

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Remoción de Arsénico mediante un biofiltro utilizando
polvo de cáscara de naranja (*citrus sinensis*) en aguas del
río Santa - Ticapampa**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor

Pinedo Melgarejo, Brian Djorkaeef

Asesor

Flores Reyes, Gumercendo

0000-0002-2305-7339

Chimbote – Perú

2021

PALABRAS CLAVE:

Tema	Tratamiento de Agua
Especialidad	Hidráulica

KEY WORDS:

Topic	Water Treatment
Speciality	Hydraulics

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Programa	Ingeniería Civil
Línea de investigación	Hidráulica
Área	Ingeniería y Tecnología
Subarea	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería de la Construcción

TÍTULO

Remoción de Arsénico mediante un biofiltro utilizando polvo de cáscara de naranja
(*citrus sinensis*) en aguas del río Santa – Ticapampa

RESUMEN

La principal idea de la investigación se basó en buscar y aprovechar nuevos residuos orgánicos para el tratamiento del agua contaminada por metales pesados y así poder combatir la contaminación, por lo cual mi proyecto de investigación se realizó utilizando las siguientes dosificaciones: 10 y 20 g de polvo de cáscara de naranja en g/L de agua contaminada por arsénico del Río Santa localidad Ticapampa cuyo fin fue determinar la capacidad de remoción del arsénico.

El estudio se llevó a cabo en las aguas del Río Santa, en el punto de monitoreo RSant2 (Recuay-Ticapampa) el cual tenía niveles de arsénico no aptos para el consumo humano o para la agricultura, por lo cual al utilizar el polvo de cáscara de naranja con el uso de un biofiltro se logró cumplir los estándares de calidad según el ECA (Estándares de Calidad Ambiental).

La investigación experimental se trabajó con el método de adsorción, lo cual se encargó de captar diferentes especies químicas donde se empleó el polvo de cáscara de naranja ubicándola dentro del biofiltro con agua contaminada, donde tuvo un comportamiento directo al metal pesado, a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción. El polvo de cáscara de naranja tiene gran porcentaje de calcio, potasio, silicio, magnesio, fósforo (*sorbentes positivos*) y de pectina lo cual se puede adherir al arsénico (*solutos negativos*); donde dichas propiedades fueron activadas a las temperaturas sugeridas por el ensayo de ATD (480°C) y una vez activadas fueron confirmadas por el ensayo de FRX.

Se llevó a cabo la investigación mediante el método experimental donde se utilizó dos dosis, la primera dosis de 10 gr/L de polvo de cáscara de naranja mediante un biofiltro, con el cual se obtuvo una remoción de arsénico del 90.58% en referencia a la muestra patrón extraída del río Santa, la segunda dosis que se empleó fue de 20 gr/L de polvo de cáscara de naranja a través del mismo método, con lo que se obtuvo un 98.51% de remoción de arsénico en referencia a la muestra patrón extraída del río Santa.

ABSTRACT

The main idea of the research was based on finding and taking advantage of new organic waste for the treatment of water contaminated by heavy metals and thus being able to combat pollution, for which my research project was carried out using the following dosages: 10 and 20 g of Orange peel powder in g / L of arsenic-contaminated water from the Santa River in the Ticapampa area, the purpose of which was to determine the arsenic removal capacity.

The study was carried out in the waters of the Santa River, at the RSant2 monitoring point (Recuay-Ticapampa) which had levels of arsenic not suitable for human consumption or for agriculture, therefore when using shell powder orange with the use of a biofilter it was possible to meet the quality standards according to the ECA (Environmental Quality Standards).

The experimental research was worked with the adsorption method, which was responsible for capturing different chemical species where the orange peel powder was used, placing it inside the biofilter with contaminated water, where it had a direct behavior to heavy metal, through mechanisms physicochemicals such as adsorption. Orange peel powder has a large percentage of calcium, potassium, silicon, magnesium, phosphorus (positive sorbents) and pectin, which can adhere to arsenic (negative solute); where said properties were activated at the temperatures suggested by the ATD test (480°C) and once activated they were confirmed by the XRF test.

The research was carried out through the experimental method where two doses were used, the first dose of 10 gr / L of orange peel powder using a biofilter, with which a 90.58% arsenic removal was obtained in reference to the standard sample extracted from the Santa river, the second dose that was used was 20 gr / L of orange peel powder through the same method, with which a 98.51% removal of arsenic was obtained in reference to the extracted standard sample from the Santa river.

INDICE GENERAL

TEMA	PAGINA N°
Palabras clave – Key words – Línea de investigación.....	i
Título.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice general.....	v
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	viii
Simbología y abreviaturas.....	x
I. Introducción.....	1
II. Metodología.....	45
III. Resultado.....	54
IV. Análisis y discusión.....	62
V. Conclusiones.....	65
VI. Recomendaciones.....	66
VII. Referencias bibliográficas.....	67
VIII. Agradecimientos.....	72
IX. Anexos y apéndices.....	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Arsénico con altos niveles de oxígeno.....	10
Tabla 2. Consecuencias del consumo de agua con arsénico en exceso.	11
Tabla 3. Concentraciones máximas permisibles de arsénico (mg/l) según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.....	14
Tabla 4. Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida.....	16
Tabla 5. Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida.....	17
Tabla 6. Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida.....	18
Tabla 7. Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida.....	19
Tabla 8. Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida.....	20
Tabla 9. Tipos de biomasas naturales usadas para la preparación de biosorbentes ...	22
Tabla 10. Componentes biológicos de la cáscara de naranja.....	27
Tabla 11. Composición química de la cáscara de naranja	28
Tabla 12. Monitoreo del punto de monitoreo, RSant2.....	34
Tabla 13. Resultados del monitoreo de la cuenca del Río Santa, RSant2	35
Tabla 14. Resultados del monitoreo de la cuenca del Río Santa, RSant2	37
Tabla 15. Variable dependiente: Remoción de arsénico.....	43
Tabla 16. Variables independientes: Polvo de cáscara de naranja (10 y 20 gr/L).....	43
Tabla 17. Resultados de barrido de metales en aguas del Río Santa – Rsant2.....	54
Tabla 18. Composición elemental del polvo de cáscara de naranja	55

Tabla 19. Resultado de pH realizado a la muestra de polvo de càscara de naranja...	56
Tabla 20. Resultados de presencia de arsénico en aguas del Río Santa.	56
Tabla 21. Resultados de parámetros físico-químicos de arsénico en aguas del Río Santa.....	56
Tabla 22. Resultados de presencia de arsénico en aguas del Río Santa.	57
Tabla 23. Resultados de parámetros físico-químicos de arsénico en aguas del Río Santa.....	57
Tabla 24. Resultados de presencia de arsénico en aguas del Río Santa.	57
Tabla 25. Resultados de parámetros físico-químicos de arsénico en aguas del Río Santa.....	58
Tabla 26. Variación de parámetros físicos – químicos de las aguas del río Santa posterior al uso de polvo de càscara de naranja.....	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composicion quimica de la celulosa	29
Figura 2. Composicion quimica de la hemicelulosa.	29
Figura 3. Composicion quimica de la pectina.....	30
Figura 4. Volumen de Produccion agricola en el Peru.	31
Figura 5. Produccion Peruana de Naranjas	32
Figura 6. Participacion en la produccion de naranjas por region.....	33
Figura 7. Cuenca monitoreada Río Santa – ALA Huaraz.....	34
Figura 8. Resultados del monitoreo del punto RSant2.	36
Figura 9. Naciones donde sus aguas han registrado presencia de arsénico..	40
Figura 10. Monitoreo de las aguas del Río Moche – Rmoch12.	41
Figura 11. Monitoreo de las aguas del Río Santa – Rsant2.....	42
Figura 12. Gráfico de barras representando la cantidad de pH obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.	59
Figura 13. Gráfico de barras representando la conductividad obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.	59
Figura 14. Gráfico de barras representando los sólidos totales obtenidos por las muestras y el L.M.P. según ECA.	60
Figura 15. Gráfico de barras representando la turbidez obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.	60
Figura 16. Gráfico de barras representando la cantidad de arsénico obtenidas por las muestras y el L.M.P. según ECA.	61
Figura 17. Gráfico de representando el porcentaje de arsénico obtenidas por las muestras.	61
Figura 18. Zona de recolección de muestras de aguas del río Santa, puente Simmer, Recuay.	83
Figura 19. Recoleccion de muestras de agua, para ensayos de experimentacion.	83

Figura 20. Ubicación de punto de toma de muestras con GPS.....	84
Figura 21. Zona de toma de muestras de cascara de naranja, Centro de Chimbote - CHIMBOTE.....	84
Figura 22. Lavado de càscaras de naranja con agua destilada y escurrido para evitar que se pudra, producto a la humedad.....	85
Figura 23. Se acondicionò un espacio de cordeles de hilo nailon para su secado a temperatura ambiente de la càscara de naranja por 2 semanas bajo techo.	85
Figura 24. Muestra de càscara de naranja secada a temperatura ambiente durante 2 semanas.....	86
Figura 25. Triturado de muestras de càscara de naranja con ayuda de un batan de madera, la cual fue desinfectada para evitar contaminacion con el material.....	86
Figura 26. Tamizado de muestra de càscara de naranja seca y triturada(MALLA N°200).....	87
Figura 27. Muestra de càscara de naranja en mufla para activarse a 480 °C.....	87
Figura 28. Muestra de càscara de naranja almacenada en una bolsa termica para mantener sus propiedades, luego de ser activada en la mufla a 480 °C, perdiendo asi el 92% de masa..	88
Figura 29. Separacion de muestra según dosis empleados para los ensayos requeridos, se observa dosis de 20gr/L y 10 gr/L.	88
Figura 30. Balde con capacidad de 4L para biofiltro a escala	89
Figura 31. Ensamble de partes del biofiltro a escala y accesorios requeridos.....	89
Figura 32. Biofiltro culminado en pleno proceso de remocion.	90
Figura 33. Muestra de agua contaminada en primer balde	90
Figura 34. Añadiendo dosis de 10gr/L de polvo de càscara de naranja y apertura de la llave de paso, para iniciar la remocion a 200 rpm	91
Figura 35. Velocidad de 200 rpm indicandas en la pantalla led de la caja del motor	91
Figura 36. Balde con muestra de reposo de 30 minutos luego de la remocion.	92

Figura 37. Captando la muestra de agua tratada que se encuentra en el tercer balde, para llevar las muestras al laboratorio Colecbi S.A.C	92
Figura 38. Muestras enbotelladas e identificados para ser llevado al laboratorio Colecbi S.A.C	93
Figura 39. Investigador en laboratorio Colecbi S.A.C.	93
Figura 40. Presencia de la minería ilegal, la cual a través de sus relaves generan contaminación de las aguas del río Santa en la provincia de Recauy	94
Figura 41. Ubicación geográfica de zona de estudio donde se tomaron las muestras de las aguas del Río Santa.....	96
Figura 42. Red de puntos de monitoreo en la cuenca río Santa - 2016.	117
Figura 43. Resultados de análisis en la cuenca del río Santa - 2016	118
Figura 44. Resumen de cuadros de concentración máximas permisibles de arsénico (mg/l) en el agua según ECA (estándares nacionales de calidad ambiental).....	120

SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS

LMP = Límite Máximo Permisible

ECA = Estándares de Calidad Ambiental

ATD = Análisis Térmico Diferencial

FRX = Fluorescencia de Rayos X

ANA = Asociación Nacional del Agua

OMS = Organización Mundial de la Salud

D.S. = Decreto Suprem

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación presenta la forma de actuar del polvo de cáscara de naranja (*Citrus Sinensis*) cuando está en contacto con aguas del Río Santa mediante un biofiltro, donde dichas aguas se encontraron contaminadas con arsénico.

El agua es el principal recurso natural de nuestro planeta, el cual puede otorgarnos una alta calidad de vida o causarnos daños letales, esto originado por su efusión por metales u otros elementos; causando así enfermedades capaces de producir la muerte con solo consumirla sin un tratamiento de potabilización previo.

Aparecen muchas incógnitas para este asunto, debido a que es original, económico y fundador, donde una de ellas es hallar la dosis de polvo de cáscara de naranja apropiada para que realice bien la disminución de arsénico, otra interrogante es la forma de activación en un tiempo concreto, se puede activar de diferentes maneras; en esta investigación se activó en una mufla a 480°C.

El arsénico posee propiedades dañinas que al encontrarse en el agua y son usadas para el consumo humano, sobrepasando el límite permisible de la ECA, esto origina enfermedades a la piel, pesadumbre en el cuerpo, incomodidad e inclusive puede ocasionar cáncer, por lo tanto se centra en la necesidad de los pobladores que adquieren directamente dicha agua sin previo tratamiento, por lo cual al utilizar polvo de cáscara de naranja dará una gran satisfacción a los pobladores, ya que la cáscara de naranja se desecha y se podrá reutilizara para poder potabilizar aguas contaminadas.

ANTECEDENTES

A Nivel Internacional

Murrieta (2019) en su artículo “Evaluación de la capacidad de adsorción del carbón activado mediante cáscara de naranja (*Citrus cinensis*) para la remoción de iones de arsénico en aguas residuales industriales”, en donde el objetivo principal de este proyecto de investigación presenta una evaluación de revisión de estudios acerca del aprovechamiento de residuos orgánicos de frutas, pero entre ellas la principal es sobre la cáscara de naranja (*Citrus Cinensis*) y su potencial uso como materia prima para la obtención de carbón activado.

Los beneficios de estos materiales ayudan a mejorar su capacidad de adsorción y en consecuencia lograr un porcentaje mayor de remoción de metales. La adsorción es un proceso fisicoquímico que permite la captación de metales pesados por mecanismos de atracción entre el ion metálico y la superficie del adsorbente. Asimismo, estos mecanismos dependen de factores como el pH, temperatura, competencia entre iones y concentración del adsorbente. A través de los estudios ya mencionados en las tablas se puede ver que si se requiere adsorber a un buen porcentaje se tiene que tener en cuenta las variables del tiempo de contacto, pH, temperatura, nivel de concentración inicial y la concentración adsorbente para la agitación. También algún trabajo se tiene en cuenta que se podría realizar modificaciones con químicos para llegar a la optimización de una buena adsorción.

Yrigon, K (2019) Eficiencia de la pectina de cascara de naranja para disminuir la concentración de arsénico en aguas de Mórrope (Tesis de Titulación), el objetivo principal de esta investigación es el proceso de adsorción con pectina de cascara de naranja mediante el ensayo de jarras y procedimientos de decantación con 5 dosis para disminuir el arsénico a niveles no detectables, concluyendo que la dosis de 0.5g, 1 g, 2g, 3g y 4 g de pectina de cascara de naranja aplicada en el tratamiento de agua logran disminuir la concentración de arsénico que es 0.05 considerablemente en pH 5 y 10; disminuyendo así a 0.025 que es el 50% hasta niveles menores al LMP (límite máximo permisible según la OMS).

A Nivel Nacional

Mendoza, D (2018) el objetivo principal es proponer un proceso que permita disminuir la concentración de plomos en aguas de la laguna de Pías ubicada en Patas mediante el uso de polvo de cascara de naranja, donde se aplica un diseño experimental de tipo bi-factorial donde la población estuvo conformada por el agua de dicha laguna siéndola muestra real utilizada de 27 litros, concluyendo así que se logró remover hasta un 91.55% con la granulometría de 0.841 mm y un peso de 10 gr de polvo de cáscara de naranja mediante la prueba estadística de POST HOC DE TUKEY, que permitió obtener una confianza del 95%.

A Nivel Local

Gil.P (2018) Diseño de un biofiltro de mulcielago de tuna (*opuntia ficus – indica*) para remover arsenico (tesis de titulación). El objeto principal de esta investigación es determinar el efecto del uso de coagulante – floculante natural de mucílago de tuna en la disminución del arsénico en aguas del Río Huandoval del C.P. Sacaycacha mediante un biofiltro que incluye un motor adaptado para 50 y 100 rpm que giran como equipo de prueba de jarras, para luego almacenarlo en un tanque cisterna.

El sistema de biofiltro comienza con una captación, la cual es conectada hacia el biofiltro, que al llenarse comienza a funcionar primeramente con 100 rpm, luego 50 rpm y finalmente 15 minutos de reposo, para así evacuar el agua al tanque cisterna que va a abastecer al C.P. Sacaycacha.

El nivel de dicha investigación fue experimental, la cual llego a las siguientes conclusiones:

Se estableció los parámetros de diseño hidráulico según los 90 habitantes al cual se abastecerá el agua tratada en el biofiltro, así como los parámetros estructurales según el tipo de suelo y dimensionamiento hidráulico, el caudal de diseño es de 0.218 lt/s.

La escala prototipo del biofiltro fu de 1/500, respecto al volumen utilizado de agua a tratar, y sirvió como punto de partida para el diseño hidráulico y estructural del

biofiltro. Del mismo modo se elaboraron las respectivas dosis y temperaturas para añadirlas a la mezcla rápida dada por el motor graduado para realizar 50 y 100 rpm. Producto de las adiciones de 50 y 70 mg/l de murciélago de tuna activado a 80°C se obtuvo una remoción de 98.65 y 97.39% en turbidez respectivamente, en PH se tienen los resultados de 6.05 y 5.42 respectivamente; para 50 y 70 mg/L de murciélago de tuna activada a 100°C resultó 99.24 y 98.89% de disminución de turbidez respectivamente, finalmente al activar con cocina con 50 y 70 mg/L se removió 99.30 y 99.70% respectivamente en PH se tienen los resultados de 4.95 y 4.88 respectivamente; todo ello en comparación a un patrón con turbidez de 460 UNT y 5.59 de PH.

Se obtuvo una remoción importante comparando al patrón que fue de 25 ppm mientras que en los experimentales fueron M1 687.80%, M2 64.40%, M3 63.60

Pinedo, B. (2019) en su tesis de pregrado llamada: “Remoción de arsénico utilizando 16 gr/L de polvo de cáscara de naranja en el río Santa – Localidad Ticapampa”, en la cual se buscó determinar la capacidad de remoción de arsénico mediante el uso de polvo de cáscara de naranja en una dosificación de 16 gr/L

El estudio se realizó con las aguas del Río Santa, en el punto de monitoreo RSant2 ubicado en la provincia de Recuay, las cuales se encuentran contaminadas con una cantidad de arsénico, que es perjudicial para el consumo humano o la agricultura; la cual se puede remediar con el uso de polvo de cáscara de naranja para reducir la cantidad de arsénico, y así cumplir los estándares según ECA (Estándares de Calidad Ambiental).

Ensayo en el cual se propuso la factibilidad de que la dosis de 16g/l empleadas elimine más del 85% de arsénico y se dé a cabo que el agua del río Santa cumpla con los estándares de calidad de arsénico en el agua. Obteniéndose como resultado la remoción de un 99.91% de arsénico presentes en la muestra, y obteniendo una agua altamente alcalina, con este resultado alcanzado se concluyó que el agua puede ser apta para consumo humano, pero dicha muestra puede ser apta con un debido tratamiento según ECA.

Torres, S. (2020) en su tesis de titulación llamada: “Remoción de arsénico mediante un biofiltro utilizando ceniza de cáscara de naranja (*Citrus Cinensis*) en las aguas del río Santa 2020”, en la cual se buscó determinar la capacidad de remoción de

arsénico usando ceniza de cáscara de naranja en una dosificación de 6 y 12 gr/L, mediante un biofiltro obteniendo así una remoción por parte de la primera dosis del 85.08% y del 79.31% respectivamente.

Fundamentación Científica

El Agua

Es uno de los recursos naturales más corrompidos. La progresiva contaminación de aguas excedentes urbanas e industriales por iones tóxicos de metales pesados, aún a nivel de trazas, es un inconveniente ambiental preocupante. Estos micro contaminantes inorgánicos son de considerable interés, debido a que no son biodegradables y son crecidamente tóxicos. El agua es uno de los recursos más explotados, requerida para mantenernos con vida. Tenemos que cuidarla para mantener abasto suficiente de agua de buena calidad para nosotros como población y así conservar las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas, acoplando las labores humanas a los límites de la capacidad de la naturaleza y combatir las causas de los males entrelazados con el agua. (Problemas Ambientales, 2014).

Hoy por hoy pasamos por la denominada crisis internacional del agua, originado a que gran parte de los patrimonios acuáticos del planeta se hallan expuestos a un alto grado de contaminación en diversos estados, a los resultados de la excesiva explotación de los patrimonios naturales y el constante agravio al medio ambiente, sumado a que el agua dulce manipulada por la humanidad para resolver sus necesidades de nivel primario entre lo cual se encuentra las actividades de agricultura, industrias y captación de energía en hidroeléctricas, indica sólo el 1 % del total de los patrimonios acuáticos en nuestro mundo. (Tello L. 2011).

Avalar el camino al agua y a su purificación como derecho humanitario compone un paso significativo para transformarlo en una realidad para todo el mundo. Esto significa que:

- El camino seguro a agua y a saneamiento es un derecho legal, más que una mercadería o asistencia suministrada en términos caritativos;
- Debería apresurar el compromiso de conseguir unos niveles básicos y corregidos de acceso;
- Se obtiene mejor a aquéllos con “peor servicio” y por tanto reducen las diferencias.

- Las colectividades y los grupos sensibles se percibirán aptos para participar en los métodos de toma de decisiones.

Composición Química del Agua: Es un elemento humilde hecho por átomos chicos (H₂O), fusionados por uniones covalentes muy fuertes formando que la molécula sea tremendamente firme. De repartición anormal de la consistencia electrónica, dado que el oxígeno, uno de los compendios con más electrones negativos, asume así mismo los electrones de ambos vínculos covalentes, de forma que cerca del átomo de oxígeno se convoca una mayor densidad electrónica (carga negativa) y junto de los hidrógenos la menor (carga positiva). (Carbajal, Á., & Gonzales, M., 2012).

Calidad del Agua: La propiedad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de elementos naturales como de la operación humana. Sin la operación humana, la eficacia del agua llegaría determinada por la degradación del substrato mineral, los métodos atmosféricos de evapotranspiración y asentamiento de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los sustentos del suelo por los factores hidrológicos, y los métodos biológicos en el medio acuático que pueden perturbar la composición física y química del agua.

El desperfecto de la calidad del agua se ha transformado en motivo de inquietud a nivel mundial con el desarrollo de la población humana, la expansión de la acción industrial y agrícola, y la intimidación del cambio climático como causa de significativas alteraciones en el ciclo hidrológico. (ONU-DAES, 2012)

Contagio de Agua en el Perú: El agua contaminada tanto en ríos, lagos y mares es ocasionado, básicamente, por 4 rutas: derrame de aguas servidas, derrame de basuras, derrame de desechos mineros y derrame de sustancias químicas.

