILVA Carlos, NÓBREGA C. C. MELO A. A. Characterization and use of in natura and calcined rice husks for biosorption of heavy metals ions from aqueous effluents. Brazilian Journal of Chemical Engineering [En línea]. 2012. Vol. 29, no. 3p. 619–634. [10 de enero del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0104-66322012000300019>. ISSN: 0104-6632

VIZCAINO Lissette; FUENTES Natalia, GONZALEZ Harold. Adsorción de Plomo (II) en solución acuosa con tallos y hojas de eichhornia crassipes. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. [En línea]. 2017, vol.20, n.2 [10 de enero del 2023]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262017000200021&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262017000200021&lng=en&nrm=iso). ISSN 0123-4226.

ZELA José, OLIVAS Gustavo. Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el ámbito de las Empresas Prestadoras 2022. Informe SUNASS. 278 pág. 2022.

## ANEXOS

**Tabla 18.** *Tabla de Operacionalización de Variables*

Tipo	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Dependiente	Concentración de metales pesados	Los efluentes del proceso de lavado de anilox tienen contenido de Aluminio, Cobre y Cromo, los cuales son tratados en la PTARI de la planta flexográfica de Chorrillos.	Se recogerá una muestra de 20 L de efluentes del proceso de lavado de Anilox. Se ejecutará una primera medición para obtener los valores iniciales y luego del tratamiento empleando pepa de aceituna tratada se disminuirá la concentración en los parámetros Al, Cu y Cr.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Litros de muestra</li> <li>• Valores iniciales de Aluminio</li> <li>• Valores finales de Aluminio</li> <li>• Valores iniciales de cobre</li> <li>• Valores finales de cobre</li> <li>• Valores iniciales de Cromo</li> <li>• Valores finales de Cromo</li> </ul>	<p>DE RAZON</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Litros (L)</li> <li>• Al (mg/L)</li> <li>• Cu (mg/L)</li> <li>• Cr (mg/L)</li> </ul>
	Pepa de aceituna	Residuo orgánico carente de utilidad, del fruto del árbol olivo, rico en lignina, la cual tiene propiedades demostradas en la remoción de metales pesados. (Gomez et al, 2013).	La pepa de aceituna tratada mediante un proceso de secado y molido se incorporará a la muestra con la finalidad de emplearse como solido absorbente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosis de pepa seca y molida</li> </ul>	<p>DE RAZON</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gramos (g)</li> </ul>
Independiente	Tiempo de agitación	Es el periodo de mezcla o agitación continua en el que se pone en contacto mediante un agitador magnetico el absorbente (biomasa muerta) y la muestra (efluentes del proceso de lavado de anilox).	Mediante un agitador magnético (en rpm), se realizará la mezcla durante periodo determinado como 60 y 120 minutos.	Periodos de agitación para efectuar la reacción de absorbente con la solución muestra.	<p>DE RAZON</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo (min)</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 23. Resultados de laboratorio Envirotest



Environmental Testing Laboratory S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-056



