

Levantamiento de observaciones - Tesis de Limber & Jakeline.pdf

 Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:486973257

Fecha de entrega

25 ago 2025, 8:53 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

25 ago 2025, 8:56 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Levantamiento de observaciones - Tesis de Limber & Jakeline.pdf

Tamaño del archivo

2.6 MB

32 páginas

4170 palabras

20.669 caracteres

12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 9% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 8% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
2	Internet	hdl.handle.net	<1%
3	Internet	repositorio.unan.edu.ni	<1%
4	Trabajos entregados	Escuela Politecnica Nacional on 2018-03-05	<1%
5	Trabajos entregados	upeu on 2024-07-06	<1%
6	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
7	Trabajos entregados	Universidad Nacional del Centro del Peru on 2019-12-17	<1%
8	Internet	repository.unad.edu.co	<1%
9	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2018-06-24	<1%
10	Trabajos entregados	Universidad Continental on 2017-07-04	<1%
11	Internet	www.mdpi.com	<1%

12	Publicación	GEOSERVICE AMBIENTAL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "EIA de la Unidad Miner...	<1%
13	Internet	ciencia.lasalle.edu.co	<1%
14	Internet	docplayer.es	<1%
15	Trabajos entregados	Universidad Privada del Norte on 2025-04-28	<1%
16	Publicación	Edinson Fabian Monroy Avila, Monika Cristina Echavarria Pedraza, Dora Luz Gom...	<1%
17	Internet	arquivos.info.ufrn.br	<1%
18	Internet	pdfcookie.com	<1%
19	Internet	repositorio.unac.edu.pe	<1%
20	Internet	www.coursehero.com	<1%
21	Trabajos entregados	University of Jendouba on 2025-05-28	<1%
22	Internet	dspace.ucuenca.edu.ec	<1%
23	Internet	dspace.ups.edu.ec	<1%
24	Internet	www.slideshare.net	<1%
25	Trabajos entregados	CONACYT on 2017-03-06	<1%

26	Publicación	Claudio Glachetti. "Determination of nimesulide and hydroxynimesulide in huma...	<1%
27	Publicación	Marón Mamani, Carmen Natalia. "Bioadsorción de As y Pb de aguas del rio Cruce...	<1%
28	Trabajos entregados	Universidad Católica de Santa María on 2017-09-14	<1%
29	Publicación	Velasquez Zúñiga, Yessenia. "Evaluación de la electrocoagulación en la remoción ...	<1%
30	Internet	issuu.com	<1%
31	Internet	repository.javeriana.edu.co	<1%
32	Internet	www.scielo.br	<1%
33	Publicación	Sandra Paola Rojas Lema. "Desarrollo y optimización de nuevas formulaciones de...	<1%
34	Trabajos entregados	Universidad Catolica De Cuenca on 2017-04-20	<1%



Artículos

Aplicación de tres variedades cáscara de naranja como bioadsorbente para la remoción de Cromo (VI) en tratamiento de aguas residuales con influencia industrial

Application of three varieties of orange peel as a bioadsorbent for the removal of Chromium (VI) in wastewater treatment with industrial influence

Limber Klin Vilca Velasque¹, Jeakeline Shirley Quispe Taype²

Veronika Haydee Pari Mamani³

¹Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú, limber.vilca@upeu.edu.pe

²Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú, jeakeline.quispe@upeu.edu.pe

³Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú, veronika.pari@upeu.edu.pe

Resumen

Este estudio de investigación tuvo como objetivo analizar la capacidad de adsorción de Cromo (VI), en aguas contaminadas del Rio Torococha, del distrito Caracoto, provincia San Román, departamento de Puno; debido a la desembocadura de aguas residuales con influencia industrial. Para lo cual se emplearon; tres variedades de cáscara de naranja; cáscara de



23 naranja valencia (T1), cáscara de naranja huando (T2) y cáscara de lima
 24 naranja (T3); como bioadsorbentes. Para ello se lavó con agua destilada
 25 y posteriormente se llevó a una estufa a 60 °C x un día, luego se molió
 26 en una moledora artesanal y se zarandeó con una malla Nº 200 (75 µm).
 27 Se realizaron 18 ensayos por triplicado, para un total de 54 ensayos,
 28 donde se ajustó pH con el HCL (ácido clorhídrico), dosis (3 g, 5 g y 7 g) y
 29 tiempo de contacto; 240 rpm x 60 min utilizando el Test de Jarras. Los
 30 resultados mostraron que el Tratamiento 3 presento mayor capacidad de
 31 adsorción a un pH 3 con 3g y a pH 5 con 7g de concentración; con un
 32 porcentaje de 95,4%, el Tratamiento 1 a un pH 3 y 7g con 92,3% y
 33 finalmente el Tratamiento 2 a 91,2% con pH 3 Y 7g de concentración. En
 34 conclusión, se pudo evidenciar que a un pH (3) ácido y una concentración
 35 alta (7 g) del bioadsorbente; la adsorción es más significativa; siendo la
 36 variedad de cáscara de lima naranja (T3) la más efectiva en la remoción
 37 de Cromo (VI).

38 **Palabras clave:** Adsorción, Bioadsorbente, Cáscara de naranja, Cromo
 39 (VI).

40

41 Abstract

42 This research study aimed to analyze the adsorption capacity of
 43 Chromium (VI) in contaminated waters of the Torococha River, Caracoto
 44 district, San Román province, Puno department; due to the discharge of
 45 wastewater with industrial influence. For which; three varieties of orange
 46 peel were used; Valencia orange peel (T1), Huando orange peel (T2) and
 47 orange lime peel (T3); as bioadsorbents. For this purpose, it was washed
 48 with distilled water and subsequently taken to an oven at 60 °C for one



day, then ground in an artisanal grinder and sifted with a mesh No. 200 (75 μ m). Eighteen tests were carried out in triplicate, for a total of 54 tests, where pH was adjusted with HCL (hydrochloric acid), dose (3 g, 5 g and 7 g) and contact time; 240 rpm x 60 min using the Jar Test. The results showed that Treatment 3 presented a higher adsorption capacity at pH 3 with 3g and at pH 5 with 7g of concentration; with a percentage of 95.4%, Treatment 1 at pH 3 and 7g with 92.3% and finally Treatment 2 at 91.2% with pH 3 and 7g of concentration. In conclusion, it was possible to show that at an acidic pH (3) and a high concentration (7 g) of the bioadsorbent; the adsorption is more significant; being the orange lime peel variety (T3) the most effective in the removal of Chromium (VI).

Keywords: Adsorption, Bioadsorbent, Orange peel, Chromium (VI).

Introducción

La detección de metales potencialmente peligrosos en fuentes de agua es una problemática que influye en las comunidades periurbanas, afectando el balance ambiental entre su salud y el desarrollo social de sus entornos. Esta contaminación es provocada por acción del hombre; diferentes actividades industriales drenan sus vertidos a los recursos hídricos; alterando su composición fisicoquímica. El cual afecta directamente a la población que depende de estas aguas; para su uso agrícola, ganadera y recreacional (Autoridad Nacional del Agua—ANA, 2024).

Según Liliana et al., (2024), el cromo hexavalente; presenta una amenaza para la salud humana a largo plazo; porque puede causar una



74 serie de enfermedades crónicas, alteraciones en el sistema inmunológico
75 y la mortalidad. Aparte, la biodiversidad acuática se ve afectada;
76 alterando el comportamiento, reproducción y su posterior extinción.
77 Comprometiendo la seguridad alimentaria.

78 El Cr^{+6} , es un metal pesado muy frecuente en aguas residuales; propias
79 de actividades industriales (minería, curtiembre, textilería, siderurgia,
80 pintura, entre otros.); actualmente existen diferentes metodologías para
81 remover este elemento químico de la composición del agua (Prado, 2022).
82 Entre ellas destaca la aplicación de carbón activado, bioabsorbentes de
83 residuos orgánicos, electrocoagulación, fotocatálisis, etc. (Tejada y
84 Villabona , 2015).

34 85 La bioadsorción; es un proceso de adsorción donde participan el
86 intercambio iónico, procesos físico-químicos, entre otros. Donde el
87 adsorbente adhiere partículas en su superficie como iones metálicos. Esta
88 tecnología es accesible, viable y económica; donde se puede emplear;
89 algas, hongos, bacterias, residuos vegetales y algunos biopolímeros
90 (Pacheco, 2019).