Derrame de aguas servidas. En los centros urbanos la mayoría echan directamente los desechos (aguas servidas o residuales) en ríos, en lagos y al mar. Esta dificultad es extensiva y perjudica al mar peruano, a nuestros ríos y a nuestros lagos. Los desechos poseen inmundicias, lavazas de detergente, restos de industrias, residuos petroleros, aceite y más residuos infecciosos que dañan la vegetación y la fauna acuática. Cuando se lleva a cabo el derrame de desechos, libres de procesos, esparcimos centenares de creadores de padecimientos que afectan al bienestar de nuestra salud.

Derrame de basuras en las aguas. La mayoría del país estamos acostumbrados a arrojar la basura y desmonte de manera indiscriminada y sin tener algún tipo de cuidado para con las orillas de nuestro mar, nuestros ríos y lagunas. Ciertos desechos contienen la presencia de restos orgánicos y no orgánicos los cuales tienden a descomponerse con el tiempo como puede también que no se descompongan y produzcan ciertas sustancias tóxicas como óxidos ferrosos, ácidos nocivos, etc.

Derrame de desechos mineros. En el caso de la contaminación que generan los desechos mineros o relaves se debe a que se ejerce la explotación de minerales y no se llevan a cabo ciertos parámetros para poder cuidar el medio ambiente, o por otro lado se encuentran los que ejercen la minería ilegal la cual no cumple con leyes ni parámetros dañando con sus relaves y desechos las fuentes de agua en el Perú. Los relaves mineros contienen una serie de metales altamente tóxicos como fierro, cobre, zinc, mercurio, plomo, arsénico y otras sustancias las cuales en una considerada proporción pueden originar daños irreparables en la salud del ser humano.

Derrame de sustancias químicas. En su gran mayoría este tipo de contaminación es ejercida por las industrias y todas aquellas que utilicen sustancias químicas para poder realizar procesos industriales generando desechos como abono, ácidos, aceites, petróleo, harina y aceite de pescado, etc.

Arsénico

Según Asif Z. et al., (2009) refieren que: El arsénico es un metaloide tóxico que ahora es reconocido como un contaminante importante en el agua potable en muchos países. Los efectos del arsénico no son inmediatamente visibles como las personas pueden absorber cantidades significativas de arsénico sin complicaciones de salud inmediatas. El entorno natural y la unificación se comportan como un metaloide. Puede existir en formas orgánicas e inorgánicas (es decir, más tóxicos).

Monique y Fritz H. (2003) dicen: El arsénico es un constituyente de más de 245 minerales. Las erupciones volcánicas y otros procesos naturales son fuentes de altas concentraciones de arsénico en el medio ambiente. Aparte de fuentes naturales contaminación de arsénico de agua y el suelo puede ser consecuencia de las actividades humanas debido a (a) la eliminación de productos químicos de desecho industrial, (b) la fundición de minerales que contienen arsénico, (c) la quema de combustibles fósiles,

y (d) la aplicación de compuestos de arsénico en muchos productos, especialmente en los últimos cien años.

Según Yan- Chu (2000): La movilidad de las especies de arsénico en los suelos depende del tipo y la cantidad de adsorción de compuestos de suelo, el valor pH y el potencial redox. Los compuestos de arsénico pueden adsorber a los óxidos e hidróxidos de Fe (III), Al (III), Mn (III / IV), a sustancias húmicas, y minerales de arcilla.

El Arsénico en el Agua: Las aguas (aguas superficiales y subterráneas) el arsénico usualmente se halla en estado de enmohecimiento. En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, la familia más frecuente es el arsénico pentavalente o arsenato. Bajo condiciones de reducción, habitualmente en las sedimentaciones de los lagos o aguas subterráneas, prevalece el arsénico trivalente o arsenito.

El arsenito se encuentra en solución como H_3AsO_3 , H_2AsO_3^- , H_2AsO_4^- y $\text{H}_2\text{AsO}_4^{2-}$ en aguas naturales con pH entre 5 a 9.

El arsenato se encuentra en forma estable en aguas con altos niveles de oxígeno como H_3AsO_4 en un rango de pH de 2 a 13. La conversión de As^{+3} a As^{+5} o contrariamente es bastante lento. Los agregados limitados de As^{+3} pueden encontrarse en medios enmohecidos y los compuestos enmohecidos de As^{+5} en medios menores.

Los microbios, plantas y animales pueden cambiar todos estos agregados químicos de arsénico mineral en compuestos orgánicos (implicando átomos de carbono e hidrógeno). Las circunstancias que ayudan el enmohecimiento químico y biológico del arsénico incitan el cambio a especies pentavalentes y, a la opuesta, aquellas que ayudan la reducción cambiarán el equilibrio al estado trivalente.

En aguas con altos niveles de oxígeno, el (As^{+5}) (como H_3AsO_4) se convierte estable, existiendo las especies antes citadas, en un rango de pH de entre 2 a 13. La organización molecular de arsenatos (As^{+5}) y arsenitos (As^{+3}), Los arsenatos poseen mayor capacidad de ionización debido a la presencia del doble enlace. La molécula que al derrochar el ión hidrógeno por la disociación, queda con carga negativa plasmando diversos aniones.

Tabla 1
Arsénico con altos niveles de oxígeno.

pH	0-9	10-12	13	14
As^{+3}	H_3AsO_3	$H_3AsO_3^-$	$H_3AsO_3^{-2}$	AsO_3^{-3}
pH	0-2	3-6	7-11	12-14
As^{+5}	H_3AsO_4	$H_3AsO_4^-$	$H_3AsO_4^{-2}$	$H_3AsO_4^{-3}$

Fuente: Estabilidad y predominio de las especies variando los rangos de pH en el medio acuático.
 (Miliarum, 2016)

Como consecuencia de la segregación del ácido arsenioso propio en aguas subterráneas con pH mayor de 7. Bajo condiciones anóxicas, aún a pH por encima de 7 el arsénico se estabiliza en especies dominantes no iónicas. Los arsenatos y arsenitos se disocian a un pH muy diferente. En una categoría de pH entre (6,5 - 8,5) propio del agua natural, las formas sobresalientes de arsenato y arsenitos. La primordial ruta de difusión del arsénico en el medio ambiente es el agua. Sin embargo se considera la sedimentación, la solubilidad de los arsenatos y arsenitos es bastante para que este componente se transfiera en los sistemas acuáticos.

La congregación del arsénico en aguas naturales frescas es muy variable y posiblemente pende de las representaciones de arsénico en el suelo local.

Efecto del Arsénico en la Salud: Según UNESCO (2007): La prevención es pues la única arma contra esta plaga, que afecta a un gran número de países. Las enfermedades cardiovasculares y el desarrollo mental son causados por el arsénico llegó a la conclusión de que el arsénico es carcinógeno Grupo A, conocida para desencadenar la piel, la vejiga y los cánceres de pulmón y por lo tanto se ha convertido en una metáfora de veneno. As (III) es más tóxicos y más difíciles de eliminar con los métodos de tratamiento físico-químicas aplicadas convencionalmente que como (V).

Tabla 2*Consecuencias del consumo de agua con arsénico en exceso.*

ENFERMEDADES GASTROINTESTINALES	Entre 1 y 12 horas tras el contacto: aliento aliáceo (con olor a ajo), queilitis urente, náuseas y vómitos, dolor en el epigastrio generalmente de tipo cólico; diarrea «riciforme» (heces en forma de arroz), hemorrágica o «coleriforme» (similar a la del cólera); elevación de las transaminasas hepáticas en sangre.
ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES	Hipotensión arterial y shock, secundariamente a la vasodilatación y a la disminución de la función miocárdica; edema agudo de pulmón; arritmias; miocardiopatía congestiva.
CANCER	Puede provocar cáncer de piel, de vejiga, riñones, pulmón.
ENFERMEDADES HEMATOLOGICOS	Provoca anemia, leucemia.

Fuente: Percy Junior Gil. (2017)

Sustancias con la presencia de Arsénico: Su presencia en el medio ambiente está relacionado no sólo con depósitos volcánicos, fuentes geotérmicas y las rocas sedimentarias, sino también para varias actividades antropogénicas incluyendo la fabricación de plaguicidas, la producción de conservantes de la madera, industria del vidrio, la producción de semiconductores y la pigmentación.

Según UNESCO (2005): El medio ambiente se encuentra contaminado por el arsénico a causa de anomalías de la naturaleza y accionar del ser humano que, a través de las industrias, mineras, residuos químicos, etc., lastimosamente estamos arrastrándonos al envenenamiento de nuestras con arsénico.

Valencias del Arsénico: Según Anónimo, (2013). Resaltando que el arsénico se puede hallar en cuatro etapas de enmohecimiento, las variedades inorgánicas de arsénico III y V son prevalentes en aguas subterráneas. Su representación depende fundamentalmente del pH, el potencial de óxido-reducción y la salinidad del agua.

En las aguas (superficiales y subterráneas) el arsénico ordinariamente se localiza en estado de oxidación +5 (arsenato) y +3 (arsenito).

En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, la especie más común es el arsénico pentavalente o arsenato (As+5).

A través de situaciones de disminución, por lo general en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas, prevalece el arsénico trivalente o arsenito (As^{+3}).

El arsenito se localiza en medio como H_3AsO_3 , H_2AsO_3^- , H_2AsO_4^- y $\text{H}_2\text{AsO}_4^{2-}$ en aguas naturales con pH entre 5 a 9.

El arsenato se localiza en forma constante en aguas con altos niveles de oxígeno como H_3AsO_4 en un rango de pH de 2 a 13. La transformación de As^{+3} a As^{+5} o inversamente es bastante lento. Los agregados reducidos de As^{+3} pueden encontrarse en medios oxidados y los agregados enmohecidos de As^{+5} en medios imperceptibles.

Los microbios, plantas y animales consiguen cambiar cualquiera de estos agregados químicos de arsénico inorgánico en agregados orgánicos (implicando átomos de carbono e hidrógeno).

Las circunstancias que ayudan al enmohecimiento químico y biológico del arsénico provocan el cambio a variedades pentavalentes y, a la inversa, aquellas que benefician la disminución varían el equilibrio al estado trivalente.

Los arsenatos logran una alta concentración de ionización originado por la presencia del doble enlace. La molécula que al disipar el ión hidrógeno por la desunión, queda con carga negativa creando diversos aniones.

Bajo condiciones anóxicas, aún a pH por encima de 7 el arsénico se estabiliza en variedades imperiosas no iónicas.

Los arsenatos y arsenitos se disgregan a un pH muy diferente. En un rango de pH entre (6,5 - 8,5) particularidad natural del agua, las formas sobresalientes de arsenato y arsenitos son: H_2AsO_4^- ; HAsO_4^{2-} ; y H_2AsO_3^- .

La primordial vía de esparcimiento del arsénico en el medio ambiente es el agua. Todavía si consideramos los sedimentos, la disolución de los arsenatos y arsenitos es bastante para que este componente se transfiera en los sistemas acuáticos. La concentración del arsénico en aguas naturales frescas es muy variable y probablemente depende de las formas de arsénico en el suelo local.

Arsénico y Ph: Según Song, Williams, Edyveab (2004). El pH es la medida de la agrupación del ion H^+ y OH^- . La representación de estos iones en la capa de intrepidez del permisible puede ocasionar que la carga de la partícula sea mucho más positiva o

menos negativa a valor de pH por debajo del punto isoeléctrico. Cada condensador de arsénico opera más ciertamente en una categoría específica de pH y exhibe una máxima remoción de contaminantes a pH óptimo. La prolongación de categoría de pH es afectada por el tipo de condensador manejado y por las tipologías del agua excedente además de la cantidad de condensador de arsénico.

Normatividad en el Perú

Según Minam (2008), en la última década el Perú ha manifestado una gran concentración de contaminación de sus recursos hídricos, por lo cual se crearon leyes que ayuden al control y manejo de derramamiento en algunos destinatarios. El gobierno inició a ocuparse de la misión integral de los recursos hídricos y del ambiente, obteniendo como consecuencia:

Ley de Recursos Hídricos. – Aquí se manifiesta ANA; Ministerio del Ambiente. - Donde se formulan los Límites Máximos Permisibles y los Estándares de Calidad Ambiental. En la actualidad, existen leyes que tienen como objetivo mantener un control y remediar la calidad de los recursos hídricos mejorando así la calidad del medio ambiente.

Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental (ECA) para el Agua

Para la consumación del D.S.: N° 002-2008-MINAM y de la contemporánea norma, se tiene en conocimiento las sucesivas precisiones de las Categorías de los ECA para Agua:

Tabla 3

Concentraciones máximas permisibles de arsénico (mg/l) según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

Categorías / Sub categorías	As (mg/L)
Categoría 1: Uso poblacional y recreacional	
<i>Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable</i>	
<i>A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección</i>	0.01
<i>A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional</i>	0.01
<i>A3: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado</i>	0.05
<i>Aguas superficiales destinadas para recreación</i>	
<i>B1: contacto primario</i>	0.01
<i>B2: Contacto secundario</i>	..
Categoría 2: Actividades marino costeras	
<i>C1: Extracción y cultivo de moluscos bivalvos</i>	0.05
<i>C2: Extracción y cultivo de otras especies microbiológicas</i>	0.05
<i>C3: Otras actividades</i>	0.05
Categoría 3: Riesgo de vegetales y bebida de animales	0.05
Categoría 4; Conservación del ambiente acuático	
<i>Lagunas y Lagos</i>	0.01
<i>Ríos</i>	
<i>Costa y sierra</i>	0.01
<i>Selva</i>	0.05

Fuente: Según decreto supremo N°002-2008-MINAM. Estándares Nacionales de Calidad de Agua. (Diario El Peruano, 2015 p. 1-7)

Remoción de Metales Pesados (Arsénico)

Métodos convencionales para la remoción de metales pesados (arsénico)

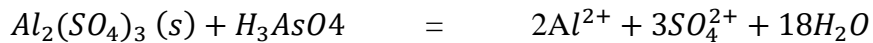
Kanamadi et al, (2006) indica que en las últimas décadas, diversos métodos han sido desarrollados para la remoción de iones metálicos del agua de bebida, tanto bajo condiciones de laboratorio como aplicads en terreno. Estos métodos de remoción se basan principalmente en procesos físicos, químicos y biológicos. Entre las tecnologías más usualmente utilizadas en la remediación del agua ante los metales pesados se encuentran.

Precipitación química y filtración: La precipitación de los metales se alcanza mediante la adición de coagulantes como la alúmina, cal, sales de hierro y otros polímeros orgánicos.

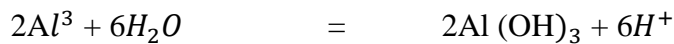
La adsorción y co precipitación con metales hidrolizantes como aluminio y hierro es la técnica de tratamiento más comúnmente utilizada para este fin. Las posibles ecuaciones de coagulación con aluminio y hierro se describen a continuación:

Aluminio

Disolución de aluminio:



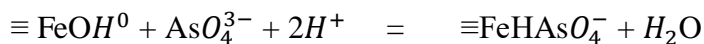
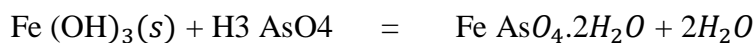
Precipitación de aluminio (acídico)



Co-precipitación (No estequiométrica, producto no definido):



Hierro



Donde [$\equiv FeOH^0$] representa los sitios de la superficie del óxido.

El precipitado formado luego de la coagulación o la oxidación in-situ del hierro y manganeso presente en el agua puede ser removido por sedimentación, seguida de una filtración rápida en arena, filtración directa o micro filtración.

La coagulación con sales de hierro y aluminio y ablandamiento con cal ha sido considerada el proceso más costo-efectivo para remover el arsénico del agua y cumplir las regulaciones estándares primarias para el agua de bebida. Aun cuando la oxidación del As (III) a As (V) y remoción usando uno de los procesos anteriormente descritos ha sido recomendada en años anteriores; la misma presenta limitaciones cuando la concentración inicial de arsénico es relativamente baja.

La efectividad del proceso depende de un número de factores que incluyen la facilidad de hidrolizar el ion metálico, la naturaleza del estado de oxidación, el pH, la presencia de otros complejos formadores de iones, el tiempo de permanencia, el grado de agitación y las características de sedimentación y filtrado del precipitado. Las

limitaciones de este método incluyen la diferencia entre los pH óptimos para la formación de hidróxidos metálicos que pueden conllevar a problemas en el tratamiento de los efluentes conteniendo iones metálicos combinados. La versatilidad en la solubilidad de hidróxidos metálicos a un pH fijo es otro punto en contra.

Tabla 4

Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Su costo inicial correspondientemente bajo, cuando se usa en sistemas a gran escala puede ser una tecnología costo-efectiva.	- Pasividad limitada a las variaciones de pH. (para sulfuros)
- Trabajo relativamente simple (cuando se compara con las otras tecnologías listadas).	- Puede verse afectado por la apariencia de solidos suspendidos.
- Químicos comúnmente disponibles.	- Producen lodos tóxicos.
	- Baja certeza, particularmente cuando las concentraciones son bajas (entre 1 y 100mg/L) y especialmente para el As (III).
	- En algunos casos solicita de pre-oxidación.

Fuente: Adaptado de Volesky, 2001; Ahmed, 2001; Kanamadi et al, 2006; Petrusevski, 2007; Wang y Chen, 2009.

Oxidación o Reducción química: La mayoría de los procesos de tratamiento son positivos en remover arsénico en su forma pentavalente, de allí que sea necesario un proceso de oxidación como pre-tratamiento para convertir el arsenito a arsenato. El arsenito consigue ser oxidado con oxígeno, ozono, cloro, hipoclorito, permanganato, peróxido de hidrógeno, entre otros; de los cuales el oxígeno atmosférico, hipoclorito y permanganato son generalmente usados en países en desarrollo.

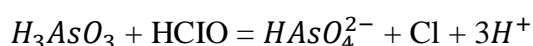
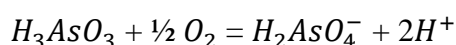


Tabla 5

Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida

VENTAJAS		DESVENTAJAS	
-	Proceso comparativamente simple, de bajo costo, pero lento.	-	Se solicita el uso de químicos.
-	Oxida otras impurezas y elimina contaminación microbiana (cuando se usa cloro o similar como agente oxidante).	-	Puede verse afectado por la presencia de solidos suspendidos.
		-	La remoción de arsénico es parcial.
		-	Sensitivo a las condiciones ambientales.

Fuente: Adaptado de Volesky, 2001; Ahmed, 2001; Kanamadi et al, 2006; Petrusevski, 2007; Wang y Chen, 2009.

Intercambio iónico: Este proceso es habitualmente usado para la remoción de un catión o anión no deseado del agua. Las resinas de intercambio iónico son principalmente polímeros sintéticos que contienen un grupo iónico activo como el SO₃H y se hallan disponibles de manera selectiva para ciertos iones metálicos; aunque otros materiales naturales como las zeolitas también pueden ser empleados como medio de intercambio iónico. A medida que la capacidad de la resina se agota, esta necesita ser regenerada.

Las restricciones en el uso de intercambio iónico para el procedimiento de efluentes inorgánicos son primariamente su alto costo y los requerimientos de sistemas de pre-tratamiento adecuados. El intercambio iónico es capaz de alcanzar concentraciones de iones metálicos en el rango de partes por millón, sin embargo en presencia de altas cantidades de iones competidores mono y bivalentes como el sodio y calcio, el intercambio iónico es prácticamente ineficaz.

Tabla 6

Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida

VENTAJAS	DESVENTAJAS
	- Tolerancia restringida a las variaciones de pH.
- Técnicas comparativamente conocidas, definidas y comercialmente disponibles.	- Puede verse afectado por la presencia de solidos suspendidos.
- Efluente de alta pureza.	- Origina residuos tóxicos.
- Alta efectividad.	- Se solicita de instalación y regeneración.
	- Solicita de operación y mantenimiento altamente tecnificado.
	- Costo relativamente alto.

Fuente: Adaptado de Volesky, 2001; Ahmed, 2001; Kanamadi et al, 2006; Petrusevski, 2007; Wang y Chen, 2009.

Procesos de membrana: Los procesos de membrana pueden remover toda clase de sólidos disueltos, incluidas las sales de arsénico, a través de filtración, repulsión eléctrica, ósmosis inversa, electrodiálisis y adsorción de compuestos afines al arsénico. Estos procesos involucran la concentración iónica mediante el uso de una membrana selectiva con una fuerza motriz específica.

La viabilidad de la micro-filtración y la ultrafiltración como técnicas para la remoción de arsénico es altamente dependiente del tamaño y distribución de las partículas afines al arsénico que se encuentren en el agua. Las membranas de nano-filtración son capaces de remover porciones significativas de los compuestos de arsénico disueltos en aguas naturales.

En el caso de la osmosis inversa se emplea una oposición de presiones para iniciar el envío de solventes a través de una membrana semipermeable en respuesta a una corriente aplicada a electrodos. Esta es una tecnología probada y efectiva para la remoción de constituyentes disueltos (40).

Debido a que el arsénico en aguas subterráneas se encuentra en un 80 a 90% disuelto, los procesos de membrana son técnicamente aplicables para la remoción de arsénico

en el agua de bebida (4, 50); sin embargo su aplicación es restringida debido a su sensibilidad a una gran variedad de contaminantes y peculiaridades del agua a tratar, lo cual forma obligatorio un pre-tratamiento para la remoción de sólidos suspendidos. Por otro lado, estas técnicas son costosas, sofisticadas y requieren un alto nivel de expertos técnicos para ser maniobrados, restringiendo su uso a gran escala a nivel local y en países en desarrollo.

Tabla 7

Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Técnica bien definida y alta eficiencia en la remoción.	- Tolerancia restringida a las variaciones de pH.
- No origina residuos sólidos tóxicos.	- Consigue verse afectado por la presencia de sólidos suspendidos.
- Capaz de destituir otros contaminantes.	- Costo de instalación y sustento altos.
	- Operación y sustento altamente calificados.
	- Se originan aguas residuales tóxicas.

Fuente: Adaptado de Volesky, 2001; Ahmed, 2001; Kanamadi et al, 2006; Petrusevski, 2007; Wang y Chen, 2009.

Adsorción: La adsorción implica el uso de un medio granular adsorbente para la remoción selectiva del arsénico en el agua con o sin ajuste de pH y con o sin regeneración del medio. Muchos medios filtrantes granulares adsorbentes han manifestado una alta eficacia en la remoción de arsénico del agua. Estos medios encierran la alúmina y carbón activados recubiertos con óxido de hierro y otros medios comerciales derivados. Estas tecnologías son consistentemente competentes de remover arsénico del agua por debajo de los niveles requeridos por los estándares nacionales e internacionales.