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N° LE-056

---

## INFORME DE ENSAYO N° 230635 CON VALOR OFICIAL

**Razón Social :** Guzman Calderón, John Alexander

**Domicilio Legal :** Chorrillos

**Solicitado por :** RESERVADO POR EL CLIENTE

**Referencia :** Cotización N° 04869-22

**Proyecto :** PLANTA INDUSTRIAL FLEXOGRÁFICA

**Procedencia :** CHORRILLOS

**Muestreo Realizado por :** EL CLIENTE

**Cantidad de Muestras :** 7

**Producto :** Agua Residual

**Fecha de Recepción :** 08/02/2023

**Fecha de Ensayo :** 08/02/2023 al 14/02/2023

**Fecha de Emisión :** 14/02/2023

**I. Resultados**

Código de Laboratorio	230635-01	230635-02	230635-03
Código del Cliente	EF-00	EF-01	EF-02
Fecha de Muestreo	08/02/2023	08/02/2023	08/02/2023
Hora de Muestreo (h)	13:45	13:15	13:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:NO INDICA N:NO INDICA	E:NO INDICA N:NO INDICA	E:NO INDICA N:NO INDICA
Tipo de Producto	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
<b>Laboratorio Instrumental</b>						
<b>Metales Totales</b>						
Aluminio	mg/L	0,0077	0,0084	5,903	2,892	3,092
Antimonio	mg/L	0,0015	0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Arsénico	mg/L	0,001	0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Bario	mg/L	0,0004	0,0008	0,2371	0,1536	0,1510
Berilio	mg/L	0,0002	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Boro	mg/L	0,0012	0,0022	0,3711	0,3525	0,3477
Cadmio	mg/L	0,00005	0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020
Calcio	mg/L	0,0035	0,0050	115,8	108,5	110,0
Cerio	mg/L	0,0096	0,0224	<0,0224	<0,0224	<0,0224
Cobalto	mg/L	0,0007	0,0018	<0,0018	<0,0018	<0,0018
Cobre	mg/L	0,0005	0,0012	0,7505	0,2637	0,2660
Cromo	mg/L	0,0023	0,0040	0,0197	0,0091	0,0084
Estaño	mg/L	0,0026	0,0075	<0,0075	<0,0075	<0,0075
Estroncio	mg/L	0,0002	0,0004	1,290	0,9694	0,9754

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método. \*<=" Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado.

---

Calle B. Mz C lote 40 Urb. Panamericana - Lima 31 - Perú, Central Telefónica (511) 522-3758 / 523-1828 980-525856  
 info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe

Código: F01-PQ.EMI.01, Rev:11, Fecha: 21/02/2020
Página 1 de 5

## INFORME DE ENSAYO N° 230635 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio				230635-01	230635-02	230635-03
Código del Cliente				EF-00	EF-01	EF-02
Fecha de Muestreo				08/02/2023	08/02/2023	08/02/2023
Hora de Muestreo (h)				13:45	13:15	13:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)				E:NO INDICA N:NO INDICA	E:NO INDICA N:NO INDICA	E:NO INDICA N:NO INDICA
Tipo de Producto				Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Fosforo	mg/L	0,0237	0,0420	0,4147	1,063	1,002
Hierro	mg/L	0,0052	0,0064	3,670	2,302	2,478
Litio	mg/L	0,0006	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Magnesio	mg/L	0,0107	0,0141	22,73	9,736	11,33
Manganeso	mg/L	0,0004	0,0005	0,0935	0,0568	0,0693
Molibdeno	mg/L	0,0018	0,0023	0,3140	0,3214	0,3140
Niquel	mg/L	0,0015	0,0027	0,0388	0,0412	0,0392
Plata	mg/L	0,0014	0,0027	<0,0027	<0,0027	<0,0027
Plomo	mg/L	0,0004	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Potasio	mg/L	0,0463	0,0977	11,57	15,59	16,18
Selenio	mg/L	0,001	0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Silicio	mg/L	0,0051	0,0120	4,748	5,276	4,416
Sodio	mg/L	0,0074	0,0127	1 748	1 594	1 621
Talio	mg/L	0,0002	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Titanio	mg/L	0,0021	0,0026	0,9535	0,3667	0,4121
Vanadio	mg/L	0,0005	0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007
Zinc	mg/L	0,0009	0,0012	0,5511	0,1848	0,2037

LEYENDA: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, \* = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado.