91 La cáscara de naranja (*citrus sinensis*); es un fruto cítrico común y de
92 mayor producción e importación mundial; originaria de Asia,
93 específicamente de China, India, Pakistán y Vietnam (Ancillo y Medina,
94 2015). Los residuos de la cáscara de naranja son desechados sin conocer
95 sus propiedades; estos poseen pectina, celulosa, hemicelulosa, lignina, y
96 otros elementos. El cual favorece a la aplicabilidad del estudio en la
97 adsorción de metales pesados (Bátori et al., 2017).

98 Es ese sentido; se realizó diferentes estudios con las cáscaras de naranja
99 a varias concentraciones de dosis, rpm, tiempo y pH; para adsorber el



2 100 Cromo (VI) en los cuerpos de agua. A fin de determinar la eficiencia de
101 las variedades de cáscara de naranja y la calidad del agua; para así tomar
102 decisiones concernientes respecto al problema.

104 Materiales y métodos

106 Las muestras de agua fueron tomadas de la desembocadura del río
107 Torococha al río Coata; en el distrito de Caracoto, provincia de San
108 Román, departamento de Puno, ubicado a 3824 m.s.n.m., en épocas de
109 avenida; siguiendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad
110 de los Recursos Hídricos Superficiales del ANA, el cual indica los pasos,
111 materiales e insumos necesarios para el monitoreo (Autoridad Nacional
112 del Agua, 2011).

113 Las Coordenadas de ubicación del estudio; fueron:

- 114 • **Este:** 15,505864 UTM
- 115 • **Norte:** 70,070452 UTM

117 Materiales, equipos e insumos

119 Los materiales e instrumentos utilizados para la toma de muestra
120 incluyeron un GPS, una cámara fotográfica, un balde de plástico de 70
121 litros, equipos de protección personal (EPP), una cadena de custodia y un
122 tablero A4. En laboratorio se emplearon una estufa, un peachímetro, un
123 colorímetro, un test de jarras, un mortero, un tamiz de 200 μm , un filtro



de papel de 125 mm y el reactivo Chromium Diphenylca (Cromo Difenil) para la medición de Cr (VI) en las muestras de agua. Además, los insumos (adsorbente) utilizados fueron las cáscaras de naranja de variedades valencia, huando y lima naranja.

Adsorción

La adsorción es un proceso donde las moléculas de un gas o líquido; generalmente se acopian a la superficie de un sólido. Debido a las fuerzas físicas o químicas que se susciten en la interacción entre el adsorbente y las moléculas adsorbidas (Patiño, 2019).

Siendo para este estudio:

- **Absorbato:** Cromo (VI).
- **Adsorbente:** Tres variedades de cáscara de naranja (Valencia, Huando y Lima Naranja).

La adsorción puede darse por:

- **Intercambio Iónico:** Es cuando el adsorbente y el soluto se juntan por las fuerzas de electrostáticas; esto debido a la carga eléctrica que existe en la superficie, se utiliza para separar, purificar o modificar la composición de soluciones.

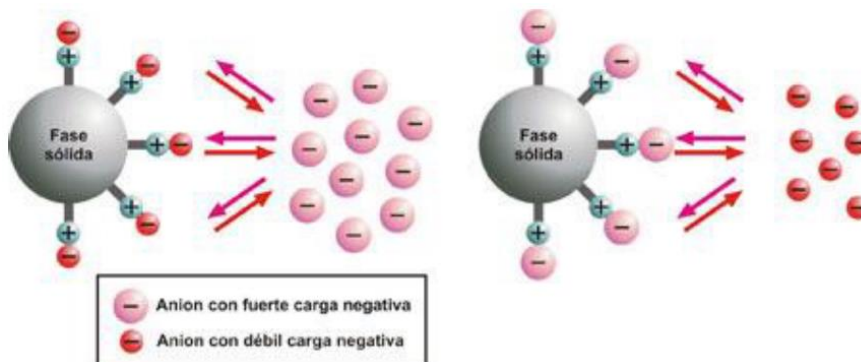


Figura 2. Intercambio Iónico.

Fuente: Tipos de adsorción "Fisicoquímica, 2015".

- **Físico:** Conocido también Fisorción; se da cuando el adsorbato se adhiere a la superficie de una sustancia solida (adsorbente), mediante las Fuerzas de Van de Waals; actuando como fuerzas intermoleculares débiles.

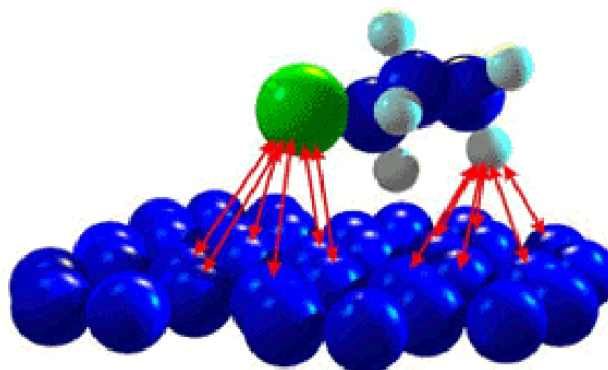


Figura 3. Adsorción Física.

Fuente: Tipos de adsorción "Fisicoquímica, 2015".

- **Químico:** Conocido también como Quimisorción; se da cuando hay una unión entre el adsorbente y adsorbato químicamente; siendo el adsorbato el cual presenta cambio químico.

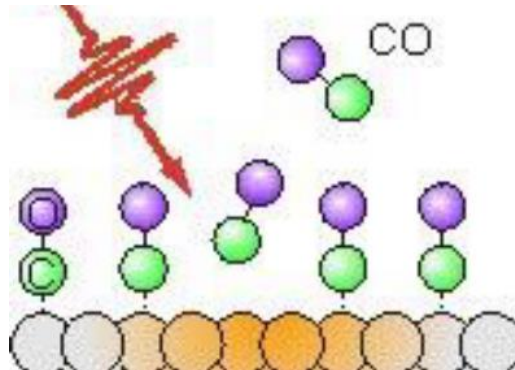


Figura 4. Adsorción Química.

Fuente: Tipos de adsorción "Fisicoquímica, 2015".

Bioadsorción

Proceso de adsorción, donde se emplea materiales biológicos como algas, hongos, bacterias o residuos vegetales (Fabiola, 2022). Es una técnica eco amigable, viable y efectiva para remover metales pesados de aguas contaminadas.

Según Alberto y Cano, (2013), algunos factores que intervienen en el procedimiento de adsorción son el pH, temperatura, tamaño de la partícula y tiempo de contacto.

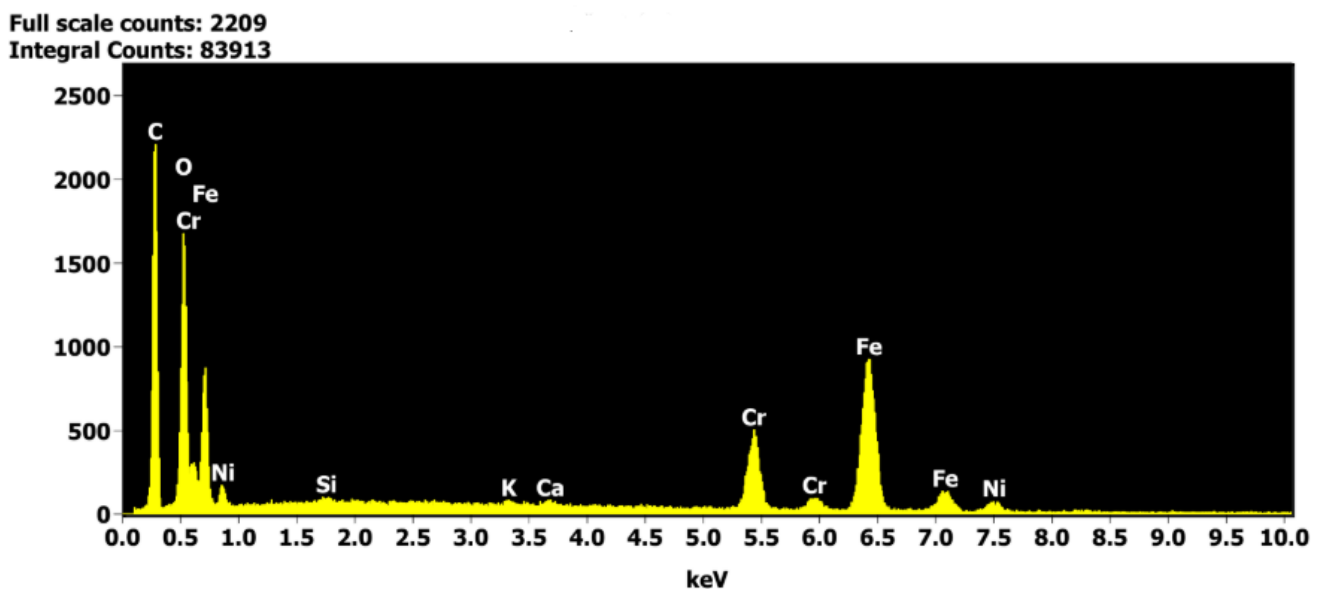
Bioadsorbente

Análisis EDS de las Cáscaras de Naranja



177 Mediante la técnica del EDS (SEM); "Análisis químico elemental de los
178 elementos de la tabla periódica" del adsorbente, se realizó para conocer
179 e identificar las estructuras y composiciones químicas de las tres
180 variedades de cáscaras de naranja (valencia, huando y lima naranja),
181 para lo cual se utilizó el Thermoscientific y Pathfinder, equipos del
182 Laboratorio de Microscopia de la Facultad de Ingeniería de Procesos –
183 Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.