Confrontado con la precipitación, es más posible que la garantía de la adsorción se vea afectada por las características y contaminantes en el agua a alternar, sin embargo los costos de operación y mantenimiento dilatan a ser menores y solicitan menor capacidad técnica para manipular, tal como observado en sistemas pequeña sucesión

que usan esta tecnología. Por ello, la adsorción y el intercambio iónico suelen ser usados en sistemas de tratamiento comparativamente chicos cuando el arsénico es el único contaminante a tratar.

Tabla 8

Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Comparativamente conocida y comercialmente útil (uso de sorbentes convencionales).	- Tolerancia limitada a las transiciones de pH.
- Alta efectividad.	- Puede verse afectado por la presencia de solidos suspendidos.
- Se puede obtener un efluente de alta pureza.	- Origina materiales de residuo tóxicos.
	- Operación y sustento altamente calificados.
	- Costo comparativamente alto.

Fuente: Adaptado de Volesky, 2001; Ahmed, 2001; Kanamadi et al, 2006; Petrusevski, 2007; Wang y Chen, 2009.

Adsorción y Absorción

- Cuando una sustancia se aglutina a una superficie se nombra adsorción, es este caso, la sustancia se incrusta a la superficie interna del carbón activo.
- Cuando la sustancia es absorbida en un medio diferente se le nombra absorción.
- Cuando un gas es atraído dentro de una solución se llama adsorción.

La Bioadsorción como proceso varío para remediación de metales pesados en agua

El vocablo ‘bio adsorción’ alcanza un transcurso pasivo de conquista de variedades, agregados o partículas metálicas o metaloides de una solución acuosa por material adsorbente de material biológico, determinados biomasa. En este proceso las especies metálicas son retenidas por ‘sitios’ químicos (‘grupos de captura’) consecuentemente presentes y eficaces inclusive cuando las biomásas están muertas.

Grandiosos valores de metales logran ser almacenados por una diversidad de metodologías, anexo o libremente del metabolismo. La proporción de biomasa viva

como muerta, así como productos celulares como polisacáridos, logran ser utilizados para la remediación de metales en medio acuoso.

Según Nilanjana Das, en aprovechamiento con los métodos convenidos de remediación de metales, la bio adsorción presenta las sucesivas mejorías relativas:

- Bajo costo, debido a que a menudo los bio adsorbentes usados están compuestos de materiales naturales (como en el caso de las algas marinas) o residuos de instrucciones industriales (como residuos de fermentación o agroindustriales) que se encuentran disponibles en grandes cantidades.
- Gran beneficio y posesiones selectivas: el beneficio de la adsorción metálica de las disparejas características de biomasa logra ser selectiva en mayor o menor prudencia a diferentes metales. Dependiendo de muchos componentes como el espécimen de biomasa, los métodos de elaboración (incluyendo pre-tratamiento físico-químico), la mezcla de la solución, entre otros.
- Regenerativos: unos bio adsorbentes logran ser nuevamente usados después que el metal es reconsiderado.
- Se forman una minúscula cuantía de fangos: se comprimen las dificultades secundarias, vinculados con la descendencia de fangos, que ocurren con otras metodologías como la precipitación química.

Sin embargo, estos mismos métodos de bio adsorción asimismo muestran indiscutibles decadencias como:

- Alígera hartura, puesto que pende de los lugares o conjuntos de presa mediante los cuales se origina la interacción con los metales.
- El potencial para optimizar los métodos orgánicos es restringido ya que las células de biomasa ya no pueden metabolizar (en el caso del uso de biomasa muerta).
- Es imposible perturbar la valencia del metal a través de métodos biológicos (en el caso del uso de biomasa muerta).

Tabla 9*Tipos de biomosas naturales usadas para la preparación de biosorbentes*

Categoría de biomasa	Ejemplos
Bacterias	Bacterias gram-positivas, gram-negativas y cianobacterias.
Hongos	Mohos, setas y levaduras.
Algas	Micro algas, algas marrones, algas marinas rojas, etc.
Despojos industriales	Despojos de fermentación, residuos de la industria de alimentos y bebidas, lodos activados, lodos anaeróbicos.
Despojos agroindustriales	Despojos de frutas y vegetales, cascarilla de arroz, salvado de trigo, vaina de soya, etc.
Despojos naturales	Despojos de plantas y vegetales, aserrín, cortezas de árboles, hierbas y maleza, etc.
Otros	Materiales con altos contenidos de quitina y celulosa.

Fuente: Acomodado de Park Yun y Park, 2010.

Parámetros que influyen en el proceso de bio adsorción

Para obtener mayores consecuencias en la remediación de metales pesados convenimos poseer presente los primordiales elementos que intervienen en el desarrollo de la bioadsorción, entre ellos tenemos:

Efecto del Ph de la disolución: “El pH es el elemento de mayor importancia en el desarrollo de la biosorción, instituye la especiación del metal, grado de protonación y desprotonación de los grupos eficaces que perturbara el transcurso de adsorción” (Sánchez, 2016). “La bioadsorción está enérgicamente afectado por el pH debido a que los iones de hidrogeno constituyen un adsorbato competidor tanto en la adsorción de cationes (pH mayor a 4,5), como en la adsorción de aniones (pH entre 1,5 y 4)” (Tejada, 2015).

Según los estudios de (Schiewer, 1996) existen tres maneras en las que el pH intercede en el transcurso de la bioadsorción; “en primer lugar el valor de pH puede variar el estado químico de los sitios activos de esta forma grupos ácidos expiden protones en medios básicos y atraen protones en medios ácidos” (Sánchez, 2016), bienes extremos de pH podría causar daños en la estructura del bioadsorbente y por último la especiación del metal pende del pH (Sánchez, 2016).

“El principal inconveniente en la conmutación del pH se origina a que los grupos utilizables del bioadsorbente (hidroxilo, carboxilo, sulfhidrilo), con un pH despreciable el plano del bioadsorbente se carga positivamente y resiste cationes metálicos en tanto que valores altos de pH llegan a generar la precipitación del metal en la disolución” (Carro, 2012).

Efecto de la temperatura en la disolución: La temperatura es considerada una medida de menor importancia y no origina un gran impacto durante el proceso de bioremediación; “sin desmerecerlo, se han justificado en unos estudios que la temperatura tiene relación en cuanto a la velocidad y el grado de bioadsorción” (Tejada, 2015).

“El estudio del mismo se realizó a través de isotermas de adsorción que llegan a ser pilotos que apoyan a lograr las estables de equilibrio adsorbente/adsorbato” (Carro, 2012). Van Ness & Abbott (1997) plantearon una ecuación en la cual se explica la dependencia de la constante de moderación supuesta de adsorción (K_c) con la destemplanza.

Tamaño de la partícula: En la bioadsorción el tamaño y proporción de la partícula desarrolla un papel importante originado a que induce no sólo en la propiedad de adsorber sino que interviene también en la velocidad del resultado o cinética de adsorción. “La presencia de un gran número de centros activos que se pueden emplear para la reacción y la simplicidad con la que el material de absorción puede adherirse a ellos, con un mínimo de limitaciones a la propagación en el interior de poros, es causa de su aumento de capacidad de retención con la baja del tamaño de la partícula” (Buitrón, 2015).

Tiempo de contacto: “El tiempo en contacto o tiempo de equilibrio se refiere al instante en el que se satura el material de bioadsorción y por más que se conserve en unión el metal con el material sorbente, este no variará la cantidad de metal extraído” (Lee, 2004).

El tiempo que se encuentra en contacto es totalmente importante para desarrollar posteriormente estudios y poder reparar el proceso, este pende de la misma manera en la aglomeración del metal pesado o la dosis de remediación. Por lo general este

procesos puede solicitar pocas horas, inclusive minutos dependiendo de las peculiaridades de la infusión y concentración del metal (Carro, 2012).

Tipo y concentración inicial del metal: “Los parámetros físicos y químicos de los metales estipulan su conducta en disolvente lo que conlleva a una interacción distinta con la superficie del sólido. Como resultado, la característica de retención de los sólidos pende también del tipo de metal, Allen y Brown (1995) concernieron la oposición de semejanza de algunos bioadsorbentes por la electronegatividad del metal.” (Izquierdo, 2010).

“Aparte del espécimen de metal, es significativo saber cuál es el aumento máximo de iones metálicos que logra adsorber el bioadsorbente a manejar, esta capacidad estará sujeta a los contextos a realizarse en su ejecución, así como la temperatura a la que se llevará a cabo la disolución para poder contemplar los resultados esperados y así poder obtener nueva información referente al tratamiento de metales pesados” (Ordóñez, 2014).

Procedimiento de los ensayos a aplicarse

Ensayo de ATD: El ensayo se refiere a someter la muestra de algún material inerte en cuanto al ámbito físico, químico y térmico; a ciertas temperaturas durante un periodo de tiempos (temperaturas constantes) o temperaturas alcanzadas en cierto momento. Esta toma de medidas se realiza mediante un control de temperaturas para poder observar el comportamiento del material y saber si dan reacciones endotérmicas o exotérmicas de parte de la muestra, a través de este cambio constante de temperaturas podremos saber si el material de estudio sufre un aumento o disminución de sus propiedades y características originadas a su reacción a la temperatura que se le someta.

Fluorescencia de Rayos X: (Andía Cárdenas, 2000): La ceniza en polvo (0,5000 g) se funde con 6,0000 g tetraborato de litio (Spectromelt A1000), para demoler su composición de partículas y mineralógica, a 1200°C durante 11 minutos en una máquina de fusión (PERL X3 - Philipps).

El fundido resultante se somete a una colada en forma de perla de vidrio que consecutivamente se introduce en el espectrómetro de FRX (SRS 3000 Bruker). En la

perla se calculan las intensidades de fluorescencia de los rayos x de los elementos solicitados y se analiza la composición química de las cenizas en relación a unas gráficas o ecuaciones de calibrado determinadas preliminarmente y aplicando correcciones para los efectos inter elementales. Las ecuaciones de calibrado y las correcciones inter elementales se instauran a partir de perlas elaboradas con materiales de referencia certificados.

Ensayo de cantidad de arsénico en el agua: El analizador portátil de metales pesados metalyser hm 1000 es el equipo principalmente planteado para exámenes en campo de manera sencilla, rápida y efectiva de metales pesados en niveles bajos de: Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio y Plomo; Suministra deducciones en parte de billón (ppb). Pueden ser manejados en laboratorio o en campo con resultados rápidos, menos de 10 minutos, además de poseer electrodos reemplazables.

- Aplicaciones

- ✓ Analizar la calidad de agua.

- ✓ Monitorear el medio ambiente y la contaminación presente en este.

- ✓ Efluentes industriales de agua tratada.

Biofiltro

Según Rodríguez, T. (2002) el Biofiltro es un reactor que tiene el proceso de filtración y biodegradación de agentes contaminantes que tienen las aguas en una sola etapa de tratamiento, es una opción económica y de mayor validez para el tratamiento de aguas superficiales y es más eficaz que otras alternativas técnicas.

Clasificación de los filtros:

Los filtros biológicos se archivan por las cargas orgánicas o hidráulicas aplicadas.

Las categorías en las que se parten son dinámico, grueso y lento. A menudo se utilizan sistemas de filtros de dos etapas en los que se conectan en serie dos filtros.

Filtro dinámico: Consiste en meter el agua por piedras de desiguales tamaños, las cuales efectúan con la tarea de barrer con las materias gruesas que trae el agua.

Estos tanques o filtros dinámicos son los que sujetan un manto estrecho de fina grava (6 a 13 mm) en la superficie, encima de una cama gruesa de grava (13 – 25 mm) y un sistema de drenaje en el fondo.

Este mecanismo es manejado con el fin de dominar las cimas de turbidez y proteger de dicha forma el lugar de mejoramiento ante los sólidos con altas cargas transportados por su origen en horas reducidas.

Filtro grueso: Para la desinfección del agua es la filtración gruesa y consiste en ubicar el agua a través de piedras de desiguales tamaños, las cuales se inmovilizan todavía más partículas.

Los filtros gruesos de grava pueden ser de flujo horizontal o vertical. Consiste en un compartimiento especial donde se ubica un lecho filtrante de grava. El tamaño de las gravas disminuye en el sentido del flujo.

Conforme va funcionando el filtro, los espacios vacíos se van colmatando con las partículas retenidas del agua, por lo cual se requiere una limpieza semanal controlada mediante las válvulas de apertura a la salida de la unidad.

Filtro lento: El agua se introduce en un cajón que contiene esta arena y es sometido por una piedra fina dentro de la cual unos tubos recogen el líquido.

El tratamiento de agua es una unidad de permeabilidad lenta en arena, siendo resultado de un acumulado de aparatos de origen físico y biológico, que interactúan de forma complicada para optimizar la eficacia del agua a nivel microbiológico.

Radica en una cama de fina arena dentro de un pozo, instalado encima de un manto de grava que forma el sustentáculo de dicha arena que, a su vez, se halla encima de un régimen de conducciones caladas recogiendo agua depurada. La salida en bajada con una prontitud de permeabilidad en descenso que logra ser vigilada y preferible el acceso al pozo.

PROPIEDADES DE LA CÁSCARA DE NARANJA

La naranja específicamente conocida como *Citrus Sinensis*, es una de las más exquisitas frutas subtropicales del mundo. El fruto es globoso y achatado, con una anchura de 6,5 a 9,5 cm. El epicarpio exterior es de color naranja cuando está maduro, mientras que el mesocarpio interno es blanco y esponjoso y no aromático.

Tradicionalmente, las cáscaras de naranja eran procesadas para obtener las fracciones volátiles y no volátiles de los aceites esenciales y aromas en las bebidas gaseosas, helados, pasteles, ambientadores, perfumes y los productos cosméticos. Hoy en día, se han reportado diversas aplicaciones en el ámbito farmacéutico, gracias a sus propiedades antioxidantes germicida. Sin embargo, la aplicación de estos componentes es limitada debido a que la demanda global de estos productos con valor agregado es relativamente insignificante. Como se puede observar en la Tabla 1, la cáscara de naranja está compuesta básicamente de hemicelulosa, celulosa azúcares esenciales y pectina. (Garces & Coava, 2012, pg. 31)

Tabla N°10: Componentes biológicos de la cascara de naranja

Componente	Contenido porcentual
Azúcares solubles	16.9%
Celulosa	9.21%
Hemicelulosa	10.5%
Pectina	42.5%

Fuente: Garces & Coava, 2012, pg. 31

TABLA 11. Composición química de la cascara de naranja.

COMPONENTES	UNIDADES
QUÍMICOS	
Energía(kcal)	42
Proteína(0.8g)	0.8
Hidratos de carbono(g)	8.6
Fibra(g)	2
Calcio(mg)	36
Hierro(mg)	0.3
Yodo(ug)	2
Magnesio(mg)	12
Zinc(mg)	0.18
Sodio(mg)	3
Potasio(mg)	200
Fósforo(mg)	28
Selenio(ug)	1
Tiamina(mg)	0.1
Riboflavina(mg)	0.03
Eq de niacina(mg)	0.3
Vitamina B₆	0.06
Vitamina A(ug)	40
Folato(ug)	37
Vitamina C(mg)	50

Fuente: Garces & Coava, 2012, pg. 31

Celulosa: La celulosa es un polímero con cadenas largas sin ramificaciones de β -D-Glucosa y se distingue del almidón por tener grupos $-\text{CH}_2\text{OH}$ alternando por arriba y por debajo del plano de la molécula. La ausencia de cadenas laterales permite a las moléculas de celulosa acercarse unas a otras para formar estructuras rígidas. (Garces & Coava, 2012, pg. 31)

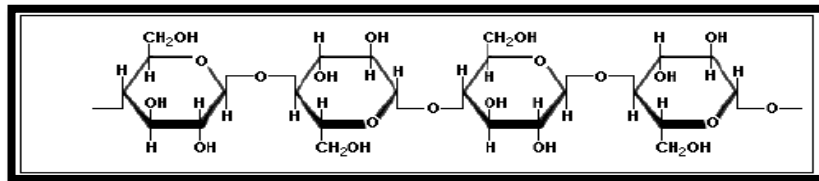


Figura 1: Composición química de la Celulosa

Fuente: Garces & Coava, 2012, pg. 31

Hemicelulosa: Las hemicelulosas son polisacáridos que, excluyendo la celulosa, constituyen las paredes celulares de las plantas y se pueden extraer con soluciones alcalinas diluidas. Las hemicelulosas forman aproximadamente una tercera parte de los carbohidratos en las partes matorosas de las plantas. La estructura química de las hemicelulosas consiste de cadenas largas con una gran variedad de pentosas, hexosas, y sus correspondientes ácidos uránicos. (Garces & Coava, 2012, pg. 32)

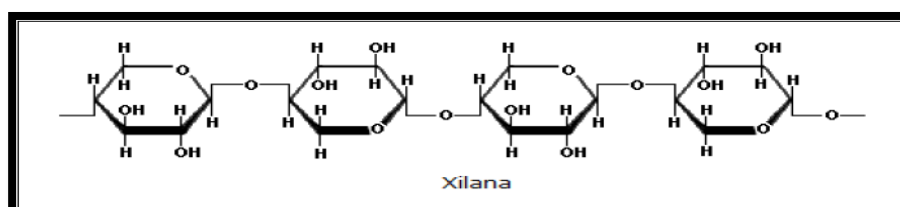


Figura 2: Composición química de la Hemicelulosa

Fuente: Garces & Coava, 2012, pg. 32

Pectina: Las pectinas son una mezcla de polímeros ácidos y neutros muy ramificados. Constituyen el 30 % del peso seco de la pared celular primaria de células vegetales. Determinan la porosidad de la pared.

También proporcionan superficies cargadas que regulan el pH y el balance iónico. (Garces & Coava, 2012, pg. 33)

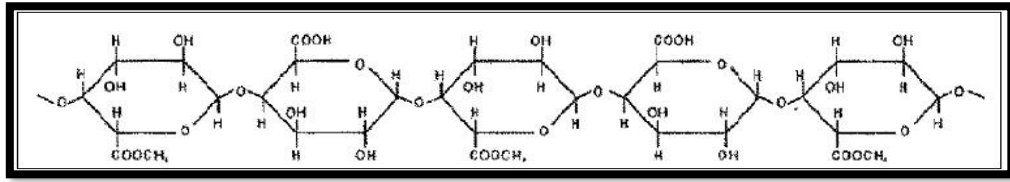


Figura 3: Composición química de la Pectina

Fuente: Garces & Coava, 2012, pg. 33

LA CÀSCARA DE NARANJA COMO SORBENTE

Actualmente hay expectativa en la utilización de desechos o residuos generados por el comercio, en especial existe en nuestro país un notorio comercio de jugo de naranja, las cuales obviamente generan desechos y que generalmente no generan ninguna utilidad; entre los desechos podemos encontrar lo que comúnmente se denomina cáscara de naranja que está conformada por dos partes claramente visibles, el flavedo (parte externa de color amarillo) y el albedo (parte interna esponjosa de color blanco), este último es de interés dentro de los estudios de sorción puesto que contiene pectina en su estructura y que junto con las manzanas y uvas se consideran como potenciales materiales sorbentes, pero además se considera que el fruto cítrico es la más promisoría entre las otras.

Al realizar un análisis de la producción en nuestro país de estos frutos (naranja, uva, manzana) se observa que la producción de naranja supera a la producción de uva y manzana tal y como se muestra en la Figura 2; además, hay que indicar lo accesibilidad de obtener los desechos de dichas frutas, obteniendo la naranja una mayor ventaja en este punto. (Soto, 2009, pg.16).

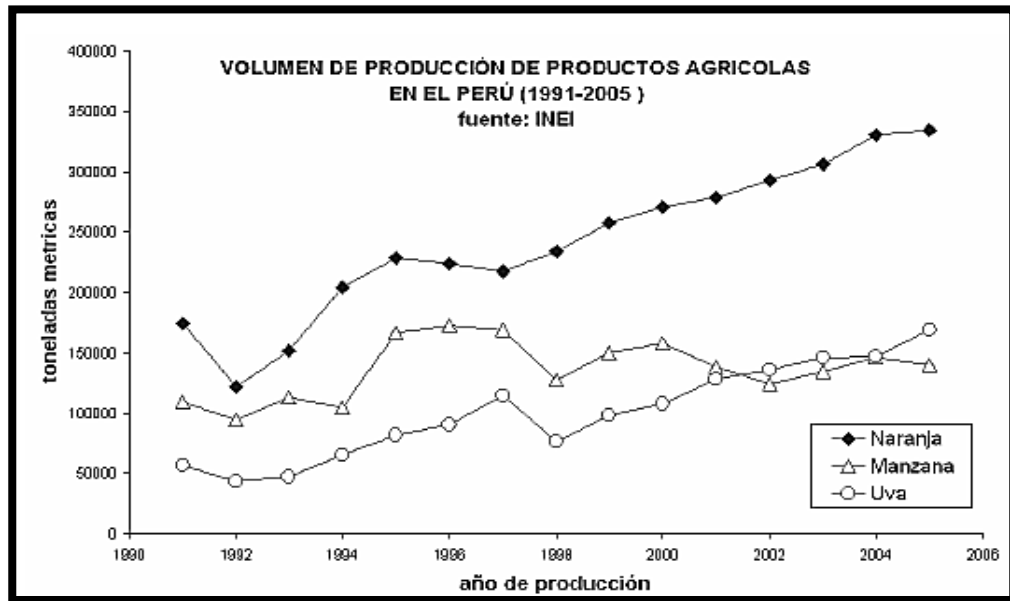


Figura 4: Volumen de producción de Productos Agrícola en el Perú

Fuente: Soto, 2009, pg.

PRODUCTIVIDAD NACIONAL

La producción nacional de naranja fue de 441.125 toneladas el año 2013 cantidad de 2,89% superior a la producción del año 2012.