## INFORME DE ENSAYO N° 230635 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio				230635-04	230635-05	230635-06
Código del Cliente				EF-03	EF-04	EF-05
Fecha de Muestreo				08/02/2023	08/02/2023	08/02/2023
Hora de Muestreo (h)				13:25	13:30	13:35
Ubicación Geográfica (WGS 84)				E:NO INDICA N:NO INDICA	E:NO INDICA N:NO INDICA	E:NO INDICA N:NO INDICA
Tipo de Producto				Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
<b>Laboratorio Instrumental</b>						
<b>Metales Totales</b>						
Aluminio	mg/L	0,0077	0,0084	2,666	2,606	2,573
Antimonio	mg/L	0,0015	0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Arsénico	mg/L	0,001	0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Bario	mg/L	0,0004	0,0008	0,1404	0,1417	0,1535
Berilio	mg/L	0,0002	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Boro	mg/L	0,0012	0,0022	0,3495	0,3548	0,3625
Cadmio	mg/L	0,00005	0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020
Calcio	mg/L	0,0035	0,0050	113,0	117,8	110,9
Cerio	mg/L	0,0096	0,0224	<0,0224	<0,0224	<0,0224
Cobalto	mg/L	0,0007	0,0018	<0,0018	<0,0018	<0,0018
Cobre	mg/L	0,0005	0,0012	0,2446	0,2410	0,2139
Cromo	mg/L	0,0023	0,0040	0,0088	0,0091	0,0089
Estaño	mg/L	0,0026	0,0075	<0,0075	<0,0075	<0,0075
Estroncio	mg/L	0,0002	0,0004	0,9162	0,9166	0,8308
Fosforo	mg/L	0,0237	0,0420	1,566	1,597	3,156
Hierro	mg/L	0,0052	0,0064	2,327	2,556	2,956
Litio	mg/L	0,0006	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Magnesio	mg/L	0,0107	0,0141	8,420	9,847	10,05
Manganeso	mg/L	0,0004	0,0005	0,0696	0,0698	0,0708
Molibdeno	mg/L	0,0018	0,0023	0,3413	0,3141	0,3039
Níquel	mg/L	0,0015	0,0027	0,0412	0,0391	0,0413
Plata	mg/L	0,0014	0,0027	<0,0027	<0,0027	<0,0027
Plomo	mg/L	0,0004	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Potasio	mg/L	0,0463	0,0977	19,39	19,66	32,26
Selenio	mg/L	0,001	0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Silicio	mg/L	0,0051	0,0120	5,316	5,189	4,936
Sodio	mg/L	0,0074	0,0127	1 649	1 670	1 623
Taño	mg/L	0,0002	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006
Titanio	mg/L	0,0021	0,0026	0,3322	0,3492	0,3115
Vanadio	mg/L	0,0005	0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007
Zinc	mg/L	0,0009	0,0012	0,1806	0,1566	0,2142

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<\*" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado.

## INFORME DE ENSAYO N° 230635 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio		230635-07		
Código del Cliente		EF-06		
Fecha de Muestreo		08/02/2023		
Hora de Muestreo (h)		13:40		
Ubicación Geográfica (WGS 84)		E:NO INDICA N:NO INDICA		
Tipo de Producto		Agua Residual		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
<b>Laboratorio Instrumental</b>				
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio	mg/L	0,0077	0,0084	2,922
Antimonio	mg/L	0,0015	0,0050	<0,0050
Arsénico	mg/L	0,001	0,004	<0,004
Bario	mg/L	0,0004	0,0008	0,1533
Berilio	mg/L	0,0002	0,0003	<0,0003
Boro	mg/L	0,0012	0,0022	0,3613
Cadmio	mg/L	0,00005	0,00020	<0,00020
Calcio	mg/L	0,0035	0,0050	112,6
Cerio	mg/L	0,0096	0,0224	<0,0224
Cobalto	mg/L	0,0007	0,0018	<0,0018
Cobre	mg/L	0,0005	0,0012	0,2447
Cromo	mg/L	0,0023	0,0040	0,0089
Estaño	mg/L	0,0026	0,0075	<0,0075
Estroncio	mg/L	0,0002	0,0004	0,8795
Fosforo	mg/L	0,0237	0,0420	2,637
Hierro	mg/L	0,0052	0,0064	3,452
Litio	mg/L	0,0006	0,0010	<0,0010
Magnesio	mg/L	0,0107	0,0141	12,55
Manganeso	mg/L	0,0004	0,0005	0,0748
Molibdeno	mg/L	0,0018	0,0023	0,2944
Níquel	mg/L	0,0015	0,0027	0,0418
Plata	mg/L	0,0014	0,0027	<0,0027
Plomo	mg/L	0,0004	0,0010	<0,0010
Potasio	mg/L	0,0463	0,0977	30,43
Selenio	mg/L	0,001	0,004	<0,004
Silicio	mg/L	0,0051	0,0120	4,236
Sodio	mg/L	0,0074	0,0127	1 626
Taño	mg/L	0,0002	0,0006	<0,0006
Titanio	mg/L	0,0021	0,0026	0,3861
Vanadio	mg/L	0,0005	0,0007	<0,0007
Zinc	mg/L	0,0009	0,0012	0,2386

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<\*" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado.