184



185

186 **Figura 5.** Análisis EDS – Cáscara de Naranja Valencia



Full scale counts: 4192
Integral Counts: 64817

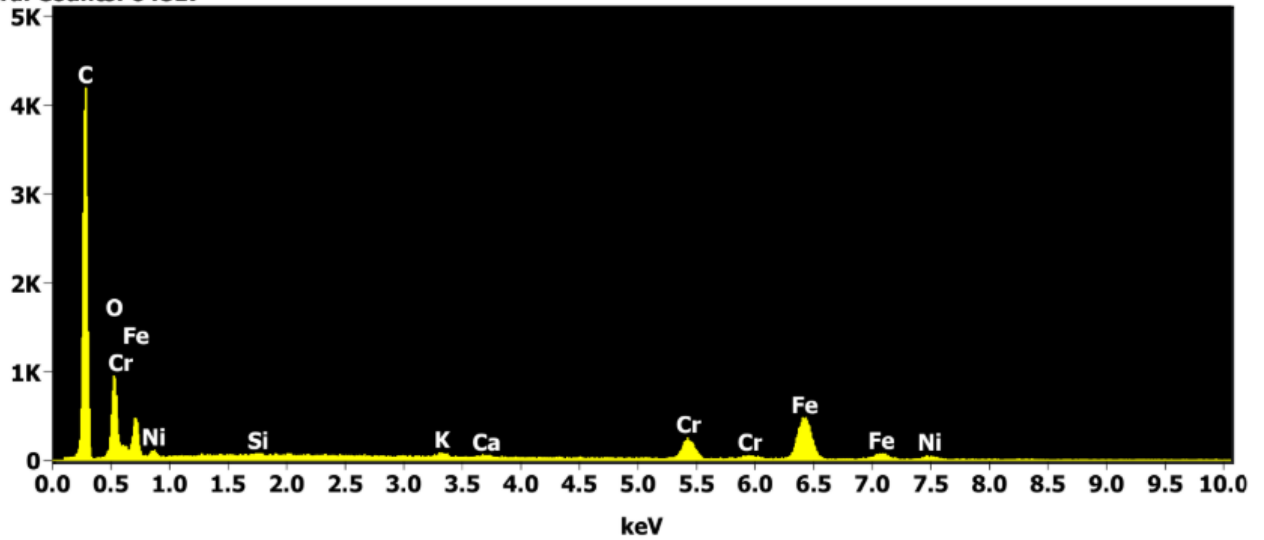


Figura 6. Análisis EDS – Cáscara de Naranja Huando

Full scale counts: 1515
Integral Counts: 108551

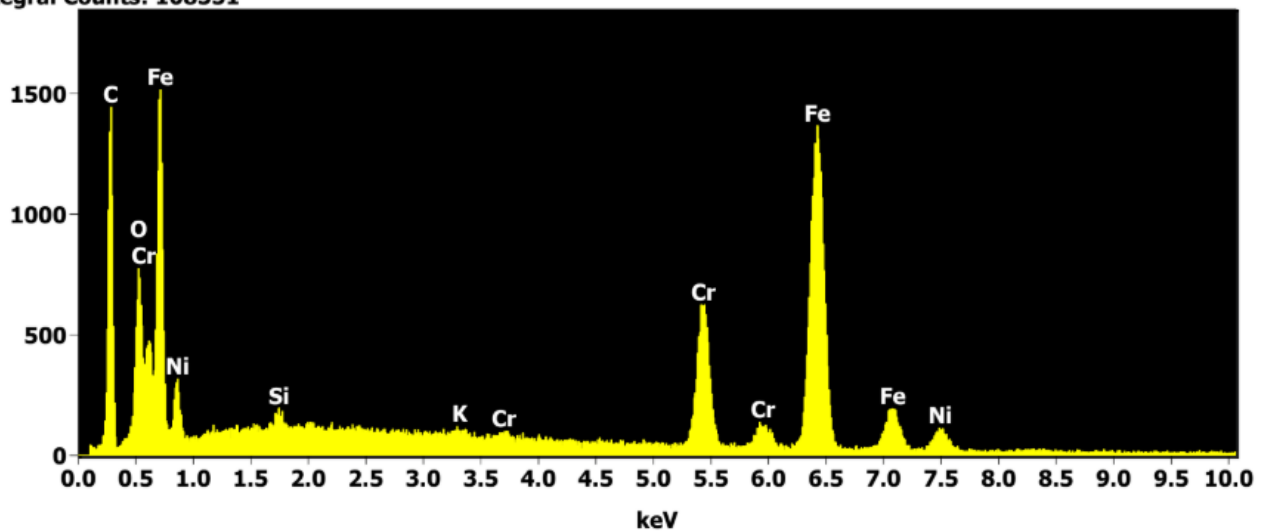


Figura 7. Análisis EDS – Cáscara de Lima Naranja.



Aparte se realizó la microscopía electrónica de barrido “SEM”; con el objetivo de analizar la estructura sólida laminar de la superficie de las cáscaras de naranja.

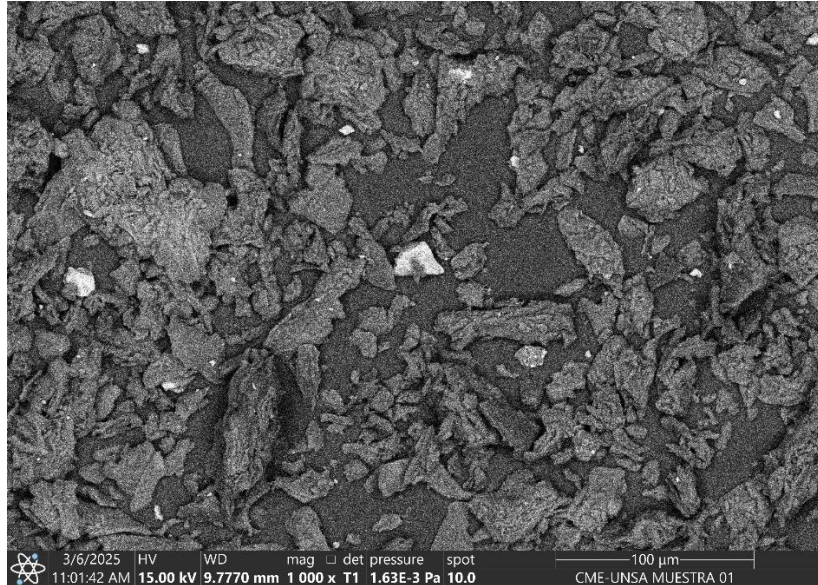


Figura 8. Microscopía electrónica de la Cáscara Lima Naranja 1000x.