Tal como se puede apreciar en el grafico la producción ha venido creciendo aunque no de una manera ininterrumpida debido a que los años 2007 y 2009 tuvo ligeras caídas en el nivel de producción 2.71% y 0.63% respectivamente

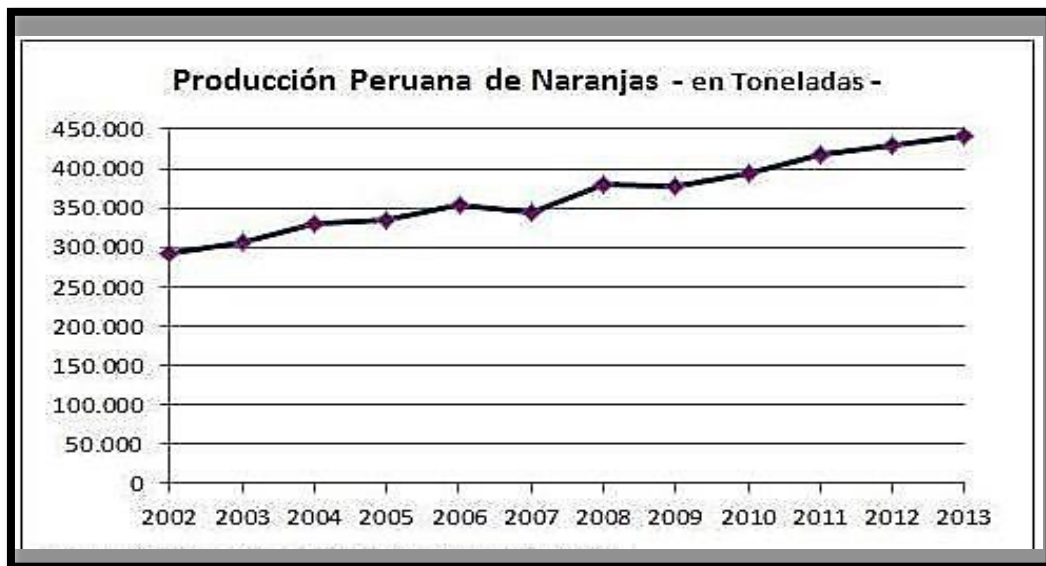


Figura 5: Producción Peruana de Naranjas
Fuente: Adaptado por Soto, 2009; Minag

En la región Junín ha sido tradicionalmente la principal productora de naranjas en el Perú y como se puede ver en el gráfico el año 2013 concentró el 55,6% de la producción, con una producción de 245.099 toneladas, 5,45% superior a lo producido el año 2012.

En la región de Lima la producción fue de 45.118 toneladas, con lo cual se aumentó la producción de la región en 3,99% llegando a representar el año 2013 el 10,2% de la producción nacional.

La tercera región de importancia a la producción, la región San Martín el año 2013 tuvo una caída de su producción del 1,84% en la región la producción aumentó un 9,32% y en Cuzco la producción cayó 11,63% en Puno la producción tuvo un ligero aumento del 0,40%. (Minag, 2014, pg. 5)



Figura 6: Participación en la producción de Naranjas por Regiones
Fuente: MINAG – Series Históricas de Producción Agrícola

Río Santa

Ubicación: Región Hidrográfica del Pacífico - IV Autoridad Administrativa del Agua Casma-Huarmey, Situada en la parte noreste del territorio nacional, íntegramente ubicado en la región natural de la Sierra (parte alta de la cuenca del Río Santa). Con una superficie de 6,535.23 Km (17.61% de AAA)

Límites:

Norte: ALA - Santa Lacramarca – Nepeña (AAA Huarmey – Chicama) y la ALA Pomabamba (AAA Marañón).

Este: ALA Pomabamba y Huari ambas pertenecientes a la (AAA Marañón).

Sur: ALA Barranca (AAA Cañete – Fortaleza).

Oeste: ALA Casma – Huarmey y Santa – Lacramarca – Nepeña ambas pertenecena la AAA Huarmey – Chicama.

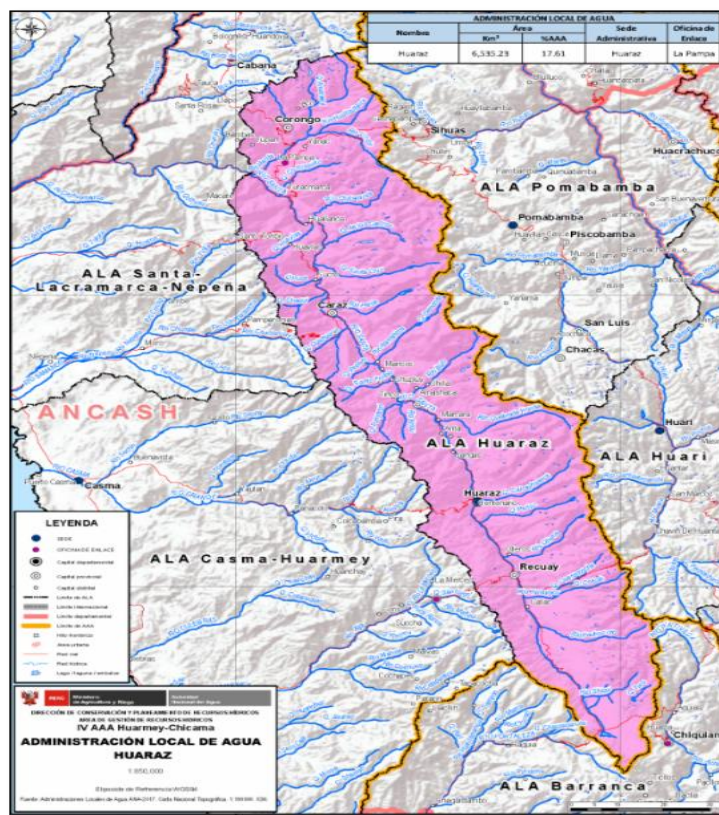


Figura 7. Cuenca monitoreada Río Santa – ALA Huaraz.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2016.

Arsénico en el río Santa – ala Huaraz

Monitoreo realizado por ANA al río Santa, punto RSant2.

Tabla 12

Monitoreo del punto de monitoreo, RSant2

Nº	Punto de monitoreo	Descripción	Localidad/Distrito Provincia/Departamento	Coord. TM WGS 84			Altura (m.s.n.m.)	Observación
				Zona	Este	Norte		
Ámbito ALA – Huaraz								
1	LCono1	Vaciante del río Santa a 100m aguas abajo Laguna Conococha	Conococha/ Catac Recuay/ Ancash	18L	250027	8880899	4025	Anteriormente se le asignó el código LCono
2	RYana1	Río Yanayacu, 150m antes de tributar al Río Santa	Conococha/Catac Recuay/Ancash	18L	232744	8918418	3433	Anteriormente se le asignó el código RYana
3	RSant1	Río Santa, 100m aguas arriba de los pasivos mineros de Ticapampa, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay,	Ticapampa/Ticapampa Recuay/Ancash	18L	232085	8920443	3470	

		departamento de Ancash						
4	RSant2	Río santa, 100m aguas debajo de los pasivos mineros de Ticapampa, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash	Ticapampa/Olleros Recuay/ Ancash	18L	231756	8921564	3448	
5	RNegr1	Río Negro, 100m arriba del puente Olleros (margen izquierdo), distrito de Olleros, provincia de Huaraz, Departamento de Ancash	Bedoya/Independencia/Huaraz/Ancash	18L	228037	8920847	3320	Anteriormente se le asignó el código RNegr
6	RPar1	Río Paria, antes de la captación de agua para consumo humano de Huaraz e Independencia	Yarush/Huaraz/Huaraz/Ancash	18L	226287	8946755	3273	Anteriormente se le asignó el código RPar1
7	RAuqu1	Río Auqui, antes de la captación de agua para consumo humano de Huaraz	Auqui/Huaraz/Huaraz/Ancash	18L	227835	8946532	3307	Anteriormente se le asignó el código RAuqu
8	RQuil1	Río Quilcay, 150m antes de tributar al río Santa	PTAR Huinac/Huaraz/Huaraz/Ancash	18L	221603	8946115	3028	Anteriormente se le asignó el código RQuil
9	RSant5	Río santa, 25m aguas arriba del puente San Gerónimo ó puente Calicanto (margen izquierdo)	Puente Calicanto-Los Olivos/Huaraz/Huaraz/Ancash	18L	221601	8945820	3039	
10	RSant5	Río santa, 70m aguas abajo del puente Silvia Marac (margen derecha) – zona Monterrey	Puente Silvia Marac/Independencia/Huaraz/Ancash	18L	221342	8950825	2951	
11	RChuc1	Río Chuc Chuc, antes de la captación de agua para consumo humano de Carhuaz	Pampa/Carhuaz/Shonquil/Carhuaz/Ancash	18L	216374	8977963	3573	Anteriormente se le asigno el código RChuc

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2016.

Tabla 13

Resultados del monitoreo de la cuenca del Río Santa, RSant2

		RSant1		Oxígeno disuelto, Escheríchia coli, y arsénico (3 parámetros)
		RSant2		Oxígeno disuelto, Escheríchia coli, aluminio, arsénico y hierro (5 parámetros)
		RSant5		Oxígeno disuelto, aluminio, arsénico y hierro (4 parámetros)
		RSant6		Oxígeno disuelto, aluminio, fósforo total y hierro (4 parámetros)
		RSant7		Oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, Escheríchia coli, aluminio, arsénico y hierro (6 parámetros)
29	Río Santa	RSant8	1-A2	Aluminio y hierro (2 parámetros)
		RSant9		Oxígeno disuelto, Escheríchia coli, demanda química de oxígeno, aluminio y hierro (5 parámetros)
		RSant10		Oxígeno disuelto, Escheríchia coli, aluminio, arsénico y hierro (5 parámetros)
		RSant11		Escheríchia coli, aluminio, arsénico y hierro (4 parámetros)
		RSant12		Oxígeno disuelto, Escheríchia coli, demanda química de oxígeno, aluminio, arsénico y hierro (6 parámetros)

RSant13	Oxígeno disuelto, Escheríchia coli, aluminio, arsénico, fósforo total y hierro (6 parámetros)
RSant14	Aluminio y hierro (2 parámetros)
RSant15	Aluminio y hierro (2 parámetros)

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2016.

Monitoreo realizado por investigador al río Santa, punto RSant2.

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	RIO SANTA RECUAY TICAPAMPA
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	17,42
Arsenico (As)	0,005	3,893
Boro (B)	0,003	1,520
Bario (Ba)	0,003	0,138
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	107,80
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0247
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0120
Cromo (Cr)	0,0003	0,0073
Cobre (Cu)	0,002	0,124
Hierro (Fe)	0,002	46,590
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	10,2
Litio (Li)	0,003	0,478
Magnesio (Mg)	0,02	12,47
Manganeso (Mn)	0,0003	5,3658

Figura 8. Resultados del monitoreo del punto RSant2.

Fuente: Investigador Pinedo, B., (2020)

Monitoreo realizado por el ANA al río Santa, punto RSant2.

Tabla 14

Resultados del monitoreo de la cuenca del Río Santa, RSant2

Nº ALS LS		265865/2019-1.0			265866/2019-1.0		
Fecha de Muestreo		16/05/2019			16/05/2019		
Hora de Muestreo		15:00:00			15:30:00		
Tipo de Muestra				Aguas Superficiales RSant2			Aguas Superficiales RSant17
Identificación				Resultado			Resultado
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD	LQ	Resultado	Resultado	
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS							
Aceites y Grasas	12261	mg/L	1,0	5,0	< 1,0	< 1,0	
Cianuro Wad	11597	mg/L	0,001	0,004	< 0,001	< 0,001	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	mg/L	2	5	< 2	3	
Demanda Química de Oxígeno	12336	mg O2/L	2	5	< 2	14	
Fenoles	11593	mg/L	0,001	0,01	< 0,001	< 0,001	
005 ENSAYOS POR CROMATOGRAFIA - Aniones por Cromatografía Iónica							
Cloruros, Cl-	8100	mg/L	0,061	0,200	6,160	19,50	
Nitratos, NO3-	8100	mg NO3-/L	0,009	0,023	0,110	1,230	
Nitratos, (como N)	8100	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,025	0,278	
Nitritos, NO2-	8100	mg NO2-/L	0,015	0,038	< 0,015	< 0,015	
Nitritos, (como N)	8100	mg NO2-N/L	0,004	0,010	< 0,004	< 0,004	
Sulfatos, SO4-2	8100	mg/L	0,050	0,200	22,83	66,92	
Nitratos, (como N) + Nitritos, (como N)*	7427	mg/L	0,006	0,015	0,025	0,278	
007 ENSAYOS DE METALES – Metales Totales por ICP-MS							
Plata (Ag)	11420	mg/L	0,000003	0,000010	< 0,000003	< 0,000003	
Aluminio (Al)	11420	mg/L	0,002	0,004	0,467	0,440	
Arsénico (As)	11420	mg/L	0,00003	0,00010	0,04917	0,04351	
Boro (B)	11420	mg/L	0,002	0,004	0,164	0,409	
Bario (Ba)	11420	mg/L	0,0001	0,0002	0,0165	0,0169	
Berilio (Be)	11420	mg/L	0,00002	0,00010	< 0,00002	< 0,00002	
Bismuto (Bi)	11420	mg/L	0,00002	0,00010	< 0,00002	< 0,00002	
Calcio (Ca)	11420	mg/L	0,10	0,15	17,31	26,11	

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2019.

Justificación de la investigación

Esta investigación tiene por conclusión remover arsénico empleando polvo de cáscara de naranja mediante un biofiltro, debido a que gran parte del Río Santa tiene contaminantes altamente infecciosos para la vida humana, flora y fauna. Se realizó el uso de un prototipo de biofiltro, para así realizar la adsorción de arsénico en el agua.

El presente proyecto investiga la parte hidráulica ambiental y económica, dado que es un proyecto innovador que beneficiará a los centros poblados que se colindan con las aguas del Río Santa, en especial al punto RSant2 ubicado en Recuay - Ticapampa, el cual dará beneficio a este pueblo y anexos, donde el principal material es la cáscara de naranja que se desperdicia, y en esta investigación se reutilizará para poder remover arsénico en aguas contaminadas ya que en el Perú tenemos una gran abundancia de

cultivos de naranja, que no tiene un uso en específico por lo que la cáscara de naranja es un biomaterial económico debido a su abundancia, no genera contaminación y sobre todo es un recurso natural renovable.

Más allá de las recomendaciones para que los humanos no se expongan al contacto con metales pesados y tóxicos; estos continúan contribuyendo un riesgo en la salud pública sobre todo en países que se encuentran en desarrollo como lo es Perú.

El polvo de cáscara de naranja es un material que logra ser utilizado para la remoción de metales pesados por medio de adsorción, en este transcurso actúa en tiempos cortos de contactos que forman efluentes de calidad, con la eventualidad de trabajar en un extenso rango de condiciones.

El uso del polvo de cáscara de naranja puede ser llevadero ya que el Perú es uno de los países que mas cosechan esta fruta, desde el año 2000 y 2007 se alcanzó una producción en crecida del 34.61%, el año 2008 tuvo una producción nacional mayor a 379,969 Toneladas. (MINAGRI, 2008).

La calidad de este trabajo es que el adsorbente logra comprimir la cantidad de arsénico en el agua para frenar enfermedades cancerígenas causadas por este metal pesado y evitar la rotura del ecosistema de los ríos contaminados por estos metales.

Problema

La contaminación por arsénico cada vez es más alarmante ya que mayormente sucede en la minería por la práctica inapropiada de los desechos ricos en minerales sulfúricos como en los ríos, lagos, etc.

Al averiguar en el Río Santa, uno de los ríos que arrastra grandes cantidades de agua, como se logrará reducir la contaminación ya que existen poblaciones que se suministran con el agua del Río Santa que estarán expuestas a absorber cierta cantidad de arsénico por día.

La colaboración de la autoridad nacional del agua (ANA) llevo a cabo el monitoreo interactivo de la calidad del agua en el Río Santa con el propósito de evaluar su estado actual. Se registró que el agua del Río Santa en el punto RSant2 está contaminada por

metales los cuales se aumentan debido a la presencia de pasivos mineros que cambian las características de este río.

Por eso se elige por nuevos materiales alternos para la remoción de arsénico en el agua que abastece a una parte de la zona costera de Ancash a través del polvo de cáscara de naranja, de tal manera que se aproveche materiales residuales y a la vez ayude con el desarrollo sostenible en la investigación de diferentes métodos naturales.

El beneficio de realizar esta investigación es obtener soluciones de remoción de arsénico que sea económico y realizable, por la falta de tratamiento de agua, ya que los pobladores de esa zona consumen directamente el agua tanto para el consumo como para sus cultivos por lo que no existen investigaciones en este rubro.

A NIVEL INTERNACIONAL

En Argentina se ha investigado que en ciertas regiones, las población engulle cantidad de arsénico que sobrepasa más de 30 veces los valores máximos estimados “seguros”.

Los niños son especialmente sensibles a su efecto toxico y carcinogénico: se encontraron significativos efectos en la falta de memoria a largo plazo y la abstracción lingüística. Asimismo, es conocido que causa cáncer en la piel, la vejiga y el riñón.

La contaminación natural de las aguas con As es lo bastante alta como para causar intranquilidad en varios países como la Argentina, Chile, Bangladesh, China, India, México, Tailandia y los Estados Unidos, entre otros.

La mayor parte de las aguas contaminadas con As proceden de acuíferos subterráneos (napas). Estos cuerpos de agua están en contacto con rocas que muestran contenidos de sales inorgánicas de As en concentración inestable.

El agua de consumo en varias regiones del país contiene As en concentraciones superiores a las favorecidas por la OMS de 10 µg/L y las aceptadas por el código alimentario argentino es de 50 µg/L.

A pesar de los casi 100 años acontecidos desde el develamiento en el país de la exposición ambiental al As, y los efectos sobre la salud que provoca, nombrado

Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACER), no se conoce la gravedad del problema en todo el territorio argentino como muestra la siguiente figura.



Figura 9. Naciones donde sus aguas han registrado presencia de arsénico.
Fuente: Worldwide extend of arsenic problema en Arsenic in Drinking Water (Petruševski et al, 2007)

A NIVEL NACIONAL

A nivel nacional se ha tomado el valor guía de OMS para el arsénico en el agua de empleo humano es de 10ug/litro. Recalca que el arsénico en forma de arsenito puede ser absorbido con facilidad. Se elimina en la orina luego de ser metilado. Los niños son más sensibles que los adultos.

Refiere que en el sur del país la presencia de arsénico es de principio natural en Caplina, Locumba, Maure, Sama, Tambo y Quilca – Chili- Vitor. El arsénico está coligado a vulcanismo terciario y cuaternario en la cordillera de los Andes. Esta información nos describe que hay un 55% de informalidad de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua de uso poblacional.

Se están manejando 4 métodos para minimizar la exhibición al arsénico en el agua de bebida que contiene sustituir las fuentes de suministro con elevados niveles de arsénico por ejemplo aguas subterráneas, por fuentes de suministro con bajos niveles de arsénico y microbiológicamente seguras como por ejemplo aguas superficiales apropiadamente tratadas. Como permite eliminar el arsénico recalcan la oxidación la coagulación- precipitación, la absorción, el intercambio de iones y diversas técnicas de membranas.

En la parte alta y media de la cuenca Moche se ubican los puntos de monitoreo RMoch(1,2,3,10,5,11,12,13 y 14), exceden los ECA – Agua categoría 3 en los parámetros de arsénico, cobre, hierro, zinc y en la parte baja se presentaron en los puntos de monitoreo RMoch 6 y 7 que superaron los ECA – Categoría 3 en los parámetros de hierro, cobre y zinc. (ANA 2016)

El porqué del interés por conseguir recursos de remoción de arsénico económicas, es por la falta de tratamiento de agua en el C.P. Shorey – Distrito de Quiruvilca, estos pobladores consumen el agua directamente y no saben el riesgo de consumir dicha agua, de igual manera, no existen investigaciones en este rubro en dicha zona, por ello se quiere estimular a seguir con nuevos hallazgos y soluciones para mejorar la calidad de agua.

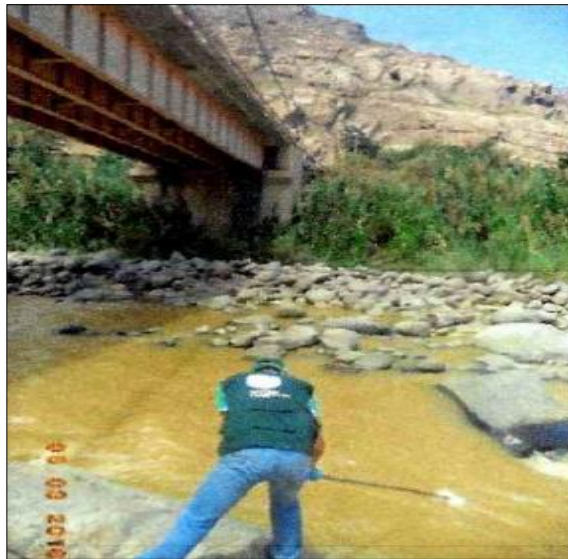


Figura 10. Monitoreo de las aguas del Río Moche – Rmoch12.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016)

A NIVEL LOCAL

El ANA, en su monitoreo realizado a la cuenca del Santa en 2015 reporto que de todas las fuentes corrompidas del rio Santa, 47 conciernen a la división de purificación, 8 provienen de acciones de la minería, 4 son muladares de pasivos consistentes y 14 con estimados residuos de las minerías. Cabe resaltar que de todas esas fuentes de contaminación solo algunas tratan sus aguas antes de vértelas en rio. (ANA, 2015, pg.5)

Los afluentes del rio Santa, están siendo gravemente contaminados por prácticas mineras improcedentes, pasivos ambientales mineros, así como por efluentes urbanos no procesados y despojos sólidos que llegan a alterar la calidad de las aguas de la cuenca. Se han proporcionado concentraciones importantes de metales pesados como fierro, cadmio, arsénico entre otros en varios puntos del rio Santa. (Villanueva, 2011)

En el año 2016 se ejecutó un monitoreo en los puntos de la cuenca del Río Santa a cargo del ANA, en la cual se verificó la presencia de metales pesados en las agua, siendo esto producto del contacto de las aguas del Río Santa con los residuos formados por las minas.

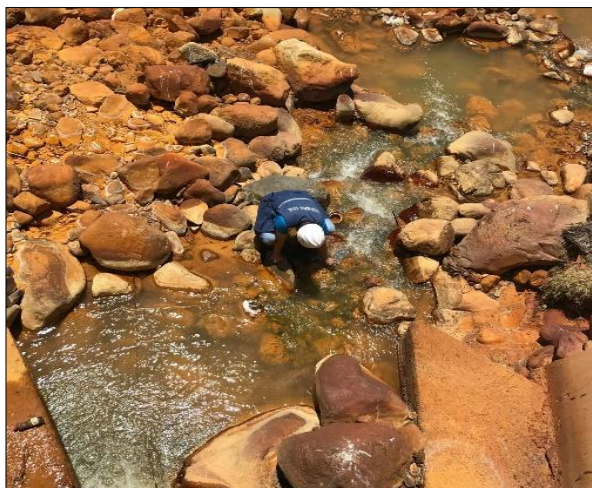


Figura 11. Monitoreo de las aguas del Río Santa – Rsant2.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016)

Conceptuación y Operacionalización de las Variables

Tabla 15

Variable dependiente: Remoción de arsénico

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Remoción de arsénico	La remoción de arsénico se puede definir como la acción de excluir este químico del agua para lograr ser apta para el consumo humano, como también para los animales. Según Jesús T(2013)	Es la eliminación de arsénico que se logra a través de una combinación adecuada de agua contaminada con arsénico y el uso de 10 y 20 g/L de polvo de càscara de naranja según el proceso de Bio-adsorción.	Coagulación	Formación de partículas mayores
			Floculación	Agitación para permitir el crecimiento y aglomeración de los fòculos recién formados
			Adsorción	Variación

Fuente: Propia del investigador, 2021.