## INFORME DE ENSAYO N°230635 CON VALOR OFICIAL

### II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Instrumental		
Metales Totales	EPA Method 200.7 Rev.4.4 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

\*EPA\*: U. S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemicals Analysis

### III. Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Firmado digitalmente por:  
Quim. Rocio Marcelo Chumbirayco  
CQP:1415  
Fecha: 2023.02.21 11:28:58 -05'00'

Firmado digitalmente por:  
Lizeth Huete  
Jefe de Laboratorio  
Fecha: 2023.02.21 10:54:15 -05'00'

Los resultados presentados como ponderados sobre la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de procesamiento de la muestra está limitado a los métodos normalizados de ensayo y los datos a favor de muestra. Esta prueba la aplicación parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicite información al correo: [info@envirotest.com.pe](mailto:info@envirotest.com.pe)

**\*\*FIN DEL INFORME\*\***

Figura 24. Cadena de Custodia del Laboratorio.

N° 063107

**CADENA DE CUSTODIA**

Enviar Informe de Ensayo a:  Agua  M.S.  C.A.  S.O.  Eml.  Otro

I.E. N°: **230635**

Pág. de

ANÁLISIS REQUERIDOS

Indicar con una (X) en los recuadros inferiores, los análisis requeridos por cada muestra

N° de muestra	Código de Cliente	Muestreo		Producto (B)	Tipo de Producto (A)	Ubicación UTM	Número de frascos por punto de muestreo	
		Fecha (d-m-a)	Hora (24.00)				Envase	Envase
01	EF-00	8-02-23	13:45	A.C	-	-	01	X
02	EF-01	8-02-23	13:15	A.C	-	-	01	X
03	EF-02	8-02-23	13:20	A.C	-	-	01	X
04	EF-03	8-02-23	13:25	A.C	-	-	01	X
05	EF-04	8-02-23	13:30	A.C	-	-	01	X
06	EF-05	8-02-23	13:35	A.C	-	-	01	X
07	EF-06	8-02-23	13:40	A.C	-	-	01	X

**ENVIROTEST S.A.C.**  
08 FEB 2023  
**RECEBIDO**  
 LA RECEPCIÓN IMPLICA CONFIDABILIDAD

Medidas por:  Residual CP  Otro Traslado

Los siguientes métodos:

**INFORMACIÓN DEL MUESTREO**

PLANIPROCEDIMIENTO DE MUESTREO: **LABORATORIO - RECEPCIÓN DE MUESTRAS**

RECEBIDO POR: **AGREN VELAZQUEZ V.** Fecha (d-m-a): **08-02-23** Hora (24.00): **15:00**

CONDICIÓN DE LA MUESTRA: **EN BUENAS CONDICIONES, PRESERVADA Y CONFIRMADA**

CLIENTE: **ENVIROTEST S.A.C.**

**EMISOR**

Nombre: **JOHN GUZMAN CALDON**

Cargo: **SUPERVISOR**

Firma: *[Firma]*

**RECEPTOR**

Nombre: **AGREN VELAZQUEZ V.**

Cargo: **ANALISTA**

Firma: *[Firma]*

**OTROS DATOS**

OTRO TRÁNSITO:

OTRO:

**OTROS DATOS**

OTRO TRÁNSITO:

OTRO:

**OTROS DATOS**

OTRO TRÁNSITO:

OTRO:



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, TELLO ZEVALLOS WILFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Biosorción de Al, Cu, Cr empleando pepa de aceituna en efluentes de una industria flexográfica, Chorrillos, Lima - 2023", cuyo autor es GUZMAN CALDERON JOHN ALEXANDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 06 de Abril del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
TELLO ZEVALLOS WILFREDO <b>DNI:</b> 45571102 <b>ORCID:</b> 0000-0002-8659-1715	Firmado electrónicamente por: TTELLOZE el 17-04- 2023 11:40:21

Código documento Trilce: TRI - 0540840