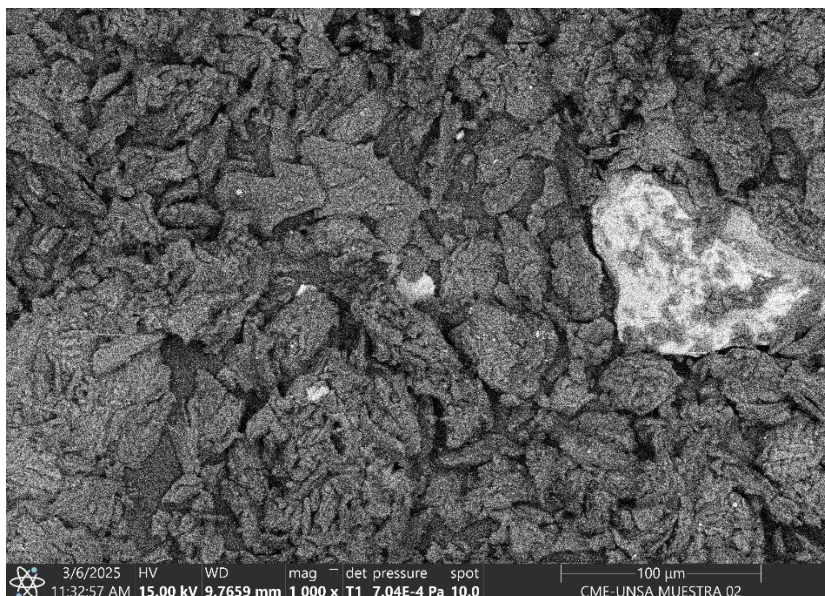




Figura 9. Microscopía electrónica de la Cáscara de Naranja Huando
1000x.

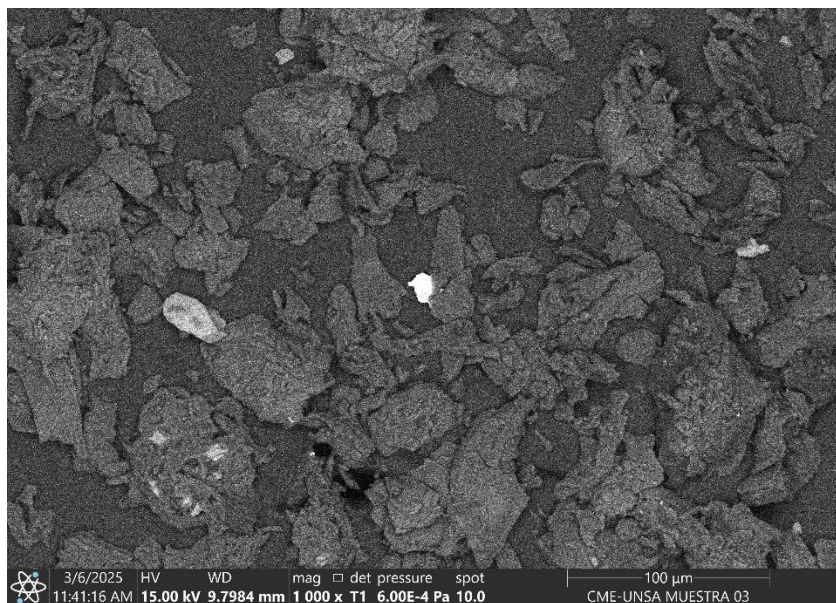


Figura 10. Microscopía electrónica de la Cáscara de Naranja Valencia
1000x.

Combinaciones del Bioadsorbente

Tabla 3. Modelo Estadístico DBCA

VARIEDAD	DOSIS	PH	TIEMPO
Cáscaras de naranja (Valencia, Huando y Lima Naranja)	3 g	3 y 5	240 rpm (60 min)
	5 g		
	7 g		

Fuente: Elaboración Propia.



Preparación del Bioadsorbente

Siguiendo el modelo propuesto por Silva y Carlos, (2024) se utilizaron para el presente estudio; 6 kg de cáscara de naranja valencia, 4 kg de cáscara de naranja huando y 4 kg de cáscara de lima naranja. Acopiadas de los mercados centrales de la Ciudad Juliaca, Puno. Siendo el análisis de Cromo (VI) en las muestras tratadas con cáscaras de naranja por triplicado para evaluar su capacidad de adsorción.

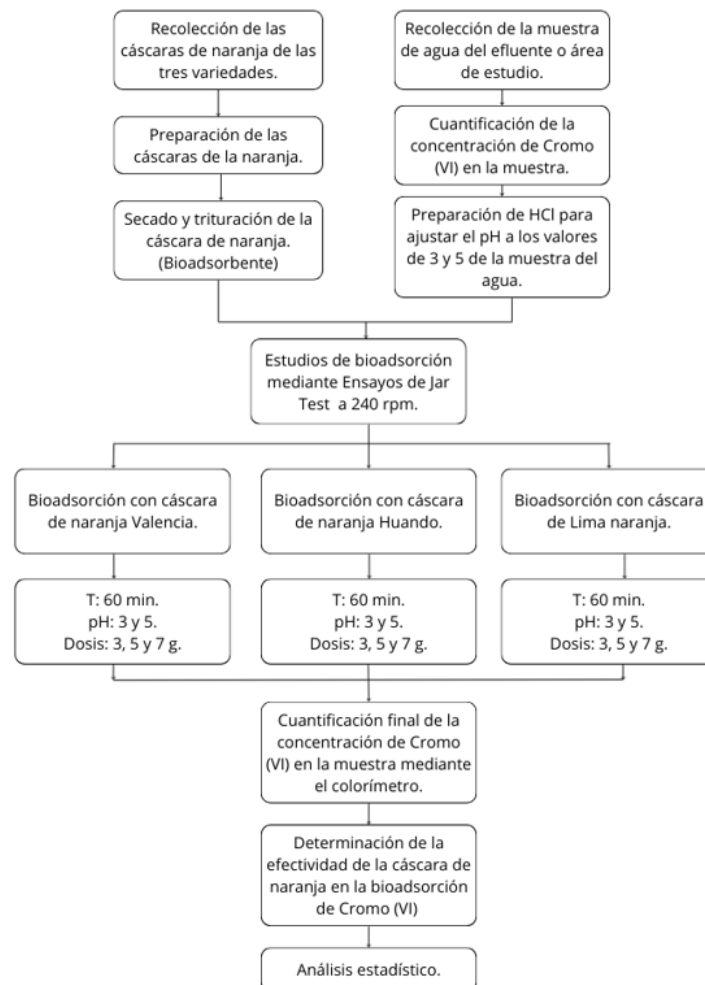




Figura 11. Diagrama del presente estudio.

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados

Según el DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM para ECA AGUA. En la tabla 4, se presenta el nivel estándar según las categorías para cada sector sobre la concentración de Cromo hexavalente (Cr^{6+}).

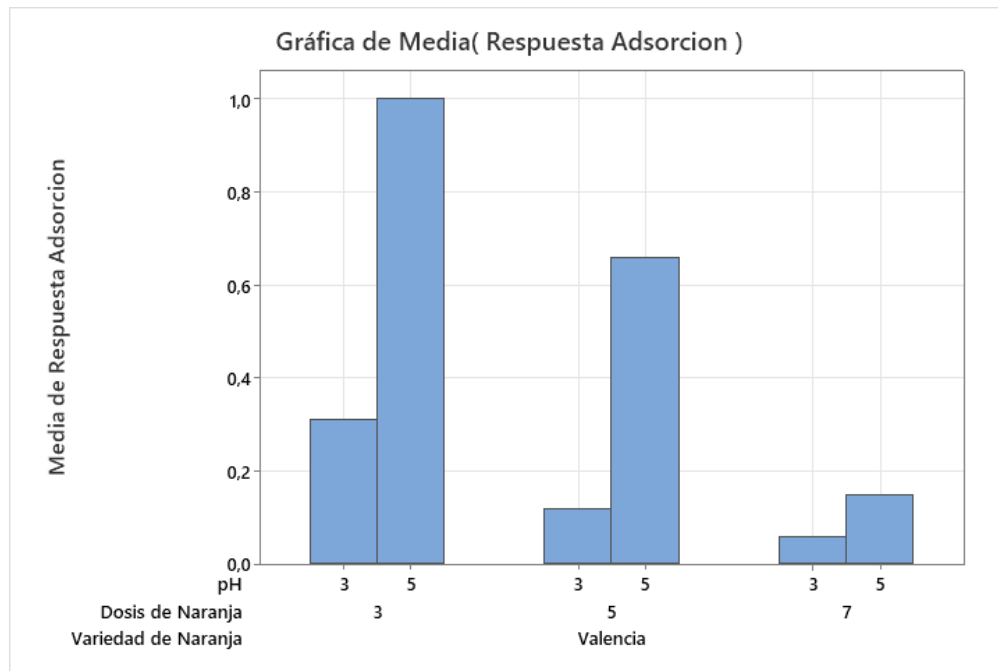
Tabla 4. Resultados generales.