Tabla 16

Variables independientes: Polvo de càscara de naranja (10 y 20 gr/L)

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Polvo de càscara de naranja (10 y 20 gr/l)	Es el resultado de la calcinación y tamizado de la càscara de naranja del proceso de selección, lavado y secado.	Consiste en comparar la cantidad de arsénico en el contenido en el agua utilizando 10 y 20 g/L de polvo de càscara de naranja.	Dosificación de 10 y 20 g/L de polvo de càscara de naranja	Variación

Fuente: Propia del investigador, 2021.

Hipótesis

La utilización de un biofiltro con la dosificación de 10 g/l y 20 g/l de polvo de cascara de naranja removería la presencia de arsénico en las aguas del Rio Santa – Localidad Ticapampa.

Objetivos

Objetivo General:

Determinar la remoción de arsénico mediante un biofiltro utilizando 10 y 20 grLl de polvo de cáscara de naranja en las aguas del Rio Santa – Localidad Ticapampa.

Objetivos Específicos:

- Localización y ubicación del punto de estudio.
- Caracterización físico-químico del agua del Río Santa
- Realizar el análisis térmico diferencial a la cascara de naranja para determinar la temperatura de calcinación (ATD).
- Realizar el ensayo de Efluorescencia de Rayos X (EFRX) a la ceniza de cascara de naranja para determinar su composición química.
- Determinar el nivel de PH del polvo de cáscara de naranja
- Diseño hidráulico de un prototipo de biofiltro.
- Comparar, analizar e interpretar los resultados.

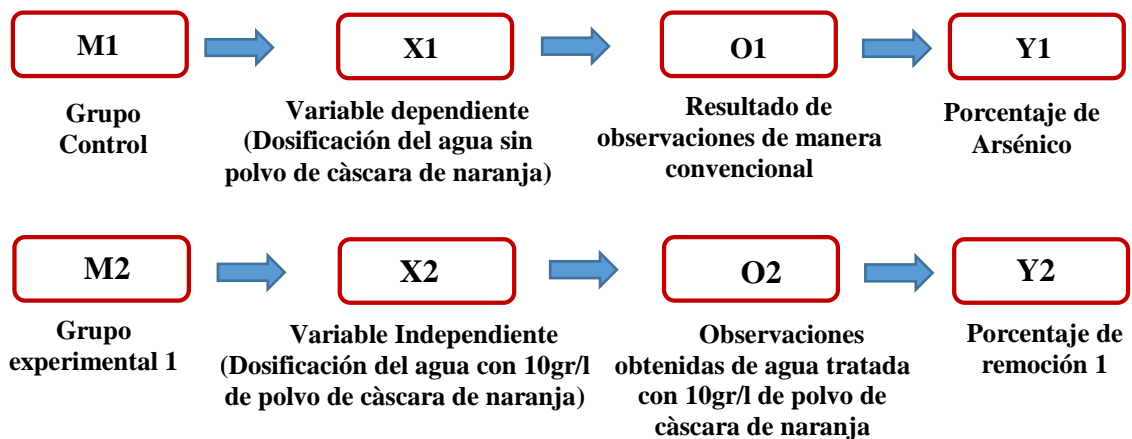
II. METODOLOGÍA

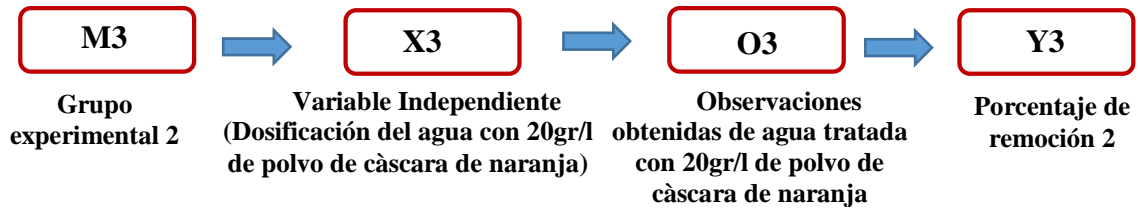
Tipo y Nivel de Investigación

Aplicada, porque los resultados a encontrar en el proceso de investigación, fueron utilizados en la solución de problemas relacionados al área de hidráulica, generando otra opción de remover arsénico mediante un biofiltro empleando polvo de cáscara de naranja en proporciones de 10 y 20 gr/L, y buscar determinar la cantidad de remoción de arsénico del agua esperando que cumpla los estándares de la norma de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA), teniendo en cuenta que el polvo de cáscara de naranja tiene componentes químicos como la pectina que permite que se adhiera al arsénico, lo cual indica que es un material adsorbente.

Diseño de Investigación

El diseño que le corresponde a esta investigación es experimental de nivel Cuasi Experimental, porque se evaluaron las tres muestras mencionadas mediante ensayos, donde se obtuvieron los resultados de tres grupos de estudio denominados: Grupo Control, el cual fue realizado con muestras sin la adición de ningún componente adicional, el Grupo Experimental 1 el cual fue realizado con la incorporación del polvo de cáscara de naranja en 10gr/L y el Grupo Experimental 2 el cual fue realizado con la incorporación del polvo de cáscara de naranja en 20gr/L, con la finalidad de disminuir la cantidad de arsénico en comparación a la del grupo control debido a que hubo una mejora en la calidad del agua, el cual responde al siguiente esquema.





M1: Muestra 1 de elementos en Grupo control (soluciones de agua del río Santa contaminadas con arsénico).

M2: Muestra 2 de elementos en Grupo Experimental (soluciones de agua del río Santa como consecuencia de manipular la variable Independiente; adicionar 10gr/L. de polvo de càscara de naranja utilizando el método de adsorción).

M3: Muestra 3 de elementos en Grupo Experimental (soluciones de agua del río Santa como consecuencia de manipular la variable Independiente; adicionar 20gr/L. de polvo de càscara de naranja utilizando el método de adsorción).

X1: Variable Dependiente (dosificación del agua sin añadir polvo de càscara de naranja).

X2: Variable Independiente (dosificación de 10gr/L. de polvo de càscara de naranja).

X3: Variable Independiente (dosificación de 20gr/L. de polvo de càscara de naranja).

O1: Observaciones Obtenidas por dicha muestra del Grupo Control, son los resultados anotados en la guía de observación concreta.

O2: Observaciones Obtenidas por dicha muestra del Grupo Experimental, son los resultados anotados en la guía de observación con adición de 10gr/L. de polvo de càscara de naranja.

O3: Observaciones Obtenidas por dicha muestra del Grupo Experimental, son los resultados anotados en la guía de observación con adición de 20gr/L. de polvo de càscara de naranja.

Y1: Variable Dependiente (Cantidad de arsénico en muestra sin añadir polvo de càscara de naranja).

Y2: Variable Independiente (Cantidad de remoción de arsénico con 10gr/l de polvo de càscara de naranja).

Y3: Variable Independiente (Cantidad de remoción de arsénico con 20gr/l de polvo de cáscara de naranja).

Método de Investigación

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que estudió las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando a través de ensayos a los que fué sometido la unidad de análisis que son las muestras de agua sin adición, como los que se adicionaron, polvo de cáscara de naranja en 10 y 20gr/L, empleando métodos de recolección de datos cuantitativos a través de observaciones y fichas técnicas de laboratorio que fueron relacionadas con las variables y los objetivos de la presente investigación.

Población

La cuál está conformada por las aguas del Río Santa, punto de monitoreo RSant2 que abastece el distrito de Ticapampa, Recuay, Ancash.

Muestra

Se realizó la extracción de las muestras: 1 muestra patrón de agua con arsénico antes de la remediación con el biofiltro y 2 muestras de agua tratadas mediante un biofiltro empleando polvo de cáscara de naranja en dosis de 10 y 20 gr/L.

Procesamiento y Análisis de la Investigación

Zona de Estudio:

Caracterización y Localización de zona de estudio:

Datos de Zona de Estudio (Muestras de Agua):

Ubicación: Provincia de Recuay, Distrito de Ticapampa, C.P. Cayac. Ver Figura 18

Coordenadas UTM: E231345.852m – N8922813.649m. Ver Figura 20

Elevación: 3 386.10 m.s.n.m

Lugar de origen y toma de muestras de agua: Río Santa – Provincia de Recuay, cerca al puente Simmer.

Se recolecto las muestras cumpliendo todos los protocolos de bioseguridad para prevenir el covid 19, las muestras se almacenaron en un bidón de 20Lt. previamente lavadas con agua destilada para evitar contaminación de la muestra.

Datos de Zona de Toma de Muestra (Muestras de Càscara de naranja):

Ubicación: Centro de Chimbote – Distrito de Chimbote

Lugar donde fueron tomadas las muestras de càscara de naranja: Alrededores del Centro de Chimbote – Chimbote, cumpliendo todos los protocolos de bioseguridad para prevenir el covid 19. Ver Figura 21

Los 2.56 kg de muestra se almacenaron en bolsas.

Preparación de Muestras:

Muestras de las aguas del Río Santa (RSant2):

Muestras para Barrido de Metales:

Se extrajeron 20Lt. de las aguas del Río Santa con el fin de poder realizar el ensayo de barrido de metales y constatar si existía la presencia de arsénico en sus aguas. Ver Figura 19

Muestras para Experimentación:

Se procedió a tomar 1 muestras de 20Lt., las cuales se almaceno en un bidón de 20 litros las aguas del Río Santa para poder llevar a cabo la investigación requerida, siendo estas:

- 3Lt. para la muestra patrón (sin adición de polvo de càscara de naranja).
- 3Lt. para la muestra experimental (adicionando 10gr/L de polvo de càscara de naranja).
- 3Lt. para la muestra experimental (adicionando 20gr/L de polvo de càscara de naranja).
- Todas las muestras se obtuvo cumpliendo todos los protocolos requeridos de seguridad para prevenir la prolongación del covid 19.

Muestra de Càscara de Naranja:

Preparación del polvo de càscara de naranja:

- Se procedió a la limpieza de la càscara de naranja con el uso de agua destilada. Ver Figura 22
- Se dejó escurrir durante 30 minutos la muestra con el fin de que no se pudra por el exceso de humedad.
- Se preparó un cordel al ambiente en el cuál la muestra estaba protegida de contaminarse por solidos externos del lugar. Ver Figura 23
- La muestra fue expuesta a la temperatura ambiente desde el día 1 de Noviembre hasta el día 15 de Noviembre, teniendo en cuenta un rango de temperatura máxima de

21°C-23°C (en su mayoría en horas de 12:00pm) y un rango de temperatura mínima de 18°C-20°C (en su mayoría en horas de 21:00pm-4:00am). Ver Figura 24

- Se recolectó la muestra seca y se almaceno en una bolsa donde se obtuvo 2.273 kg.
- Se procedio al precalcinado de la càscara de naranja en un horno durante 2 horas en temperatura de 100°C, donde se obtuvo un pesaje de 0.785 kg.
- Con ayuda de un batan de madera se procedió a triturar la càscara de naranja pre calcinada para que así su pulverización sea fina. Ver Figura 25
- Una vez triturada la muestra se pasò por el tamis N°200 con el fin de obtener pequeñas esferas de biomasa y facilitar su calcinación. Ver Figura 26
- Se procedió a pesar la muestra de biomasa resultante del tamizado, obteniendo un peso de 0.063 kg de material tamizado, ya que la pérdida de material según el ensayo de ATD realizado era un aproximado de 92%.
- Se llevaron 5gr de muestra de polvo de càscara de naranja, por encomienda para su análisis a la Universidad Nacional de Trujillo para realizar la prueba de ATD (Análisis térmico diferencial), previo acuerdo con el encargado previniendo así la prolongación del covid 19, la situación que se vivía en el Perú y así poder conocer a que temperatura se activa la muestra obteniendo mayores propiedades.
- Con el resultado de ATD se procedió a llevar la càscara de naranja a la mufla para su calcinación y por ende su activación. Ver Figura 27
- Se obtuvo la muestra de polvo de càscara de naranja. Ver Figura 29
- Se procedió a pesar en una balanza analítica y separar las muestras de ceniza para poder realizar los estudios requeridos (Ver Figura 31):
 - ✓ 10gramos de muestra para FRX (Fluorescencia de Rayos X) en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
 - ✓ 20gramos para pH de la muestra.
 - ✓ 10 y 20 gramos de las muestras requeridas para el desarrollo experimental.

Elaboración de Biofiltro a escala para remover Arsénico empleando polvo de cáscara de naranja:

Materiales Empleados:

- 03 baldes de plástico transparente de 4Lt. con grifo.
- 01 hélice de 10cm de diámetro
- 04 codos de 45° de 1/2"
- 02 llaves de paso de 1/2"
- 04 niples mixtos de 1/2"
- Malla organza (1m)
- Lija N°40 (1 plancha)
- Tubería PVC 1/2" (2m)
- Cinta teflón
- Pegamento para tuberías
- Motor DC
- Fuente DC de 5 voltios
- 01 switch
- 01 jack
- 01 cable de poder
- 01 potenciómetro
- 01 caja contraplacada de 14x14 cm
- 01 sellador sikaflex
- 01 tacómetro digital
- Tornillos

Procedimiento de Armado de Biofiltro:

- Los 03 baldes de plástico tienen la capacidad de almacenar 4Lt. de agua, cuenta con un diámetro de 20cm y una altura de 30cm. Ver Figura 32
- A cada balde se le realizó un orificio circular del diámetro de la tubería en este caso de 1/2", según se requería. A dos se les perforó un orificio en la parte superior trasera a los filtros y otro orificio donde eventualmente se encontraban los grifos (después de retirarlos del balde). Al tercer balde sólo se le hizo un orificio en la parte superior trasera del grifo y no se le retiró el grifo para que se pueda controlar la salida de la muestra a un recipiente para extraer las muestras de agua tratada. Ver Figura 31
- Luego se procedió a ensamblar los baldes con las tuberías, accesorios y el motor.
- El primer balde sirve para la captación del agua del río o de la muestra, el segundo sirve para el contacto directo entre la muestra de agua contaminada con arsénico y la muestra de polvo de cáscara de naranja a través del movimiento circular que es generado por el motor y la hélice adaptada al motor girando a 200 rpm; el tercer balde recibe la muestra que pasa del segundo balde a través de la unión universal con la malla organza adaptada para poder retener sólidos, y luego ser depositado en un contenedor y ser llevado al laboratorio. Ver Figura 32, 33, 34, 35, 36 y 37.

Desarrollo Experimental de Remoción:

- Iniciamos el desarrollo experimental ingresando la muestra de agua del río Santa con presencia de arsénico al primer balde, que se encarga de almacenar la muestra, la cual es controlada por una llave de paso que permitirá su ingreso al siguiente balde. Paralelo a esto se agrega la muestra de 10 gr/L de polvo de cáscara de naranja al segundo balde.
- Luego de haber realizado esto se procede a abrir la llave de paso para que la muestra de agua tenga contacto directo con la muestra de ceniza de vaina de arveja, continuamos encendiendo el motor que a través de la hélice adaptada transmitió un movimiento circular a 200 rpm, lo cual se llevó a cabo durante 2 horas.

- Posterior a esto se dejó reposar la muestra durante 30 min para luego abrir la siguiente llave de paso que llevó a la muestra tratada por la unión universal, la cual poseía una malla organza adaptada, con el fin de filtrar sólidos resultantes de la remoción y luego dar acceso a la muestra tratada hacia el tercer balde el cual recibió y almacenó la muestra tratada, que a través del pequeño grifo con el que cuenta se vertió en un recipiente de plástico y se llevaron para realizar los análisis físico químicos al laboratorio Colecbi S.A.C, siempre cumpliendo con los protocolos de bioseguridad. Ver Figura 39

III. RESULTADOS

Barrido de Metales: Se realizó la toma de muestra de las aguas del río Santa.

Tabla 17

Resultados de barrido de metales en aguas del Río Santa – Rsant2.

METALES TOTALES	L.C. (mg/L)	RIO SANTA
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	17,42
Arsénico (As)	0,005	3,893
Boro (B)	0,003	1,520
Bario (Ba)	0,003	0,138
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	107,80
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0247
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0120
Cromo (Cr)	0,0003	0,0073
Cobre (Cu)	0,002	0,124
Hierro (Fe)	0,002	46,590
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	10,2
Litio (Li)	0,003	0,478
Magnesio (Mg)	0,02	12,47
Manganeso (Mn)	0,0003	5,3658
Molibdeno (Mo)	0,002	<0,002
Sodio (Na)	0,06	42,53
Niquel (Ni)	0,0006	0,0073
Fósforo (P)	0,01	0,76
Plomo (Pb)	0,002	0,227
Antimonio (Sb)	0,003	0,048
Selenio (Se)	0,005	<0,005
Silice (SiO ₂)	0,01	>100
Estaño (Sn)	0,003	<0,003
Estroncio (Sr)	0,0003	0,6828
Titanio (Ti)	0,0007	0,4754
Talio (Tl)	0,002	0,006
Vanadio (V)	0,001	0,031
Zinc (Zn)	0,002	7,092

Fuente: El investigador realizó los estudios en el laboratorio Colecbi S.A.C., 2020.

Análisis Térmico Diferencial (ATD):

Los resultados del análisis térmico diferencial indicaron que la muestra experimentó un ligero pico endotérmico a 100°C y luego uno a 480°C, lo cual indicó un cambio en las propiedades del material.

Con estos datos se llevó a cabo la calcinación de la muestra de cáscara de naranja, con lo cual se obtuvo la muestra requerida de polvo de cáscara de naranja al haber sido activada a 480°C durante 1 hora.

Ensayo de FRX:

En el ensayo de FRX se muestra la presencia en su mayoría de Calcio, Potasio, Silicio, Azufre, etc.

Tabla 18

Composición elemental del polvo de cáscara de naranja en % de masa.

Óxido	Concentración % masa
<i>K₂O</i>	58.237
<i>CaO</i>	16.296
<i>MgO</i>	9.663
<i>SiO₂</i>	7.562
<i>Fe₂O₃</i>	5.549
<i>Pa₂O₅</i>	2.229
<i>TiO₂</i>	0.133
<i>SO₃</i>	0.108
<i>MnO</i>	0.078
<i>SrO</i>	0,068
<i>Al₂O₃</i>	0.048
<i>ZnO</i>	0.018
<i>Rb₂O</i>	0.010
<i>Total</i>	99.999

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Labicer de la UNI, 2021.

Ph del Polvo de càscara de naranja:

El resultado del ensayo de pH realizado a la muestra de polvo de càscara de naranja nos indica su exceso de alcalinidad al sobrepasar el rango de entre 6,5 – 8,5 pH según ECA.

Tabla 19

Resultado de pH realizado a la muestra de polvo de càscara de naranja.

MUESTRA	ENSAYO DE Ph
POLVO DE CÀSCARA DE NARANJA	10,20

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Colecibi S.A.C., 2021.

Muestra Patrón (*Muestra sin polvo de càscara de naranja*):

Metal Pesado (Arsénico):

Tabla 20

Resultados de presencia de arsénico en aguas del Río Santa.

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	MUESTRA PATRON DE AGUAS DEL RIO SANTA - TICAPAMPA
Arsénico (As)	0,005	4,807

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliecibi S.A.C., 2021.

Parámetros Físico – Químicos:

Tabla 21

Resultados de parámetros físico-químicos de arsénico en aguas del Río Santa.

ENSAYOS	MUESTRA PATRON DE AGUAS DEL RIO SANTA - TICAPAMPA
Solidos susp.T. (mg/L)	111
Turbidez (NTU)	70
Conductividad (uS/cm)	1198
Ph	10.83

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliecibi S.A.C., 2021.

Muestra Experimental N°01(Tratada con 10 gr/L de polvo de càscara de naranja):

Metal Pesado (Arsénico):

Tabla 22

Resultados de presencia de arsénico en aguas del Río Santa.

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	MUESTRA EXP. N°01 AGUAS DEL RIO SANTA - TICAPAMPA
Arsénico (As)	0,005	0,072

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliecbi S.A.C., 2021.

Parámetros Físico – Químicos:

Tabla 23

Resultados de parámetros físico-químicos de arsénico en aguas del Río Santa

ENSAYOS	MUESTRA EXP. N°01 AGUAS DEL RIO SANTA - TICAPAMPA
Solidos Suspen.T. (mg/L)	340
Turbidez (NTU)	116
Conductividad (uS/cm)	2500
pH	10.96

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliecbi S.A.C., 2021.

Muestra Experimental N°02(Tratada con 20 gr/L de polvo de càscara de naranja):

Metal Pesado (Arsénico):

Tabla 24

Resultados de presencia de arsénico en aguas del Río Santa.

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	MUESTRA EXP. N°02 AGUAS DEL RIO SANTA - TICAPAMPA
Arsénico (As)	0,005	0,453

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliecbi S.A.C., 2021.

Parámetros Físico – Químicos:

Tabla 25

Resultados de parámetros físico-químicos de arsénico en aguas del Río Santa

ENSAYOS	MUESTRA EXP. N°02 AGUAS DEL RIO SANTA – TICAPAMPA
Solidos Suspendidos T. (mg/L)	264
Turbidez (NTU)	318
Conductividad (uS/cm)	426
pH	3.48

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliecbi S.A.C., 2021.