Tipo de Naranja	Dosis	pH	Prom. Cromo VI (mg/L)	% Remoción Cromo (VI) $\text{Ci} = 5 \text{ mg/L}$	Promedio % remoción Cromo (VI)	ECA Cat. 1 (A2) (0.05 mg/L)	ECA Cat. 3 Riego de vegetales (0.1 mg/L)	ECA Cat. 3 (Bebida de animales) (1.0 mg/L)
Método analítico	—	Electro métrico	Colorimétrico (1,5-difenilcarbazida, EPA 7196A)	$(\%) = \left(\frac{\text{Ci} - \text{Cf}}{\text{Ci}} \right) * 100$		—	—	—
Valencia	3 g	3	0.31	93.8	92,3 %	No	No	Sí
	3 g	5	1.00	80		No	No	Sí
	5 g	3	0.12	97.6		No	No	Sí
	5 g	5	0.66	86.8		No	No	Sí
	7 g	3	0.06	98.8		No	Sí	Sí
	7 g	5	0.15	97		No	No	Sí
Huando	3 g	3	0.23	95.4	91,2 %	No	No	Sí
	3 g	5	1.83	63.4		No	No	No
	5 g	3	0.04	99.2		Sí	Sí	Sí
	5 g	5	0.41	91.8		No	No	Sí
	7 g	3	0.02	99.6		Sí	Sí	Sí
	7 g	5	0.10	98		No	Sí	Sí
Lima Naranja	3 g	3	0.03	99.4	95,6 %	Sí	Sí	Sí
	3 g	5	1.08	78.4		No	No	No
	5 g	3	0.04	99.2		Sí	Sí	Sí
	5 g	5	0.09	98.2		No	Sí	Sí
	7 g	3	0.05	99		Sí	Sí	Sí
	7 g	5	0.03	99.4		Sí	Sí	Sí



229 **Fuente:** Elaboración Propia.

230



231

232 **Figura 12.** Gráfica de Adsorción frente a la variedad de naranja valencia

233 **Fuente:** Elaborado en MINITAB versión 22.

234

235 La adsorción depende principalmente de la dosis y el pH; según la
 236 normativa la concentración de Cr (VI) es 0,05 mg/l. Se observa que la
 237 mayoría no alcanza los valores óptimos, siendo el más alto con dosis 3g
 238 con pH 5 (1,00 mg/l), 5g con pH 5 (0,66 mg/l), y el menor con 7g y pH
 239 3 (0,06 mg/l); todos con una adsorción promedio de 92,3 % según la
 240 Tabla N°4. Aunque no cumple con la normativa nos muestra que a una
 241 concentración más alta de naranja y pH más ácido puede darse la
 242 adsorción.

243

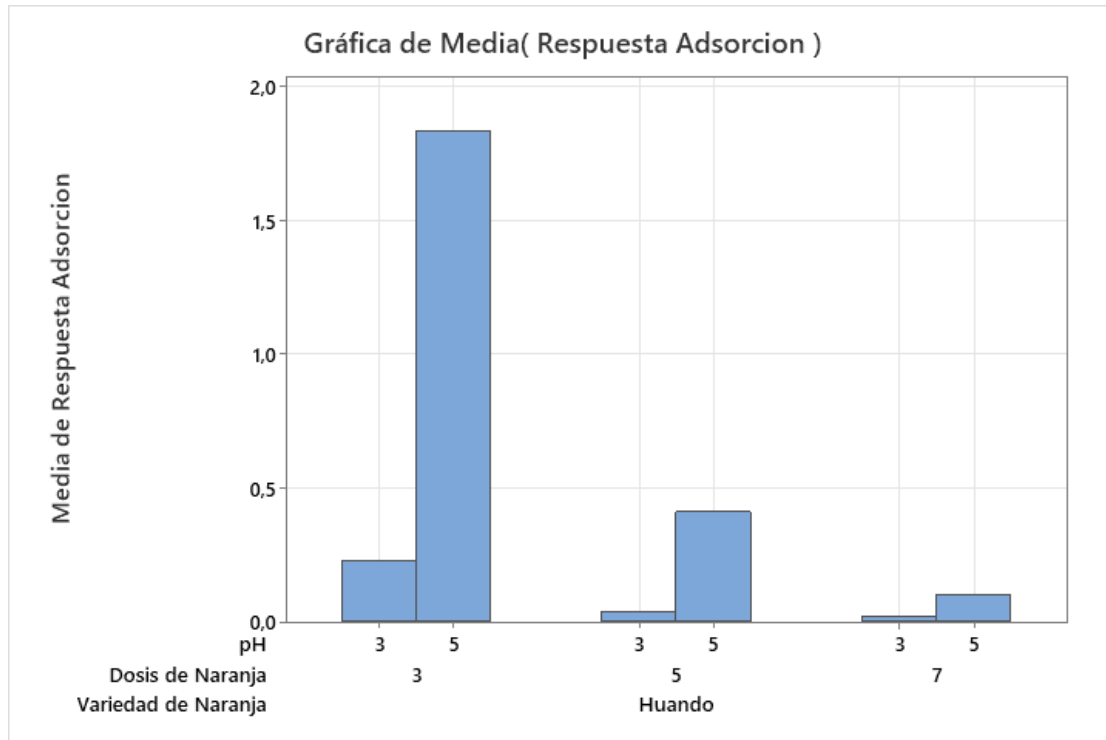


Figura 13. Gráfica de Adsorción frente a la variedad de naranja huando

Fuente: Elaborado en MINITAB versión 22.

Según la normativa la concentración de Cr (VI) es 0,05 mg/l, se observa que hay adsorción en las dosis de 5g con pH 3 (0,04 mg/l) y 7g con pH 3 (0,02 mg/l), pero no con dosis 3g a pH 5 (1,83 mg/l); teniendo una adsorción promedio de 91,2 % según la Tabla N°4. Cumpliendo con la normativa nos muestra que la variedad de naranja huando adsorbe cromo hexavalente con dosis normales siempre en cuando este a pH ácidos.

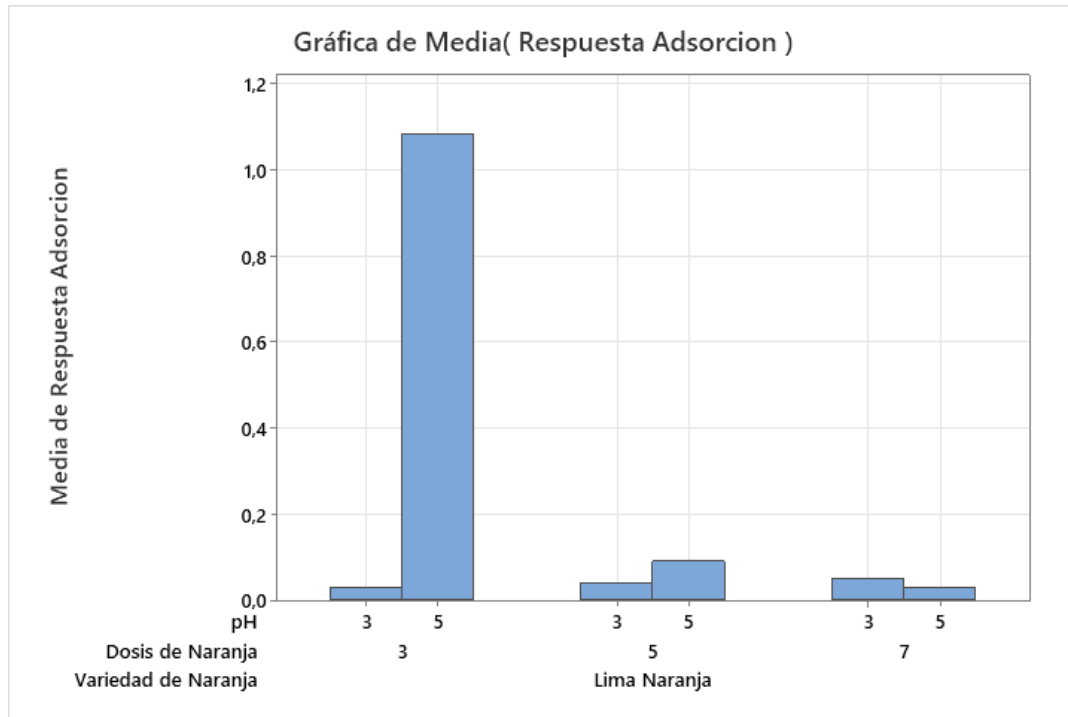


Figura 14. Gráfica de Adsorción frente a la variedad lima naranja

Fuente: Elaborado en MINITAB versión 22.

Según la normativa la concentración de Cr (VI) es 0,05 mg/l, se evidencia que hay adsorción en las dosis de 3g con pH 3 (0,03 mg/l), 5g con pH 3 (0,04 mg/l), 7g con pH 3 (0,05 mg/l) y 7g con pH 5 (0,03 mg/l), pero no con dosis 3g a pH 5 (1,08 mg/l); teniendo una adsorción promedio de 95,2 % según la Tabla N°4. Se puede ver que esta variedad de lima naranja es un excelente adsorbente con hasta 4 capacidades de remoción a diferentes dosis de naranja y concentración de pH, pero resaltando una dosis 7g y pH 3.

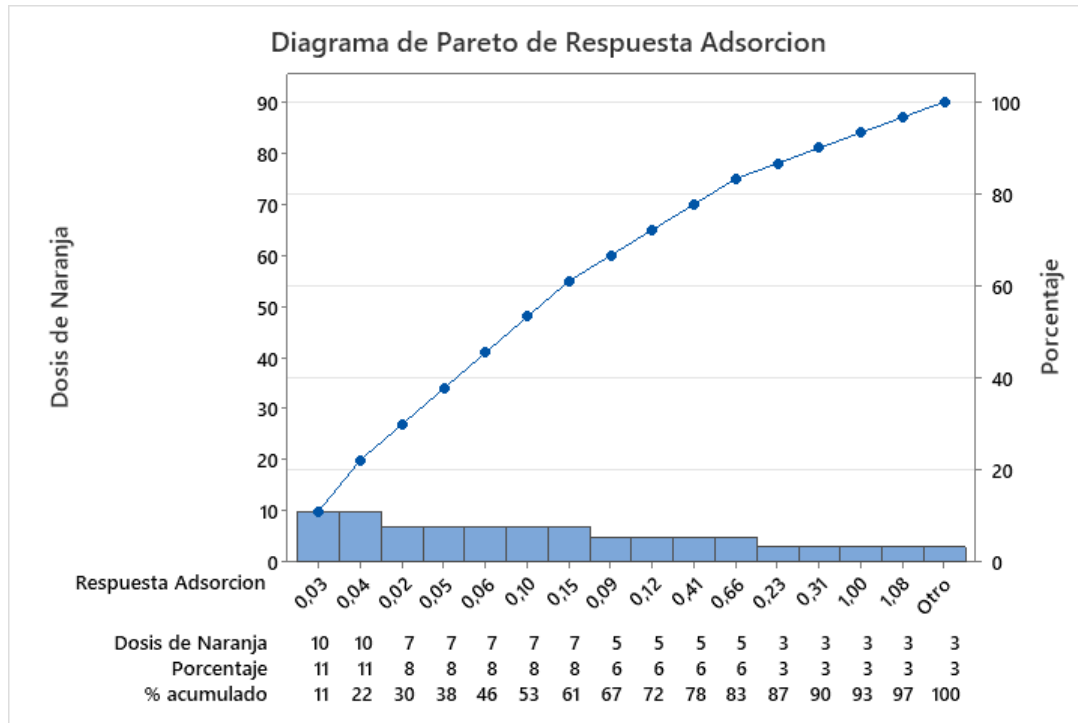


Figura 15. Diagrama de Pareto.

Fuente: Elaborado en MINITAB versión 22.

El diagrama de Pareto nos muestra que la mayoría de las observaciones de la respuesta de adsorción se concentran entre 0,02 y 0,05 mg/l, representando aproximadamente el 38 % acumulado. Sin embargo, más del 60 % de los valores registrados superan la concentración de Cr (VI) 0,05 mg/l, alcanzando incluso valores más elevados (1,08 mg/l a más). Esto significa en general, que la adsorción obtenida en las diferentes concentraciones no cumple con la normativa establecida, y solo una parte cumple con los niveles óptimos.

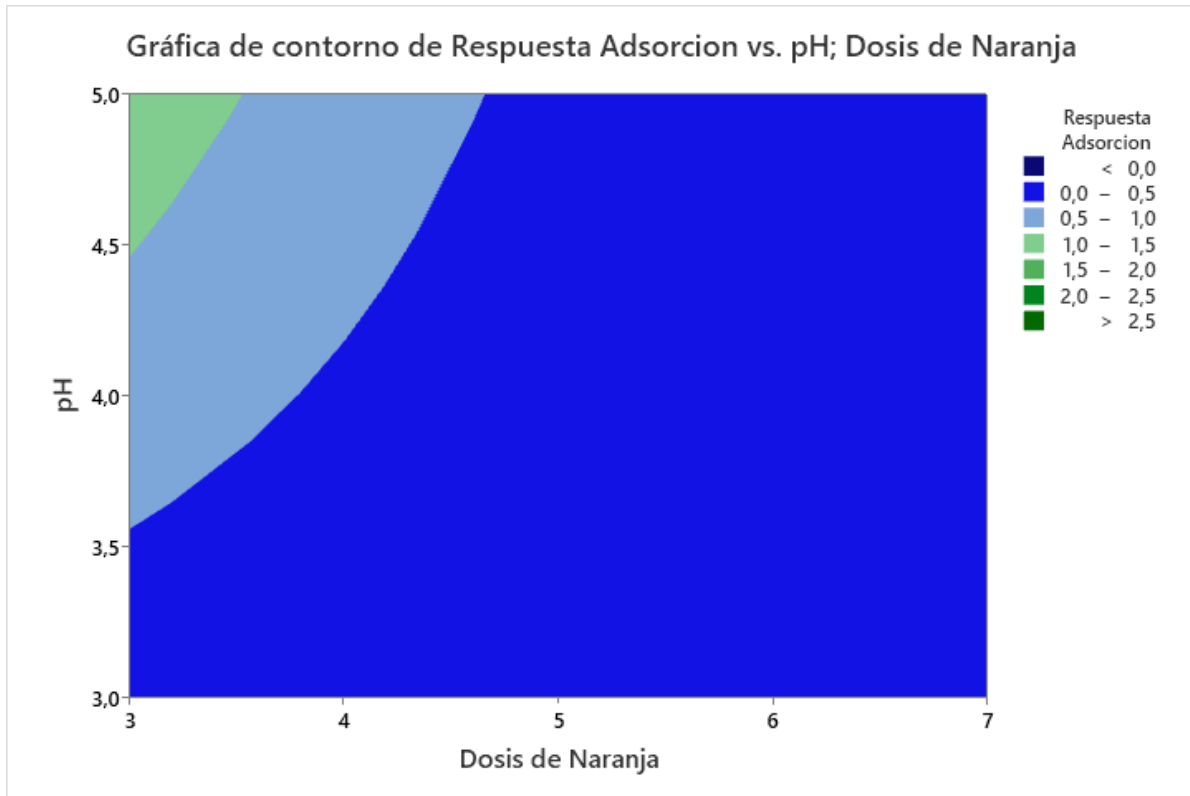


Figura 16. Gráfica de contorno.

Fuente: Elaborado en MINITAB versión 22.

Mediante la gráfica de contorno de respuesta se puede evidenciar, que el color predominante "azul", presenta una adsorción eficiente si el pH está en 3,5 para las 3 dosis (3 g, 5 g y 7 g). Seguido del color "azul pálido" el cual presenta una remoción medio o intermedia para un pH 4 a 3g, empero el color "verde pálido" nos indica una baja remoción y eficiencia si empleamos un pH 4,5.