Tabla 26

Variación de parámetros físicos – químicos de las aguas del río Santa posterior al uso polvo de cáscara de naranja

ENSAYOS	M1 MUESTRA PATRON (Agua del Río Santa, punto RSant2 sin añadir polvo de cáscara de naranja)	M2 MUESTRA EXPERIMENTAL N°01 (Agua del Río Santa, punto Rsant2 añadiendo 10gr/L de polvo de cáscara de naranja)	M3 MUESTRA EXPERIMENTAL N°02 (Agua del Río Santa, punto Rsant2 añadiendo 20gr/L de polvo de cáscara de naranja)
pH	10,83	10,96	3,48
Variación de pH	0	0,13	7,35
Conductividad (uS/cm)	1198	2500	426
Variación de Conductividad	0	1302	772
Sólidos Totales (mg/L)	111	340	264
Variación de Sólidos Totales	0	229	153
Turbidez (NTU)	70	116	318
Variación de Turbidez	0	46	248

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliecbi S.A.C., 2021

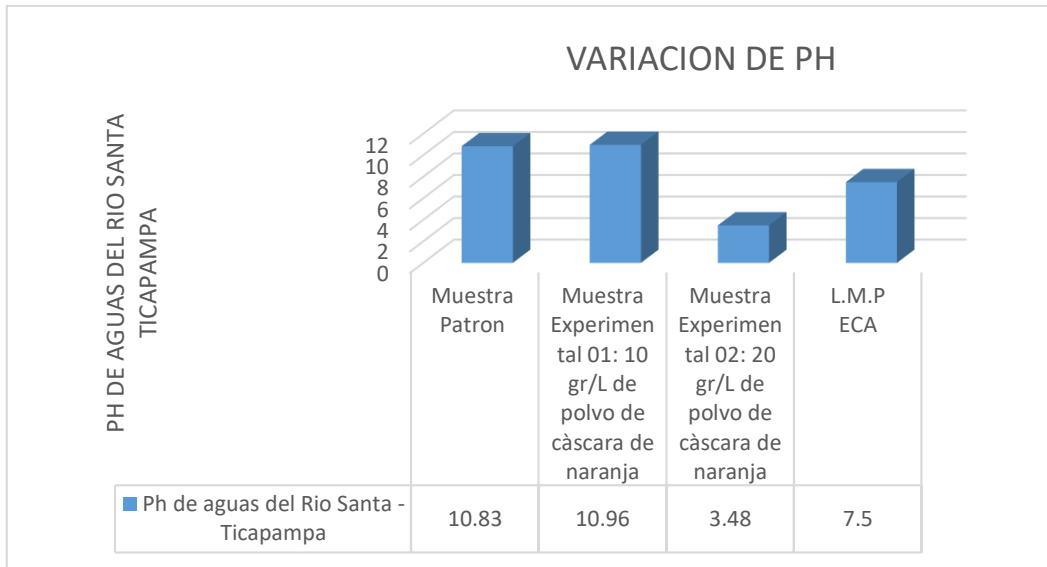


Figura 12. Gráfico de barras representando la cantidad de pH obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.

Fuente: Propia, elaborada por el investigador, 2021.

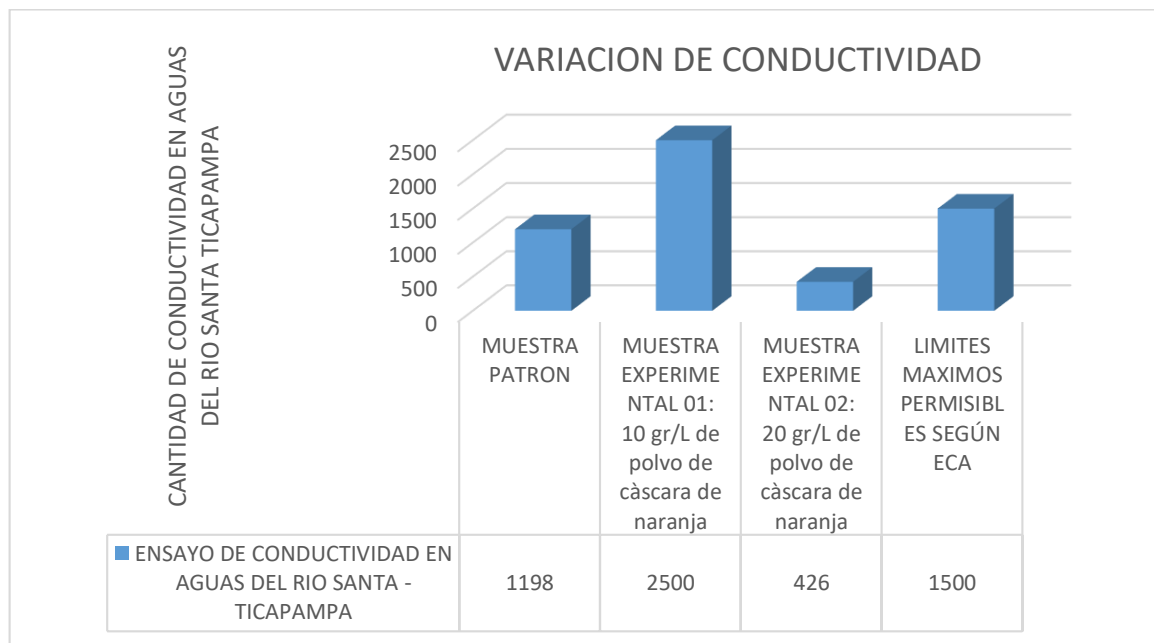


Figura 13. Gráfico de barras representando la conductividad obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.

Fuente: Propia, elaborada por el investigador, 2021.

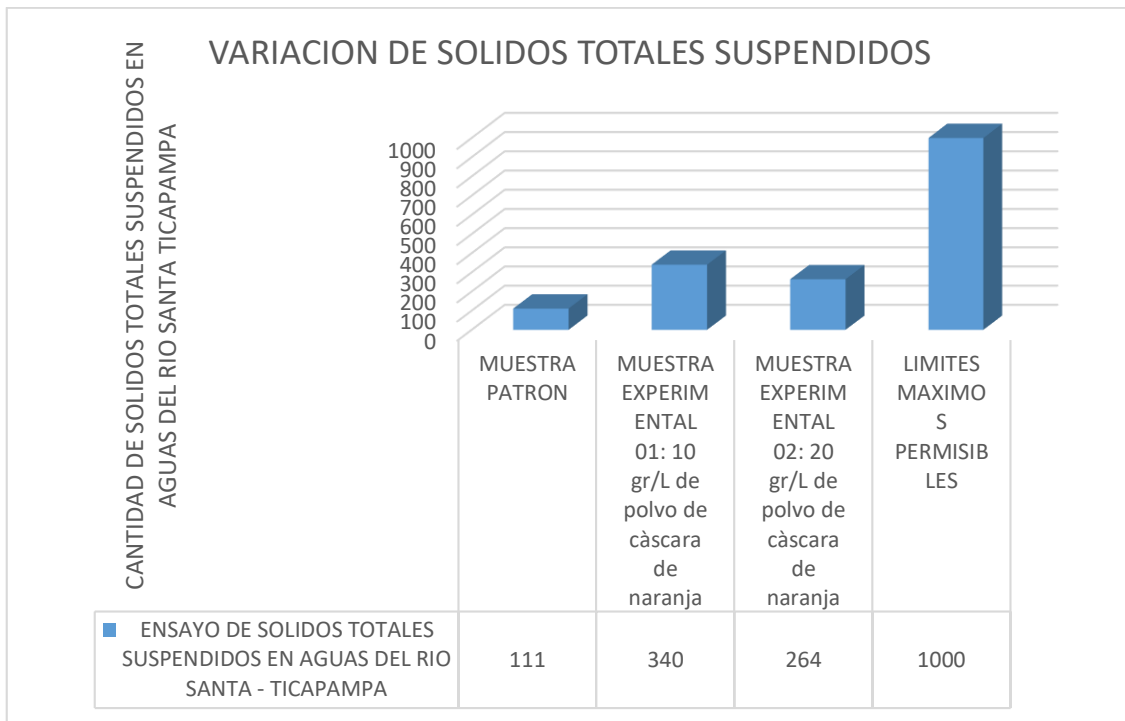


Figura 14. Gráfico de barras representando los sólidos totales obtenidos por las muestras y el L.M.P. según ECA.

Fuente: Propia, elaborada por el investigador, 2021.

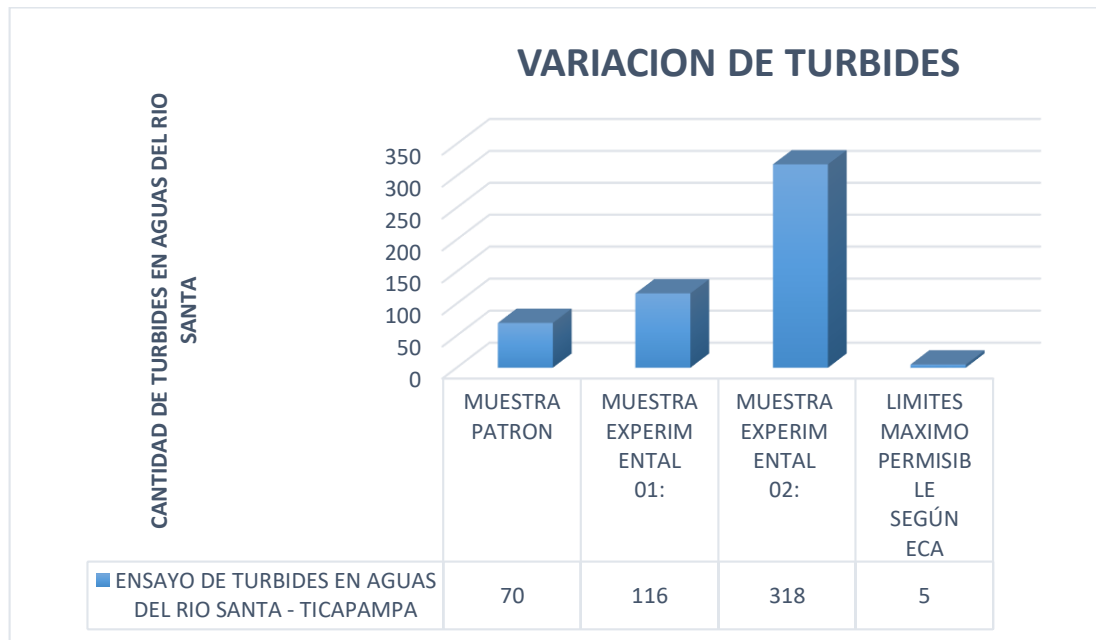


Figura 15. Gráfico de barras representando la turbidez obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.

Fuente: Propia, elaborada por el investigador, 2021.



Figura 16. Gráfico de barras representando la cantidad de arsénico obtenidas por las muestras y el L.M.P. según ECA.

Fuente: Propia, elaborada por el investigador, 2021.

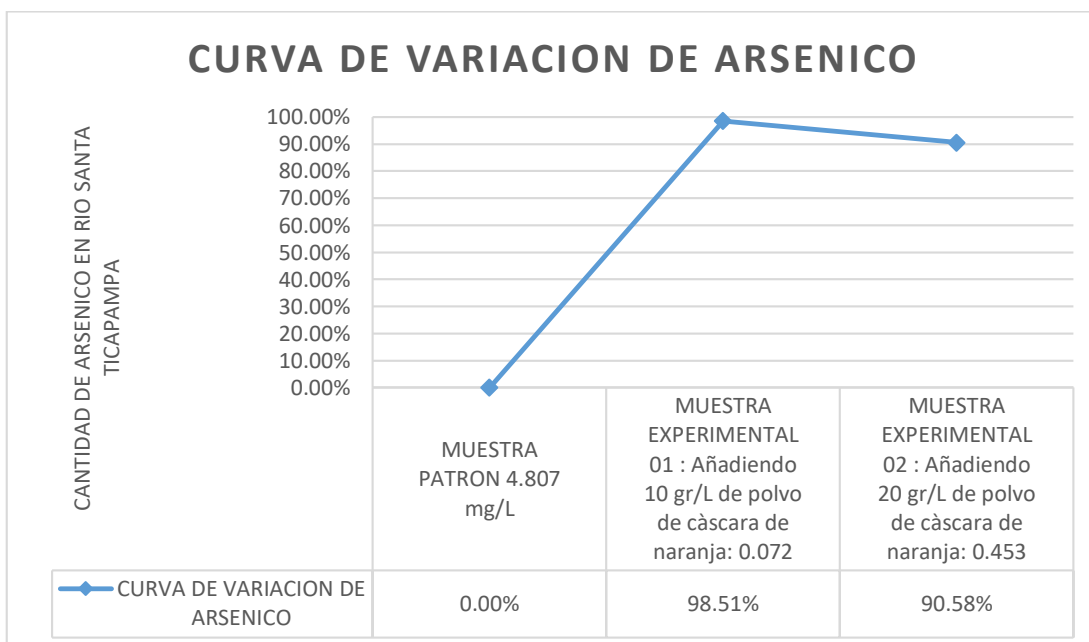


Figura 17. Gráfico representando el porcentaje de arsénico obtenidas por las muestras

Fuente: Propia, elaborada por el investigador, 2021.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Según Torres, S. (2020). Según su investigación logró remover arsénico en un porcentaje de 85.08% y 79.31% utilizando las dosis de 6 y 12 gr/L respectivamente; en la presente investigación se puede observar que con la dosis de 10 gr/L se obtuvo una remoción del 98.51% y con la dosis de 20 gr/L se obtuvo una remoción del 90.58%, evidenciando que en el antecedente se dejó reposar por 1 semana a temperatura ambiente siendo cortadas las cáscaras de naranja, y en la presente investigación se dejó reposar por 2 semanas a temperatura ambiente tendidos en un cordel bajo techo.

Pinedo, B. (2019). Mediante su investigación se tuvo en cuenta los factores que intervinieron como fueron el tiempo de contacto, velocidad de contacto, concentración de adsorbente, tiempo de reposo y temperatura de activación de la cáscara de naranja, lo cual en la presente investigación se tuvieron en cuenta los mismos factores variando la medida y también se analizaron algunos análisis físico – química.

Según Pinedo, B. (2019). Según esta investigación al analizarse la muestra experimental añadiendo 16 gr/L de polvo de cáscara de naranja se encontraba un agua altamente alcalina; y en la presente investigación se observa que al incrementar la dosis a 20 gr/L hay una caída en ph, obteniendo 3,48 y así teniendo en esta investigación una agua ácida.

Según Pinedo, B. (2019). Según su investigación nos indica que el contacto del polvo de cáscara de naranja fue a 200 rpm por 60 minutos y un reposo de 15 minutos, en la presente investigación se realizó a la misma revolución pero por un tiempo de contacto de 120 minutos y tiempo de reposo de 30 minutos, ya que en el antecedente se mostraba el agua oscura, se optó por darle más tiempo de reposo para que asiente los sedimentos.

Gil L. (2018). Realizó el diseño de un biofiltro sin el uso de capas de arena o grava, empleando velocidades de contacto de entre 50 y 100 rpm; en esta investigación se realizó el diseño hidráulico de un biofiltro estándar, con empleando 200 rpm como velocidad de contacto entre la muestra y las aguas a tratar, siendo esto pieza importante para la remoción del arsénico al encontrarse a una mayor velocidad de contacto.

pH: La muestra patrón muestra un nivel de 10.83 pH presente en las aguas del río Santa indicándonos un alto grado de alcalinidad, mientras que la muestra experimental N°01 en la que se empleó 10gr/L de polvo de cáscara de naranja tuvo una variación con respecto a la muestra patrón contando con 10.96 pH con lo que se encuentra en el rango de entre 9 y 11 siendo de esta manera moderadamente alcalino; y la muestra experimental N°02 en la que se empleó 20gr/L de polvo de cáscara de naranja cayó a 3.48 de pH obteniendo una agua ácida en comparación a la muestra patrón y la muestra experimental N°01, siendo a su vez moderadamente ácida al sobrepasar el rango de 1 pH, según ECA.

Conductividad (uS/cm): La muestra patrón muestra un nivel de 1198 uS/cm de conductividad presentes en las aguas del río Santa, mientras que la muestra experimental N°01 en la que se empleó 10gr/L de polvo de cáscara de naranja obtuvo un aumento a 2500 uS/cm superando a la conductividad que poseía la muestra patrón; y la muestra experimental N°02 en la que se empleó 20gr/L de polvo de cáscara de naranja bajó a 426 uS/cm con lo que redujo mayor conductividad con respecto a la muestra patrón y la muestra experimental N°01. Cabe resaltar que los niveles de conductividad obtenidos en la muestra experimental N° 02 son aceptables ya que no superan el límite máximo permisible de 1500 uS/cm de conductividad que nos indica ECA, pero la muestra experimental N° 02 no es aceptable porque sobrepasa el LMP establecidos por el ECA.

Sólidos Totales (mg/L): La muestra patrón muestra un nivel de 111 mg/L de sólidos totales presentes en las aguas del río Santa, mientras que la muestra experimental N°01 en la que se empleó 10gr/L de polvo de cáscara de naranja tuvo un aumento a 340 mg/L de sólidos totales; y la muestra experimental N°02 en la que se empleó 20gr/L de polvo de cáscara de naranja se disminuyó a 264 mg/L con lo que es inferior en sólidos totales a la muestra patrón y la muestra experimental N°01. Cabe resaltar que los niveles de sólidos totales obtenidos en la muestra patrón y la muestra experimental N°01 y 02 son aceptables ya que no superan el límite máximo permisible de 1000 mg/L de sólidos totales que nos indica ECA.

Turbidez (NTU): La muestra patrón muestra un nivel de 70 NTU de turbidez presentes en las aguas del río Santa, mientras que la muestra experimental N°02 en la que se empleó 10gr/L de polvo de càscara de naranja aumentó a 116 NTU su turbidez; y la muestra experimental N°02 en la que se empleó 20gr/L de polvo de càscara de naranja subió su turbidez a 318 NTU con lo que cuenta con más turbidez que la muestra patrón y la muestra experimental N°01. Cabe resaltar que los niveles de turbidez obtenidos en la muestra experimental N°01 y 02 no son aceptables por sobrepasar el LMP del 5 NTU según ECA.

Arsénico (mg/L): Los resultados en cuanto a la remoción de arsénico fueron considerables teniendo en cuenta la gran cantidad de este metal en la muestra patrón la cuál fue de 4,807 mg/L; como resultado del uso de 10gr/L de polvo de càscara de naranja se redujo el arsénico presente en la muestra patrón hasta alcanzar la cantidad de 0.072 mg/L obteniéndose así un 98.51% de remoción y por su parte con el uso de 20 gr/L de polvo de càscara de naranja se obtuvo una menor reducción de arsénico, obteniendo 0,453 gr/L que viene a ser el 90.58% de remoción como resultado.

Con los resultados obtenidos pudo realizar la curva de variación de arsénico en porcentajes, indicando y demostrando así cuál de las muestras logró mayor capacidad de remoción de arsénico en las aguas del río Santa.

V. CONCLUSIONES

La caracterización y localización de la zona se realizó sin problemas ya que a pesar de poder obtener las muestras en épocas de lluvia el caudal del río nos permitió acceder a retirar las muestras sin ningún inconveniente.

La temperatura de calcinación a la que se llevó a cabo la muestra de cáscara de naranja fue a los 480°C durante en un tiempo de contacto de 90 minutos, esto como resultado del ensayo del ATD.

La composición química del polvo de cáscara de naranja obtuvo picos de elementos como calcio, potasio, silicio, azufre, entre otros; la cual se obtuvo mediante el ensayo de FRX.

Se realizó el ensayo de pH a la muestra de polvo de cáscara de naranja con lo que se obtuvo un valor de 10.20, concluyendo que dicha muestra es altamente alcalino ya que supera el rango de 6,5-8,5 pH.

En el resultado del barrido de metales se comprobó el exceso de arsénico con 3.893 mg/L, entre otros metales.

El biofiltro se construyó con 3 baldes de 4L para aprovechar la figura circular que estos poseen, así mismo generar que la gran mayoría de la muestra no se mantenga en asentamiento y entre en contacto con el agua a tratar con una velocidad de 200 rpm durante 120 minutos, induciendo así un mayor aprovechamiento hidráulico para la sustracción de arsénico.

La muestra patrón nos confirmó la presencia de arsénico en cantidad de 4.807mg/L y los parámetros físicos-químicos de la muestra de agua; los cuales sufrieron variaciones al aplicar ciertas cantidades de las muestras para la remediación de las aguas. El diseño de 10 gr/L de polvo de cáscara de naranja redujo la cantidad de arsénico a 0.072 mg/L removiendo así el 98.51% del metal pesado, mientras que el diseño de 20 gr/L redujo el arsénico a 0.453 mg/L removiendo así el 90.85% del metal pesado obteniendo una inferior efectividad en cuanto a remoción; cabe destacar que aun habiendo removido considerables cantidades de arsénico no se logró obtener que el agua pueda ser apta

para el consumo humano ya que no alcanzó los límites máximos permisibles de 0.01 mg/L de arsénico indicados por ECA.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar el monitoreo del río Santa durante las épocas de estiaje y sequía, esto debido a que las cantidades de arsénico y demás metales pesados en el agua no suelen ser constantes y varían según las estaciones del año.

Activar el polvo de cáscara de naranja aumentando la temperatura de activación hasta obtener polvo de cáscara de naranja, así además de remover el arsénico tal vez también se podría remover otros metales pesados como es el plomo en agua del Río Santa.

Añadir algún tipo de filtrante y optar por un mayor tiempo de reposo para obtener una mejoría en sus propiedades físico-químicos del agua tratada.

Realizar un mayor número de barrido de metales en distintos puntos dentro de la zona de estudio para poder tener un menor margen de error en el resultado de dicho ensayo y así poder tener un mejor promedio de la presencia de metales pesados en la zona.

Variar los tiempos y la velocidad de contacto entre el agua del río y las dosis de polvo de cáscara de naranja en el biofiltro para obtener una variedad de resultados que nos facilite llegar a una conclusión y mejora, en cuanto al tiempo y revoluciones ideales para una buena remoción de arsénico, ya que el tiempo en el biofiltro es un factor importante en la biosorción de metales pesados.

Plantear dosis entre el rango de 16 gr/L y 20 gr/L de polvo de cáscara de naranja para realizar un mejor estudio del porqué la caída brusca de ph en las aguas tratadas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arboleda Valencia, J. (2000). Teoría y práctica de la purificación del agua. Bogotá - Colombia: Tercera edición - Tomo I y II
- Autoridad Nacional del Agua (2019). *Monitoreo de calidad de agua en Cuenca del Río Santa y Afluentes*. Recuperado de <file:///F:/Monitoreos%20Rio%20Santa%202013-2019/Santa%202019/Ensayos%20Santa%202019/Informe%20de%/20Ensayo%2032254-2019.pdf>
- Carbajal, A. & González M. (2012). *Agua para la Salud. Pasado, presente y futuro*. Eds. CSIC recuperado de: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
- Christine M. (2014). Arsenic exposure in drinking wáter: an unrecognized health threat in Peru. *Bull World Health Organ.* 92 (8), 565-572. doi: 10.2471/BLT.13.128496
- C. Tejada-Tovar, A. Villabona-Ortiz y L. Garcés-Jaraba, (2015). “Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico”, *Tecno Lógicas*, vol. 18, no. 34, pp. 109-123, recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992015000100010
- David. (2014). Preocupan los niveles de arsénico en el agua potable. *El Comercio*, Lima, Perú. Recuperado de <https://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/preocupan-niveles-arsenico-agua-potable-360188-noticia/>
- Diario el Peruano (2008). *Decreto supremo N° 002-2008-MINAM*. Recuperado de file: http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf

- Garces & Coava, 2012. *Evaluación de la capacidad de adsorción en la cáscara de naranja (citrus sinensis) modificada con quitosano para la remoción de Cr (vi) en aguas residuales*. Universidad de cartagena facultad de ingenierias programa de ingenieria quimica cartagena de indias. Colombia – Cartagena. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/a078/63c22c20305f7e98542c7e90faefbfbee86c.pdf>
- Gil L. (2018). *Diseño de un biofiltro de mucílago de tuna (Opuntia Ficus-Indica) para remover arsénico* (Tesis de Pregrado). Escuela de Ingeniería Civil, Universidad San Pedro, Perú.
- Hina, K., Srinivasa, R., Vijaya, S., Jayakumar, S., Bondili, S. y Venkateshwar, P. (2007). Biosorción: una alternativa ecológica para la eliminación de metales pesados. *African Journal of Biotechnology*.6 (25), pp. 2924-2931. Recuperado de <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/58244>
- Izquierdo S. (2010). Eliminación de los metales pesados en aguas mediante bioadsorción, evaluación de materiales y modelación del proceso. *Universidad de Valencia*. Recuperado de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/52130/izquierdo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lee, M. Y., Hong, K. J., Kaujiuchi, T., & Yang, J. W. (2004). Determination of the efficiency and removal mechanism of cobalt by crab Shell particles. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 79 (12), 1388-1394. <http://doi.org/10.1002/jctb.1139>
- López Gonzáles, N., Borrego, J., Carro, B., Grande, J.A., De la Torre, M.L. & Valente, T. (2012). *Patrones de fraccionamiento de elementos de tierras raras en sedimentos de estuarina como consecuencia del drenaje de minas ácidas: Un estudio de caso en el suroeste de España*. Boletín Geológico y Minero, 123, 55-64. Recuperado de http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla20/Macla20_139-140.pdf

- Nava, R. y Méndez, A., (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). Artículo de revisión, Arch Neurocién (Mex). Vol. 16, No. 3: 140-147. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane113f.pdf>
- Mendoza, D., (2018). *Efecto de la granulometría y peso de cascara de naranja en la remoción de plomo en aguas de la laguna de Pías - Pataz* (tesis para optar Título Profesional de Ingeniero Ambiental). Universidad Cesar Vallejo, Tujillo, Perú. Recuperado de: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/26131/mendoza_qd.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Miguel R. Lapeña, (1999). Tratamiento de aguas industriales: agua de proceso y residuales. Barcelona, España. Recuperado de https://books.google.com.pe/books/about/Tratamiento_de_aguas_industriales.html?id=impkygAACAAJ&redir_esc=y
- Miliariun (2016). *INGENIERIA AMBIENTAL Calidad de las aguas*. Recuperado de file: http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf
- Minag, (2013). Agrario, Participación en la producción de Naranjas por Regiones. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1635/cap13/cap13.pdf
- Monnique B., Fritz H. (2015). Arsénico: una revisión. Parte I: ocurrencia, toxicidad, especiación, movilidad. Universidad de Karlsruhe (TH), *Engler - Bunte - Instituto, Departamento de Química del Agua, Engler - Bunte - Ring 1, 76131 Karlsruhe, Alemania*. doi: 10.1002/ahch.200390025
- Murrieta (2019). Evaluación de la capacidad de adsorción del carbón activado mediante cáscara de naranja (*citrus cinensis*) para la remoción de iones de arsénico en aguas residuales industriales.

- ONU-DAES. (2012). *Sustainable Development for the 21st Century Back to our Common Future*. Recuperado de https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml
- Ordóñez Romero, A. E. (2014). *Bioadsorción de Pb y Cr mediante la utilización de cáscara de naranja (Citrus sinensis) molida, Machala*. Universidad Técnica de Machala. Recuperado de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/4485/1/CD00736-2015-TRABAJO_COMPLETO.pdf
- Pinedo, B. (2019). *Remoción de arsénico utilizando 16 gr/L de polvo de cáscara de naranja en el río Santa – Localidad Ticapampa*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada San Pedro, Chimbote, Perú.
- Rodríguez T. (2002). Desarrollo de un sistema de biofiltración con bacterias proteolíticas y aminolíticas inmovilizadas utilizando subproductos del beneficio de café. *Revista de la sociedad Química de México*, Vol. 46, Núm. 3 (2002) 2714-276. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rsqm/v46n3/v46n3a17.pdf>
- Sánchez-Díaz JS, Martínez-Rodríguez EA, Méndez-Rubio LP, Peniche-Moguel KG. (2016). *Equilibrio ácido-base- Puesta al día. Teoría de Henderson-Hasselbalch*. *Med Int Méx.* 32(6):646-660. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2016/mim166g.pdf>
- Sanga, Y. (2007). *Remoción de metales pesados utilizando la pectina como material biodegradable*. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/584>
- Song, Williams, Edyveab (2004). *Tratamiento de aguas residuales de tenerías por coagulación química*. Australia, Volumen 164, Número 3, páginas 249-259. doi: [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(04\)00193-6](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(04)00193-6)

- Soto (marzo, 2009). Agricultura Sustentable, una alternativa de alto rendimiento. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey – México. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/402/40211113.pdf>
- Torres, S. (2020). *Remoción de arsénico mediante un biofiltro utilizando ceniza de cáscara de naranja (citrus cinensis) en las aguas del Río Santa – Ticapampa*. (Tesis de titulación). Universidad Privada San Pedro, Chimbote, Perú.
- Van Ness & Abbott (1997). Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química. Recuperado de https://www.academia.edu/38239345/Smith_van_ess_abbott_introduccion_a_la_termodinamica_en_ingenieria_quimica_5ta_edicion
- Villanueva R. (2011). Diagnóstico hídrico rápido de la cuenca del río Santa como fuente de agua y servicios ecosistémicos hídricos para la EPS Sedalib S. A. Recuperado de <http://www.sedalib.com.pe/upload/drive/32019/20190305-8391163904.pdf>
- Yrigoin, K (2019). Eficiencia de la pectina de cáscara de naranja para disminuir la concentración de arsénico en aguas de Mórrope

VIII. AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme seguir dando pasos firmes en mi vida y poder culminar esta etapa cumpliendo así una de mis metas trazadas.

A mi Padre Nelson Amensor Pinedo Saavedra que a pesar de no decirlo muy seguido sabe que lo amo y respeto mucho, por su amor, apoyo, comprensión, confianza y enseñanza, gracias papá sin ti no lo pude haber logrado.

A mi Madre Luisa Samudia Melgarejo Quispe el amor de mi vida, por confiar siempre en mí, por brindarme su apoyo incondicional, pero principalmente su amor y consejos, mi motor y motivo para poder llegar a cumplir esta meta tan importante para mí.

A mi Hermana Mishel Pinedo Melgarejo por ser parte de mi motivación y permitirme ser más que su hermano, un amigo al que permite compartir momentos importantes en su vida, además del gran amor de hermanos que compartimos.

A mi hermana Angie Pinedo Melgarejo por ser parte de mi motivación y como también que sepa que las metas que nos trazamos, con dedicación lo logramos.

A mi pareja Idelsa Castillo Castillo que a pesar de no estar físicamente conmigo siempre está cuidándome desde el cielo y siendo mi guía. *“Quienes se llevan en el corazón, jamás descienden del sentimiento”*.

A Xiomara Gonzales Castillo mi pareja, esposa y confidente por brindarme su tiempo, apoyo, confianza y motivación para poder cumplir esta meta importante en mi vida, lo estamos logrando juntos gordita.

A mi pequeño hijo Andrew Gonzales Pinedo , porque su llegada nos hizo ver la vida de una manera diferente y nos llena de alegría día a día con todas sus ocurrencias, y así mismo hacerle saber que las metas se cumplen.

A mi abuelo Bacilio Melgarejo Ramos por darme su apoyo y aconsejarme siempre, por ser una pieza fundamental en el progreso de la familia.

A todas y cada una de las personas que he conocido y sigo conociendo, sea para bien o para mal, cada una de ellas me han compartido y comparten enseñanzas en cada pasaje de lo que va de mi desarrollo como persona, porque lo bueno no es fácil y nunca lo será.

IX. ANEXOS Y APENDICE

ANEXO N°01 **DISEÑO HIDRÁULICO DE BIOFILTRO**

MEMORIA DE CÁLCULO DE AGUA POTABLE

1.- NOMBRE DEL PROYECTO: "Remoción de Arsénico mediante un biofiltro utilizando polvo de cascara de naranja(citrus sinensis) en las aguas del Rio Santa – Ticapampa – 2021."

2.- FECHA: 1/01/2021

3.- UBICACIÓN:

DEPARTAMENTO:	ANCASH
PROVINCIA:	RECUAY
DISTRITO:	TICAPAMPA
CENTRO POBLADOC	CAYAC

1.- POBLACION DE DISEÑO Y DEMANDA DE AGUA

1.1 POBLACION FUTURA

A.- PERIODO DE DISEÑO :

Periodo de diseño (t) en años : 20 Años

B.- METODOS DE CÁLCULO :

a. Método Analítico

b. Método Comparativo

c. Metodo Racional

Datos :

Numero de Viviendas	=	45	Viviendas
Periodo de Diseño	t =	20 años	
Numero de Habitantes Promedio/ Viv.	=	5	(Promedio según encuesta)

Población Actual (Pa) = Numero de Viviendas x Numero de Habitantes promedio por Viviendas

Pa = 225 habitantes

*** 2do Caso**

(Cuando no existe información consistente, se considera el valor de " r " en base a los coeficientes de Crecimiento lineal por Departamento , que se presenta en el siguiente Cuadro)

COEFICIENTE DE CRECIMIENTO LINEAL POR DEPARTAMENTO " r "

DEPARTAMENTO	CRECIMIENTO ANUAL POR MIL HAB. " r "
Tumbes	20
Piura	30
Cajamarca	25
Lambayeque	35
La Libertad	20
Ancash	10
Huanuco	25
Junin	20
Pasco	25
Lima	25
Prov. Const Callao	20
Ica	32
Huancavelica	10
Ayacucho	10
Cuzco	15
Apurimac	15
Arequipa	15
Puno	15
Moquegua	10
Tacna	40
Loreto	10
San Martin	30
Amazonas	40
Madre de Dios	40

Fuente: Ministerio de Salud (1962)

$$Pf = Pa \left(1 + \frac{r * t}{1000} \right)$$

DATOS : Población Actual (2021) = 225 habitantes
 Coeficiente de Crecimiento : = 10
 Periodo de Diseño (t) = 20 años

r = 10 por cada 1000 habitantes (10 o/oo)

*** Población Futura :**

$$Pf (2041) = Pa (2021) * \left(1 + \frac{r * t}{1000} \right)$$

Pf = 270 habitantes

Se diseña con la población futura debido al periodo de vida útil del biofiltro

1.2 DEMANDA DE AGUA

DEMANDA DE DOTACIONES

DOTACION POR NUMERO DE HABITANTES				
POBLACION (Habitantes)			DOTACION (l/hab./dia)	
Hasta	500		60	
	501	- 1000	60	- 80
	1001	- 2000	80	- 100

Fuente: Ministerio de Salud (1962)

DOTACION POR REGION	
REGION	DOTACION (l/hab./dia)
COSTA	60
SIERRA	50
SELVA	70

Fuente: Ministerio de Salud (1984)

NOTA :

Para programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m2, las dotaciones serán de 120 lt/hab/d en clima frio y de 150 lt/hab/d en clima templado y calido. (NORMA OS.100 -RNE)

Para el Proyecto se ha Considerado una Dotacion Diaria por Habitante de = **120** lt/hab/día

VARIACIONES PERIODICAS

CONSUMO PROMEDIO DIARIO ANUAL (Qm)

Formula :

$$Q_m = \frac{P_f * \text{dotación (d)}}{86400 \text{ s/día}}$$

Donde :

Qm = Consumo Promedio Diario (l/s)
 Pf = Poblacion Futura (Hab) = **270** habitantes
 D = Dotacion (lt / Hab/dia) = **120** lt/hab/día

$$Q_m = \frac{P_f * \text{dotación (d)}}{86400 \text{ s/día}}$$

$$Q_m = 0.375 \text{ l/s}$$

CONSUMO MAXIMO DIARIO (Qmd)

$$Q_{md} = 1.3 * Q_m \quad \text{RNE}$$

$$Q_{md} = 0.488 \text{ l/s}$$

CONSUMO MAXIMO HORARIO (Qmh)

$$Q_{mh} = 2.5 * Q_m$$

$$Q_{mh} = 0.938 \text{ l/s}$$

CÁLCULO DE CAUDAL PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA EXISTENTE

CONSUMO DOMÉSTICO

$$\text{Consumo domestico (Cd)} = 0.488 \text{ l/s}$$

CONSUMO EN EDUCACIÓN

Dotación:	50	Lt/persona/día
Área:	50	personas

$$\text{Consumo en educación (Ce)} = 0.029 \text{ l/s}$$

CAUDAL DE DISEÑO:

$$Q_d = C_d + C_e = 0.516 \text{ l/s} \quad \text{Caudal que necesita la población para que se abastezca de agua}$$

CALCULO DEL CAUDAL DE LA FUENTE DE CAPTACIÓN

Fórmula de Manning:

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

$$Q = \frac{AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

V =	Velocidad	(m/s)
R =	radio hidráulico	(m)
S =	pendiente	
n =	coeficiente de Manning	
Q =	caudal	(m ³ /s)
A =	area	(m ²)

Tirante del canal:	0.30 m
Base del Canal:	0.40 m
Talud (z):	0.00
Pendiente:	0.001
Coeficiente de Manning:	0.027

Area Hidraulica:	0.12 m ²
Perimetro Mojado:	1.00 m
Radio Hidraulico:	0.12 m
Velocidad:	0.28 m/s
Caudal:	0.03 m ³ /s

Caudal: 34.19 l/s

TABLA 6.2
VALORES DEL COEFICIENTE n DE KUTTER QUE GENERALMENTE SE USA EN LOS DISEÑOS.

SUPERFICIE	n
Superficie metálica, lisa, sin pintar	0.012
Superficie metálica, lisa, pintada	0.013
Superficie metálica, corrugada	0.025
Cemento liso	0.011
Mortero de cemento	0.013
Madera cepillada	0.012
Madera sin cepillar	0.013
Tablones sin cepillar	0.014
Concreto liso	0.013
Concreto bien acabado, usado	0.014
Concreto frotachado	0.015
Concreto sin terminar	0.017
Gunita (sección bien terminada)	0.019
Gunita (sección ondulada)	0.022
Superficie asfáltica lisa	0.013
Superficie asfáltica rugosa	0.016
Tierra, limpia, sección nueva	0.018
Tierra, limpia, sección antigua	0.022
Tierra gravosa	0.025
Tierra, con poca vegetación	0.027
Tierra, con vegetación	0.035
Tierra, con piedras	0.035
Tierra, con pedrones	0.040
Para secciones circulares (trabajando como canal)	
Metal, liso	0.010
Acero soldado	0.012
Acero riveteado	0.016
Fierro fundido	0.013 – 0.014
Cemento	0.011 – 0.013
Vidrio	0.010

NOTA :

Este Caudal Minimo es Calculado desde la Fuente

Q = 34.19 l/s **(Caudal Minimo)**

Q min =	34.19 l/s	>	Qmd =	0.488 l/s	OK
----------------	-----------	-------------	--------------	-----------	-----------

DISEÑO HIDRAULICO DEL BIOFILTRO

Caudal de Diseño de la

Población : **Qd =** 7.18 l/s (según hojas de cálculo de sistema existente)

EN EL PRESENTE PROYECTO SE HA DECIDIDO:

DISEÑAR UN FILTRO DINÁMICO, EL CUAL TRABAJARÁ CON EL 70% DEL CAUDAL DE LA DEMANDA DE LA POBLACIÓN

PARÁMETROS DE DISEÑO

Caudal de diseño (Qd)	=	7.180	l/s
Caudal por filtrar:	=	70%	
	=	5.026	l/s
	=	0.005026	m3/seg
Velocidad de filtración (Vf)	=		0.50 - 3.00 m-h
Velocidad adoptada	=	1.200	m/h
	=	0.000333	m/seg

CALCULO DEL AREA SUPERFICIAL

$$As = \frac{Qf}{Vf}$$

Donde :

Qf =	Caudal a filtrarse		(m3/seg)
Vf =	Velocidad de filtración		(m/seg)
	As	=	15.10 m2

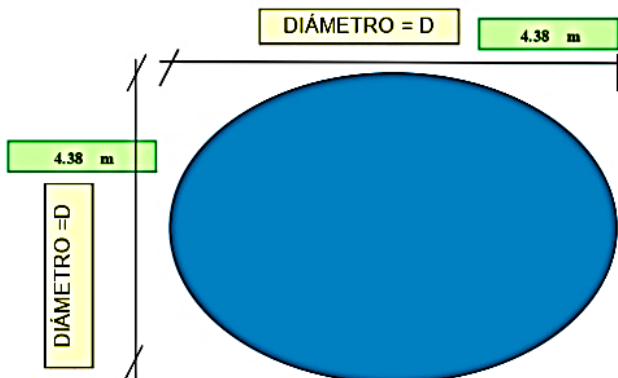
CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DEL BIOFILTRO

Diámetro (impuesto) **d** = 4.38 m

MEDIDAS ADOPTADAS DEL BIOFILTRO DINÁMICO:

DIÁMETRO DEL FILTRO : **D** = 4.38 m

Area de Filtración $\pi D^2/4$ = 15.10 m2



COMPROBACION DE LA VELOCIDAD SUPERFICIAL DE LAVADO

$$b = 3.40 \cdot \frac{QL}{Vs^3}$$

$$Vs = \sqrt[3]{\frac{3.40 \cdot QL}{b}}$$

Donde :

b = Ancho del biofiltro = **4.38** m
Q = Caudal disponible para el lavado superficial
Vs = Velocidad superficial de lavado = **0,15 - 0,30 m/s**

NOTA :

Adoptamos el caudal de lavado igual al caudal de ingreso al biofiltro = **5.026** l/seg

Vs = **0.16** m/s

ATENCIÓN ---->>>

DENTRO DE NORMA
ENTRE 0.15 - 0.30 m/seg.
ES ACEPTABLE

CAMARA DE ENTRADA Y SALIDA DEL BIOFILTRO

NOTA :

El valor de la cámara de entrada y salida debe ser 1/5 (20%) de la longitud del filtro.

Cámara de entrada y salida: **20%**

LARGO DE CÁMARA DE ENTRADA Y SALIDA = **0.88** m

Adoptamos : = **0.40** m

Considerando las cámaras de entrada y salida de sección cuadrada, tenemos :

LARGO DE LA CÁMARA L (caja) = **0.40** m
ANCHO DE LA CÁMARA B (caja) = **0.40** m
ALTURA DE LA CÁMARA Hcam (caja) = **0.40** m

CALCULO DE LA ALTURA DEL BIOFILTRO

Hf =	Hls + Hle + Hal + Hbl
-------------	------------------------------

Donde :

Hf =	Altura total del Biofiltro	(m)	
Hls =	altura del lecho de soporte (sedimentos)	0.20	m
Hal =	altura del agua	0.60	m
Hbl =	altura del borde libre	0.20	m

$$Hf = Hls + Hle + Hal + Hbl$$

$$Hf = 0.20 \text{ m} + 0.60 \text{ m} + 0.20 \text{ m}$$

Hf =	1.00	m
-------------	-------------	---

MANTENIMIENTO DEL BIOFILTRO :

El mantenimiento del biofiltro deberá realizarse cada 4 o 6 meses, debido a que como el C.P. Cayac no cuenta con un desarenador ni con una poza sedimentadora, muchas veces el agua de la captación arrastra partículas de lodo y arena los cuales pueden bloquear el orificio del grifo por el cual filtra el agua, disminuyendo su funcionalidad.

ANEXO N°02
PANEL FOTOGRAFICO



Figura 18. Zona de recolección de muestras de aguas del río Santa, puente Simmer, Recuay.



Figura 19. Recolección de muestra de agua, para ensayos de experimentación



Figura 20. Ubicación de punto de toma de muestras con GPS.



Figura 21. Zona de toma de muestras de cáscaras de naranja, Centro de Chicla - CHICLA, .



Figura 22. Lavado de cáscaras de naranja con agua destilada y escurrido para evitar que se pudra, producto a la humedad.



Figura 23. Se acondiciono un espacio de cordeles de hilo nailon para su secado a temperatura ambiente de la càscara de naranja por 2 semanas bajo techo.

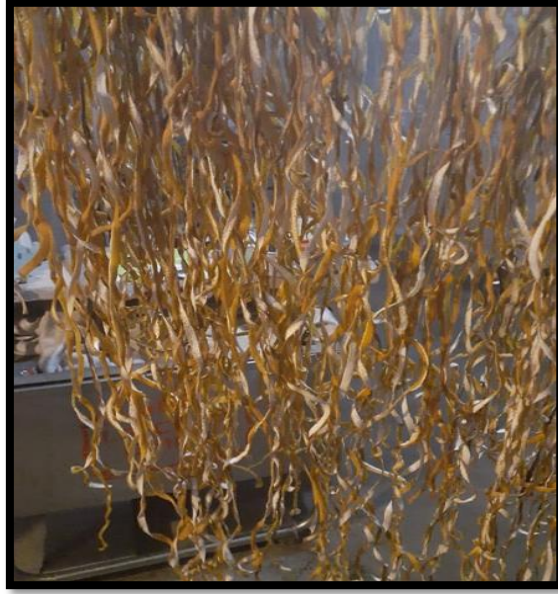


Figura 24. Muestra de càscara de naranja secada a temperatura ambiente durante 2 semanas.



Figura 25. Triturado de muestra de càscara de naranja con ayuda de un batan de madera, la cual fue desinfectada para evitar contaminación del material.



Figura 26. Tamizado de muestra cascara de naranja seca y triturada (Malla N°200).



Figura 27. Muestra de càscara de naranja en mufla para activarse a 480°C



Figura 28. Muestra de càscara de naranja almacenada en una bolsa tèrmica para mantener sus propiedades, luego de ser activada en la mufla a 480°C perdiendo asi el 60% de perdida de masa, quedando 800gr.