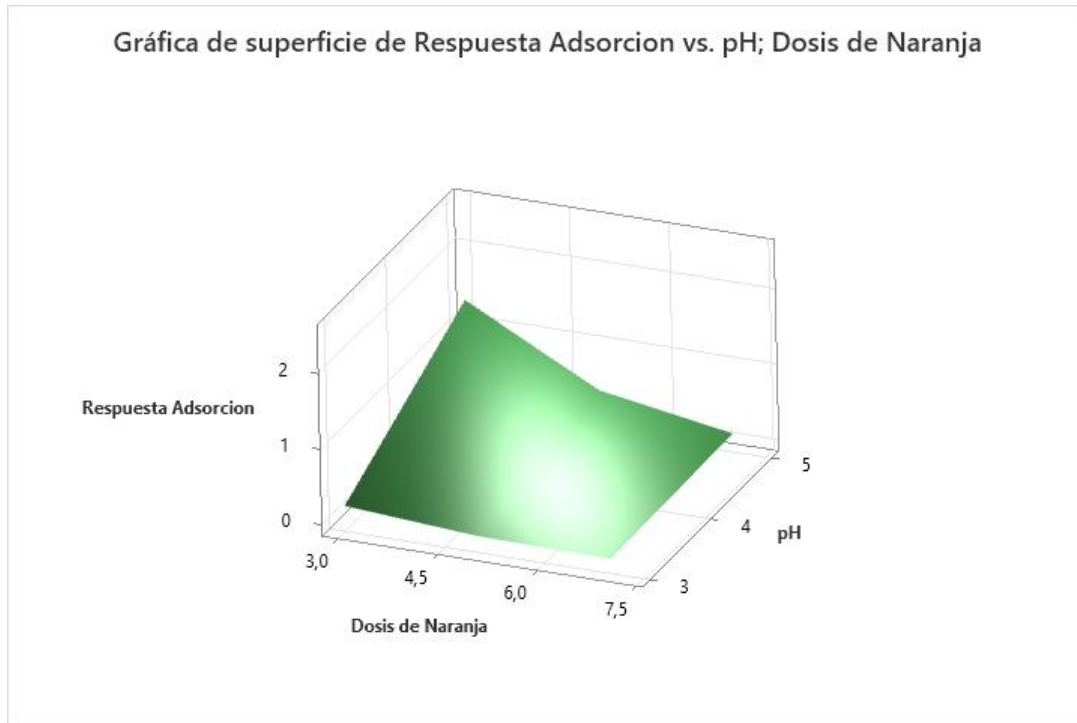


Figura 17. Gráfica de superficie.

Fuente: Elaborado en MINITAB versión 22.

La grafica de superficie, nos indica que, al incrementar la dosis de naranja, la respuesta de adsorción también aumenta. Asimismo, se evidencia que un pH más ácido (pH 3) favorece la eficiencia de adsorción, mientras que a pH más alto (pH 5) la capacidad de adsorción disminuye. Por lo tanto, las condiciones óptimas para la adsorción de Cr^{+6} corresponden a una dosis elevada de cáscara de naranja (alrededor 7 g) y un pH ácido.

Discusión



1 307 Con base a los resultados obtenidos, se demuestra que la cáscara de lima
10 308 naranja; presenta mayor capacidad de adsorción de Cromo (VI), seguido
309 de la cáscara de naranja valencia y, por último; la cáscara de naranja
310 huando. Según Salvatierra, (2019) la porosidad, rugosidad y la morfología
311 laminar de la cáscara de naranja influye en el proceso de adsorción;
312 siendo la cáscara que presente mayor nivel de porosidad el que adhiere
313 más partículas contaminadas. Previo al tratamiento, se analizó las tres
314 variedades de cáscara de naranja mediante microscopia electrónica de
315 barrido (1 000x), donde se observó superficies irregulares con estructuras
316 fibrosas desordenadas, propio de materiales lignocelulósicos; en el que
317 las cáscaras de naranja huando y lima naranja tiene más distribución
318 porosa y con sitios potenciales para la adsorción de iones metálicos.
319 Aparte Khalfaoui et al., (2024); Ruiz y Santamaria, (2023), difieren que
320 estos resultados pueden deberse a la capacidad y comportamiento de la
321 naranja en cuanto su composición; como sus propiedades fisicoquímicas
322 o sus grupos funcionales como carboxilos, fenoles y otras estructuras
323 bioactivas que facilitan la interacción con el Cromo (VI).

16 324 Al evaluar la eficiencia de los adsorbentes, la cáscara de lima naranja
325 removió el Cr^{+6} en un 95,4%, utilizando un pH 5 con 7g y pH 3 con 3g;
326 seguido de la cáscara de naranja valencia que removió a un 92,3% con
327 pH 3 a 7g de concentración, y por último la cáscara de naranja huando a
328 91,2% empleando un pH 3 Y 7g de dosis. Alberto y Cano, (2013) explica
329 este fenómeno en su investigación; donde hace hincapié la relación
330 "dosis-pH-tiempo", donde nos indica que es preferible trabajar a un rango
331 de pH ácido, debido a la interacción que tendrá con el adsorbente y estos
332 puedan atraerse electrostáticamente. En cuanto a la dosis del adsorbente



333 nos manifiesta manejar concentraciones mayores; para que así se pueda
334 favorecer la activación de poros de las cáscaras de naranja y aumentar
335 más la eficiencia del producto.

336 En cuanto al tiempo de contacto de agitación por Test de Jarras; De La
337 Cruz Vilchez, (2020); Alexander et al., (2022) mencionan que cuanto más
338 corto es el tiempo de contacto del adsorbato y el adsorbente, este
339 presenta mejores resultados en la adsorción. Para dicho estudio se
340 empleó "240 rpm x 60 min" tiempo propicio para que los iones metálicos
341 se adhieran y la adsorción sea rápida.

342 Estos resultados son sustentados por Champi y Julian, (2023); Bianey y
343 Beltrán, (2015); Benitez y Bolivar, (2015) Manuel y Juárez, (2012);
344 quienes disciernen en sus investigaciones lograron una mejor adsorción
345 de Cr (VI), empleando un pH bajo y alta concentración del adsorbente.

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355



Conclusiones

356

357

358 La presente investigación demostró que las cáscaras de naranja de las
359 variedades "Valencia, Huando y Lima Naranja" pueden emplearse como
360 bioadsorbentes en la remoción de Cr (VI), para aguas residuales con
361 influencia industrial. Sin embargo, la lima naranja presento mayor
362 capacidad de adsorción a un pH 3 con 3g y a un pH 5 con 7g, con un
363 porcentaje de adsorción de 95,6%, seguido de la Valencia a un pH 3 y 7g
364 con 92,3% y finalmente Huando a 91,2% con un pH 3 y 7g de
365 concentración. Siendo la cáscara de lima naranja el cual presentó doble
366 capacidad de adsorción; a razón de su composición y comportamiento
367 como sus propiedades fisicoquímicas o sus grupos funcionales como
368 carboxilos, fenoles y otras estructuras bioactivas que facilitan la
369 interacción con el Cromo hexavalente.

370 El análisis mediante gráficos de superficie y contorno mostró que un pH
371 ácido (3) y dosis elevadas (7 g) optimizan el proceso de bioadsorción,
372 logrando concentraciones de Cromo (VI) por debajo de lo establecido en
373 el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM "ECA AGUA"

374 Finalmente, se concluye que el uso de residuos orgánicos como la cáscara
375 de naranja constituye una alternativa sostenible, económica y viable para
376 la depuración de aguas contaminadas por metales pesados, asegurando
377 la preservación de los recursos hídricos y el cumplimiento del ODS 6 "Agua
378 limpia y Saneamiento"

379

380



Referencias

- Alberto, L., & Cano, R. (2013). *Preparación y uso de cáscaras de naranja como Biosorbente para la remoción de compuestos orgánicos*.
- Alexander, D., Borja, A., Alexander, D., & Borja, A. (2022). *Análisis del comportamiento de la cáscara de naranja como material filtrante en la Absorción y retención de nutrientes existentes en las Aguas Residuales Agroindustriales*.
- Ancillo, G., & Medina, A. (2015). Los Cítricos, Jardín Botánico de la Universidad de Valencia. En *Universidad de Valencia* (Vol. 2).
- Autoridad Nacional del Agua—ANA. (2024). *Agua y +*. 56.
- Autoridad Nacional del Agua. (2011). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial*. 42.
- Bátori, V., Jabbari, M., Åkesson, D., Lennartsson, P. R., Taherzadeh, M. J., & Zamani, A. (2017). Production of Pectin-Cellulose Biofilms: A New Approach for Citrus Waste Recycling. *International Journal of Polymer Science*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/9732329>
- Benitez, L. T., & Wilfredo Marimón Bolivar. (2015). *Absorción de Cromo Hexavalente en soluciones acuosas por cascaras de naranja (Citrus sinensis)*. 10(1), 9–21.
- Bianey, A., & Beltrán, S. (2015). *Implementación del método cuantitativo de Absorción Atómica para Cromo y Plomo con estándares trazables en muestras ambientales Implementación del método cuantitativo de Absorción Atómica para Cromo y Plomo con estándares trazables en*



- 405 *muestras ambientales.*
- 406 Champi, C., & Julian, R. (2023). *Evaluación de la cascara de naranja*
407 *Citrus x Sinensis como biosorbente para la remoción de Cromo y*
408 *Cadmio en muestras sintéticas a nivel de laboratorio, 2020. 0–2.*
- 409 De La Cruz Vilchez, J. R. (2020). *Revisión sistemática y meta-análisis*
410 *sobre la eficiencia de cáscaras naturales en la remoción de Pb, Cd, Cu*
411 *y Cr en aguas contaminadas. 0–2.*
- 412 Fabiola, V. S. (2022). *Evaluación de la capacidad adsorbente de la cáscara*
413 *de naranja (Citrus sinensis) y coco (Cocos nucífera) para la remoción*
414 *de metales pesados (Cr, Pb).*
- 415 Khalfaoui, A., Benalia, A., Selama, Z., Hammoud, A., Derbal, K., Panico,
416 A., & Pizzi, A. (2024). Removal of Chromium (VI) from Water Using
417 Orange peel as the Biosorbent: Experimental, Modeling, and Kinetic
418 Studies on Adsorption Isotherms and Chemical Structure. *Water*
419 *(Switzerland), 16(5).* <https://doi.org/10.3390/w16050742>
- 420 Liliana, M., Encina, A., Beatriz, A., & Encina, A. (2024). *Metales pesados*
421 *en agua : tóxicos para el medio ambiente y la salud. 4(2), 60–62.*
- 422 Manuel, V., & Juárez, M. (2012). *Remoción de Cromo (VI) en solución por*
423 *la cáscara de naranja (Citrus sinensis Osbeck). Vi.*
- 424 Pacheco, D. J. (2019). *Evaluación del proceso de biosorción de Cr (VI)*
425 *usando residuos agroindustriales de la región Arequipa (cascarilla de*
426 *arroz y chala de maíz). 6, 125.*
427 <https://core.ac.uk/download/pdf/233005652.pdf>
- 428 PATIÑO, L. C. (2019). *Evaluación de la capacidad de remoción de Cr (VI)*
429 *en solución con una mezcla de cáscara de naranja y cáscara de*



- 430 *banano como bioadsorbente. Vi.*
- 431 Prado, L. M. y J. (2022). *Disminución de Cromo Y Cobre en aguas*
 432 *residuales utilizando Cáscaras De Naranja Y Banano (Citrus Sinensis*
 433 *Y Musa Paradisiaca) como bioadsorbente. 37–63.*
 434 <https://doi.org/10.26807/ia.v10i2.234>
- 435 Ruiz-camacho, W., & Llauce-santamaria, R. Y. (2023). *Comportamiento*
 436 *del cultivo de naranja Valencia (Citrus x sinensis (L) Osbeck cv.*
 437 *Valencia) en "fincas tipo" en la provincia de Chanchamayo, Junín,*
 438 *selva central del Perú Behaviour of Valencia Orange cultivation (Citrus*
 439 *x sinensis (L) Osbeck cv. Valencia) . L, 41–52.*
- 440 Salvatierra, W. (2019). *Aplicación de un Biomicrofiltro a base de*
 441 *Organoarcilla y partículas Lignocelulosas de naranja para Adsorción*
 442 *de Arsénico en Aguas Contaminadas.*
- 443 Silva, S., & Carlos, J. (2024). *Remoción de cromo vi con panca de maíz*
 444 *como biosorbente en muestras sintenticas a nivel de laboratorio,*
 445 *2023.*
- 446 Tejada-tovar, C., & Villabona-ortiz, Á. (2015). *Adsorción de metales*
 447 *pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico.*
 448 *18(34), 109–123.*
- 449 <https://fisicoquimica1.wordpress.com/tipos-de-adsorcion/>
- 450 [https://horticulturaefectiva.blogspot.com/2013/08/naranja-taxonomia-](https://horticulturaefectiva.blogspot.com/2013/08/naranja-taxonomia-morfologia.html)
 451 [morfologia.html](https://horticulturaefectiva.blogspot.com/2013/08/naranja-taxonomia-morfologia.html)
- 452
- 453



Anexos

	CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA	INFORME DE RESULTADOS N° 015- 2025-CME-UNSA		Código:	IR-MEB-013-25
				Fecha:	12/03/2025
				Versión:	1.0
				Página	1 de 1

A:	Limber klin Vilca Velasque	N° de Servicio:	013
De:	Dra. Daisy Margarita Gonzalez Diaz	N° boleta / voucher:	B002-00111151
Asunto:	Caracterización morfológica y análisis químico elemental	Cod. de muestra:	(53-55)-MEB-2026

Tipo/ Muestra	Cascaras de Naranjas	N° Muestras:	3
Equipo:	Microscopio Electrónico de Barrido, modelo Scios 2 Dual Beam, marca Thermo Scientific	Horas/ Trabajo:	1

Descripción de la muestra:
RECEPCIÓN DE MUESTRA: Se recepción 3 muestra (partículas) para analizar las características morfológicas y químico elemental, el material que se analizara son partículas gruesas de distintos diámetros (no se tuvo documentación de referencia entregada virtualmente).

Preparación de la muestra:
PREPARACIÓN DE MUESTRA: Se procedió a habilitar Stup de aluminio (soporte) recubriéndolos con una cinta doble cara de carbono para fijar la muestra, luego se agregó la muestra que se analizara en la cinta de carbono del stup y finalmente la muestra soportada en el stup se expuso al flujo de aire comprimido para expulsar todas las partículas que no se adhirieron a la cinta de carbono.

Análisis:
 Se realizó el análisis morfológico, contraste Z y químico elemental en el microscopio electrónico de barrido del Centro de Microscopía Electrónica de la UNSA.

- ANÁLISIS MORFOLÓGICO:** se realizó el ensayo con el detector ETD, a una distancia de trabajo de 9-15mm, el análisis se realizó a 15.00 Kv, las magnificaciones de realizaron de 150x – 25 000x según el interés del cliente, para mayor información revisar las micrografías.
- ANÁLISIS CONTRASTE Z:** se realizó el ensayo con el detector T1, el análisis se realizó a 15.00 Kv, las magnificaciones de trabajo son de 150x – 12 500x según del análisis.
- ANÁLISIS QUIMICO ELEMENTAL:** se realizó el ensayo con el detector EDS-Ultra Dry, los análisis se realizaron por área y puntual, según interés del cliente. Los nombres de los documentos PDF exportados de los análisis EDS están directamente relacionados con el nombre de las micrografías morfológicas.

La data recolectada durante el análisis fue extraída y almacenada en una carpeta drive propia del CME, el link será enviado por correo junto con este doc. (la data se eliminará dentro de 1 mes debido a espacio de la nube)

Conclusiones:
 El análisis se realizó el 06 de marzo del 2025. Durante el análisis de la muestra, se obtuvo: 27 micrografías y 13 análisis EDS. Para mayor información verificar el análisis puntual y de área de cada muestra. Se recomienda no tomar en cuenta los análisis EDS que tengan picos menores a 1000 señales o cuentas, debido que el área o punto analizado presenta inclinaciones o algún otro defecto que afecta los resultados.

Realizado por:	Ing. Antonio Irvin Laura Quispe
Revisado por:	Dra. Daisy Margarita Gonzalez Diaz

Dra. Daisy Margarita Gonzalez Diaz
 Directora Centro de Microscopía Electrónica

- Todo el proceso ha sido realizado con los estándares de calidad lo que asegura la correcta emisión de resultados.
 - Su información será manejada correctamente de acuerdo a la confidencialidad

El original de este documento se encuentra en los archivos del CME, por lo que el adecuado o mal uso del mismo, es responsabilidad del cliente.

Figura 18. Análisis Laboratorio EDS-SEM UNSA.



458

459

Figura 19. Punto de Muestreo.



460

461

Figura 20. Toma de Muestra.



462

463 **Figura 21.** Preparación Cáscara de Naranja para las tres variedades.



464

465 **Figura 22.** Equipos análisis EDS - SEM, Thermoscientific (Izquierda) y
466 Pathfinder (Derecha).



Figura 23. Dosificación de pH.



Figura 24. Zarandeo de la cáscara de naranja para las tres variedades.



Figura 25. Dosis de adsorbente x triplicado.



Figura 26. Test de Jarras.



Figura 27. Filtración del adsorbente.



Figura 28. Análisis de Cromo (VI), por variedad de cáscara de naranja.