Figura 29. Separacion de muestras según dosis empleados para los ensayos requeridos, se observa dosis de 20gr y 10 gr.

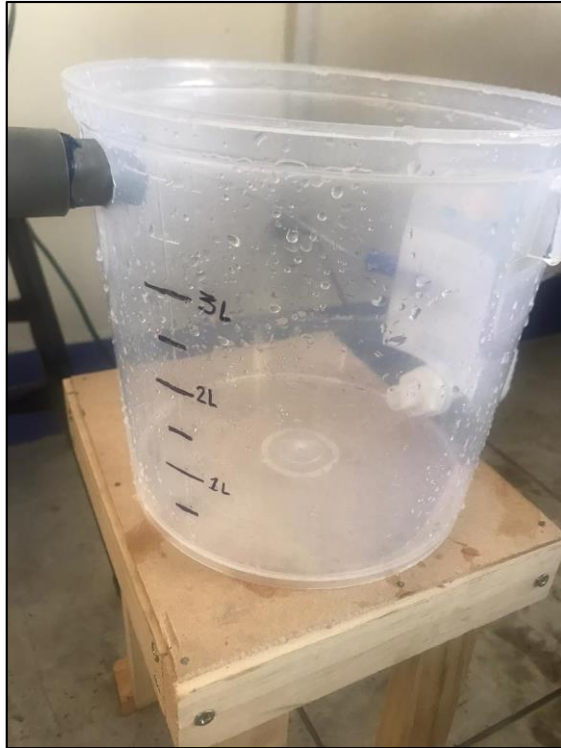


Figura 30. Baldes con capacidad de 4L. para biofiltro a escala.



Figura 31. Ensamblaje de partes del biofiltro a escala y accesorios requeridos.



Figura 32. Biofiltro culminado, en pleno proceso de remoción.



Figura 33. Muestra de agua contaminada en primer balde,



Figura 34. Añadiendo dosis de 10 gr/L de polvo cascara de naranja y apertura de la llave de pase, para iniciar remocion a 200 rpm.



Figura 35. Velocidad de 200 rpm indicadas en la pantalla LED de la caja del motor.

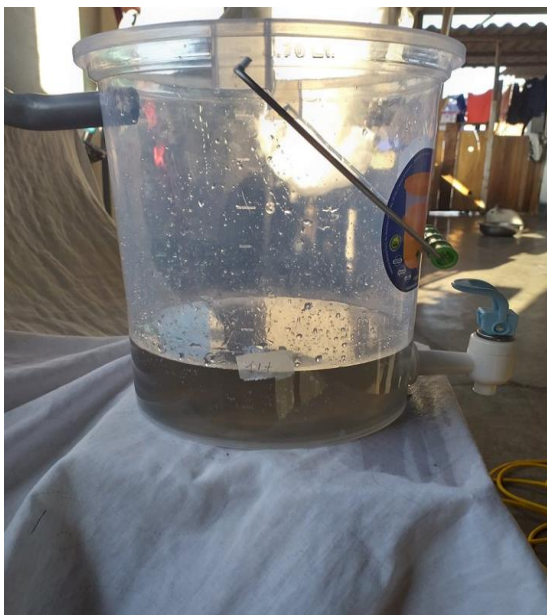


Figura 36. Balde con muestra en reposo de 30 minutos luego de la remoción.



Figura 37. Captando la muestra de agua tratada que se encuentra en el tercer balde, para llevar las muestras al laboratorio Colecbi S.A.C.



Figura 38. Muestras embotelladas e identificadas para ser llevadas al laboratorio Colecbi S.A.C.



Figura 39. Investigador en laboratorio Colecbi S.A.C.



Figura 40. *Presencia de la minería ilegal, la cual a través de sus relaves generan la contaminación de las aguas del río Santa en la provincia de Recuay.*

ANEXO N°03
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ZONA DE ESTUDIO

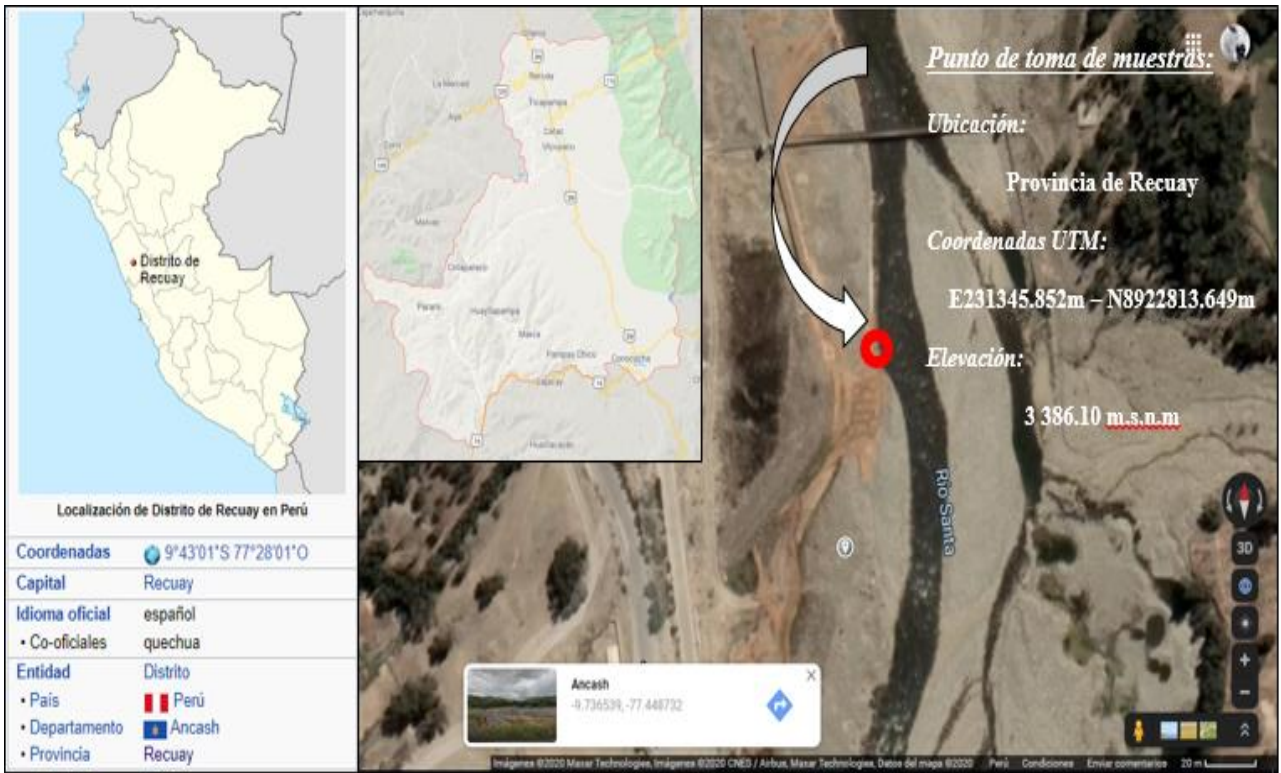


Figura 41: Ubicación geográfica de zona de estudio donde se tomaron las muestras de agua de las aguas del río Santa.

Fuente: Propia a través de Google Maps.

ANEXO N°04
BARRIDO DE METALES DE LAS AGUAS DEL RIO SANTA –
RSANT2/COLECBI



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046**



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20201104-003

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : BRIAN DJORKAEFF PINEDO MELGAREJO

DIRECCION : Pasaje Los Olivos N° 230 Miraflores Alto Chimbote.

NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA

PRODUCTO DECLARADO : **AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO).**

LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA

MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA

PLAN DE MUESTREO : NO APLICA

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA

FECHA DE MUESTREO : NO APLICA

CANTIDAD DE MUESTRA : 02 muestras.

PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.

CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.

FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-11-04

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-11-04

FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-11-13

LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.

CÓDIGO COLECBI : **SS 201104-3**

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	RIO SANTA RECUAY TICAPAMPA
(**) pH	3,62

(**) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060: I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF
ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	RIO SANTA RECUAY TICAPAMPA
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	17,42
Arsenico (As)	0,005	3,893
Boro (B)	0,003	1,520
Bario (Ba)	0,003	0,138
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	107,80
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0247
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0120
Cromo (Cr)	0,0003	0,0073
Cobre (Cu)	0,002	0,124
Hierro (Fe)	0,002	46,590
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	10,2
Litio (Li)	0,003	0,478
Magnesio (Mg)	0,02	12,47
Manganeso (Mn)	0,0003	5,3658

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



Registro N° LE-046

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20201104-003

Pág. 2 de 2

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	RIO SANTA RECUAY TICAPAMPA
Molibdeno (Mo)	0,002	<0,002
Sodio (Na)	0,06	42,53
Niquel (Ni)	0,0006	0,0073
Fósforo (P)	0,01	0,76
Plomo (Pb)	0,002	0,227
Antimonio (Sb)	0,003	0,048
Selenio (Se)	0,005	<0,005
Silice (SiO ₂)	0,01	>100
Estaño (Sn)	0,003	<0,003
Estroncio (Sr)	0,0003	0,6828
Titanio (Ti)	0,0007	0,4754
Talio (Tl)	0,002	0,006
Vanadio (V)	0,001	0,031
Zinc (Zn)	0,002	7,092

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed.2017. pH Value. Electrometric Method.

Metales Totales: EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Noviembre 16 del 2020.

GVR/jms

LC-MP -HRIEVO
Rev. 06
Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
BIOLOGO MICROBIOLOGO
L.E.P. 128
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

ANEXO N°05
ATD DE CÀSCARA DE NARANJA - UNT



Trujillo, 19 de noviembre del 2020

MSc. Danny Chávez N.
CIP: 84953

INFORME N° 04 - NOV-20

Solicitante: Brian Pinedo Melgarejo – Universidad San Pedro

RUC/DNI: -----

Supervisor:

1. MUESTRA: Cáscara de naranja (1.0 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CN-600	13 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 13 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa



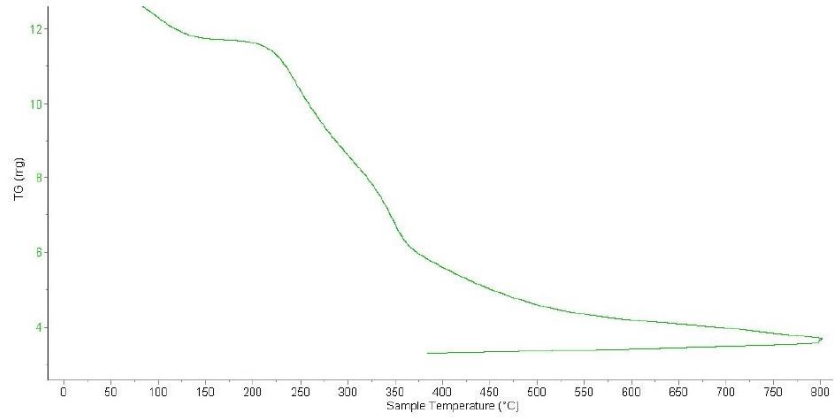
MSc. Danny Chávez N.
CIP: 84953

Trujillo, 19 de noviembre del 2020

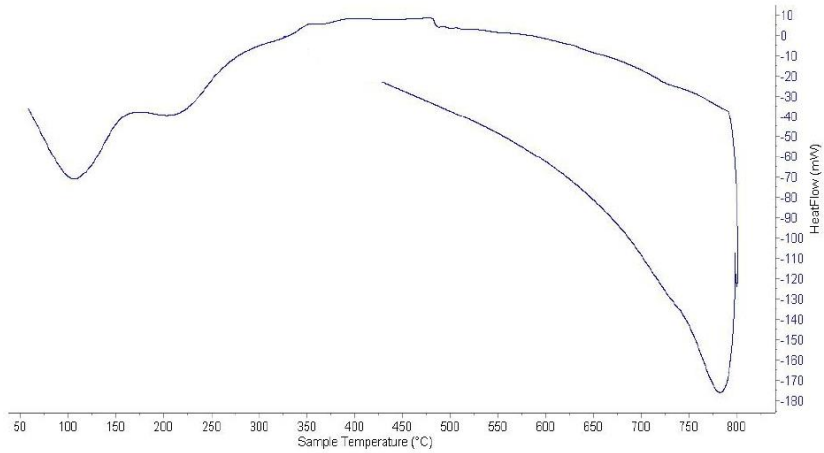
INFORME N° 04 - NOV-20

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica ATD






MSc. Danny Chávez N.
CIP: 84953

Trujillo, 19 de noviembre del 2020


INFORME N° 04 - NOV-20

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una caída muy intensa de la masa, la misma que se da en un rango entre 220 y 360°C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, y llegar a perder un total de 78% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar pico endotérmico en 100°C y una ligera banda a 210°C, posteriormente se muestra una ligera caída de la curva en absorción a 480°C, todas esas temperaturas involucrarían cambios estructurales y con ella, en las propiedades del material.

Trujillo, 19 de noviembre del 2020




Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

ANEXO N°06
CALCINACION DE CÀSCARA DE NARANJA - UNT

CALCINACION DE MATERIAL	
PROYECTO:	REMOCION DE ARSENICO MEDIANTE UN BIOFILTRO UTILIZANDO POLVO DE CASCARA DE NARANJA (CITRUS SINENCIS) EN AGUAS DEL RIO SANTA – LOCALIDAD DE TICAPAMPA.
SOLICITANTE:	BRIAN DJORKAEF PONEDO MELGAREJO
MATERIAL:	CASCARAS DE NARANJA

DATOS DE PRECALCINADO

PESO INICIAL	2.273 Kg
PESO FINAL (DESPUES DE PRECALCINADO)	0.785 Kg

RESULTADOS

TEMPERATURA DE CALCINACION	480 °C
TIEMPO A TEMPERATURA CONSTANTE MAXIMA	1 Hora 30 min
PESO INICIAL	0.785 Kg
PESO FINAL	0.063 Kg
PERDIDA(%)	0.92 %




Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384

ANEXO N°07

FRX DE POLVO DE CÀSCARA DE NARANJA ACTIVADA A 480°C –
LABICER / UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA



INFORME TÉCNICO N° 0062- 21 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : BRIAN DJORKAEFF PINEDO MELGAREJO
 - 1.2 DNI : 71726507
2. **FECHA DE EMISIÓN** : 15 / 01 / 2021
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE POLVO DE CÁSCARA DE NARANJA
 - 4.2 TESIS : Remoción de arsénico mediante un biofiltro utilizando polvo de cáscara de naranja (*Citrus cinensis*) en las aguas del Río Santa-Ticapampa.
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 25.0°C; Humedad relativa: 65%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DE ENERGÍA DISPERSIVA. SHIMADZU, EDX 800HS.

8. **RESULTADOS**

8.1 **ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS, %	MÉTODO UTILIZADO
Calcio, Ca	33.991	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva ⁽¹⁾
Potasio, K	32.035	
Silicio, Si	13.207	
Magnesio, Mg	8.566	
Hierro, Fe	7.414	
Fósforo, P	2.490	
Azufre, S	1.561	
Titanio, Ti	0.257	
Estroncio, Sr	0.208	
Manganeso, Mn	0.121	
Zinc, Zn	0.071	
Aluminio, Al	0.044	
Rubidio, Rb	0.034	

⁽¹⁾ Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.

8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS, %	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de potasio, K ₂ O	58.237	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva ⁽¹⁾
Óxido de calcio, CaO	16.296	
Óxido de magnesio, MgO	9.663	
Óxido de silicio, SiO ₂	7.562	
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	5.549	
Óxido de fósforo, P ₂ O ₅	2.229	
Óxido de titanio, TiO ₂	0.133	
Óxido de azufre, SO ₃	0.108	
Óxido de manganeso, MnO	0.078	
Óxido de estroncio, SrO	0.068	
Óxido de aluminio, Al ₂ O ₃	0.048	
Óxido de zinc, ZnO	0.018	
Óxido de rubidio, Rb ₂ O	0.010	

⁽¹⁾ Balance de resultados de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Nadia Rodríguez
Analista
LABICER –UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable de Análisis
Jefa de Laboratorio
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO



FIGURA N°1. Muestra de polvo de cáscara de naranja.



FIGURA N°2. Espectrómetro de fluorescencia de Rayos X de energía dispersiva.

ANEXO N°08

pH DE POLVO DE CÀSCARA DE NARANJA ACTIVADA A 480°C - COLECBI

ANEXO N°09
RESULTADOS DE MUESTRA PATRÓN – MUESTRA EXPERIMENTAL 01 Y
MUESTRA EXPERIMENTAL 02



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 046



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20210202-003

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : BRIAN PINEDO MELGAREJO.
 DIRECCIÓN : Pasaje Los Olivos 230 Miraflores Alto Mz Q Lote 7 Chimbote.
 NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA.
 PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO).
 LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA.
 MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA.
 PLAN DE MUESTREO : NO APLICA.
 CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA.
 FECHA DE MUESTREO : NO APLICA.
 CANTIDAD DE MUESTRA : 12 muestras.
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frascos de plástico con tapa.
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado. Refrigerada.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2021-02-02
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2021-02-02
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2021-02-14
 LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.
 CÓDIGO COLECBI : SS 210202-3

RESULTADOS

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

ENSAYOS	MUESTRAS		
	Rio Santa - Ticapampa	M - 01 adicionando 10g de polvo de cáscara de naranja	M - 02 adicionando 20g de polvo de cáscara de naranja
(**) pH	10,83	10,96	3,48
Conductividad (uS/cm)	1198	2500	426
Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	111	340	264
(*) Turbidez (NTU)	70	116	318

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA
 (**) Fuera del alcance de la acreditación por vigencia de muestra.

ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	Rio Santa - Ticapampa	M - 01 adicionando 10g de polvo de cáscara de naranja	M - 02 adicionando 20g de polvo de cáscara de naranja
Arsénico (As)	0,002	4,807	0,072	0,453

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed.2017. pH Value. Electrometric Method.
 Conductividad : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.
 Sólidos Suspendedos Totales : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C.
 Turbidez : APHA, AWWA and WEF/SM 23rd. Edition 2017 2130B
 Arsénico: EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Febrero 16 del 2021.
 GVR/jms

LC-HRUEVO
 Rev. 06
 Fecha 2019-07-01

(Firma)
A. Gustavo Vargas Ramos
 Gerente de Laboratorio
 BIOTECNOLOGÍA MICROBIOLÓGICA
 C. S. P. S. P.
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
 Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

ANEXO N°10
FICHA TÉCNICA DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA -ANCASH

FICHA TÉCNICA

Administración Local de Agua Huaraz

Aprobado por: Resolución Jefatural N° 043-2017-ANA

- 1. Ubicación:** Región Hidrográfica del Pacífico.
IV Autoridad Administrativa del Agua Casma-Huarmey

Situada en la parte noreste del territorio nacional, íntegramente ubicado en la región natural de la Sierra (parte alta de la cuenca del río Santa).

- 2. Superficie:** 6,535.23 km² (17.61% de AAA)

3. Límites:

Norte: ALA Santa - Lacramarca - Nepeña (AAA Huarmey-Chicama) y la ALA Pomabamba (AAA Marañón).

Este: ALA Pomabamba y Huari ambas pertenecientes a la AAA Marañón.

Sur: ALA Barranca (AAA Cañete-Fortaleza).

Oeste: ALA Casma-Huarmey y Santa-Lacramarca-Nepeña ambas pertenecen a la AAA Huarmey-Chicama.

4. Oficinas Administrativas:

Sede Administrativa: Huaraz (Dpto. Ancash).

Oficinas de Enlaces: La Pampa (Prov. Corongo, Dpto. Ancash)

5. Unidades hidrográficas que lo conforman.

Cod.	Unidad Hidrográfica	Superficie	
		km ²	% ALA
13766	Cuenca Manta	793.50	12.14
13767	Medio Alto Santa	421.25	6.45
13768	Cuenca Quitaracsa	384.98	5.89
13769	Alto Santa	4935.50	75.52
Total		6,535.23	100.00

6. Recursos Hídricos Superficiales:

El sistema hidrográfico natural del ámbito de la ALA, está formada por el área de drenaje de la cuenca alta del río Santa, su río principal es el curso superior del río Santa y es denominado como Tramo I del río Santa, sus características principales son:

Río	Tramo	km	Q (m ³ /s)
Alto Santa	I	229.0	S/D

El ámbito de este ALA se caracteriza por tener la mayor reserva natural de agua dulce, se debe a la presencia de la Cordillera Blanca, donde destaca el Huscarán (6,768 m.) como el Pico más alto del Perú

7. Recursos Hídricos Regulados:

El ámbito no dispone de sistemas regulados.

8. Recursos Hídricos Subterráneos:

No presenta aprovechamiento de aguas subterráneas.

9. Referencias Cartográficas de Límites:

Se han establecido 81 puntos de referencia (cotas) que señalizan los límites del ámbito de la Administración Local de Agua Huaraz.

Ámbito Político-Administrativo.

Administración Local de Agua			Departamento			Provincia		
Nombre	Área (km ²)	% AAA	Nombre	Área		Nombre	Área	
				km ²	% ALA		km ²	% ALA
Huaraz	6,535.23	17.61	Ancash	5,741.73	100.0	Huaraz	1169.33	20.37
						Aija	1.91	0.03
						Asunción	0.87	0.02
						Bolognesi	123.43	2.15
						Carhuaz	808.97	14.09
						Corongo	43.22	0.75
						Huari	3.33	0.06
						Huaylas	1775.70	30.93
						Pomabamba	1.19	0.02
						Recuay	1310.78	22.83
						Santa	0.78	0.01
						Sihuas	1.20	0.02
						Yungay	501.01	8.73
Huaraz	1169.33	20.37						

FUENTE: ANA-DCPRH-2017.

ANEXO N°11

ANTECEDENTES DE PRESENCIA EXCESIVA DE METALES PESADOS
(ARSÉNICO) EN EL RÍO SANTA - ANCASH

N°	Punto de Monitoreo	Descripción	Localidad /Distrito Provincial/ Departamento	Coord. TM WGS 84			Altura (msnm)	Observación
				Zona	Este	Norte		
Ámbito ALA - Huaraz								
1	LCono1	Vaciante del Río Santa a 100 m aguas abajo Laguna Conococha	Conococha/ Calac Recuay/Ancash	18L	250027	8880899	4025	Anteriormente se le asignó el código LCono
2	RYana1	Río Yanayacu, 150 m antes de tributar al río Santa	Conococha/ Calac Recuay/Ancash	18L	232744	8918418	3433	Anteriormente se le asignó el código RYana
3	RSant1	Río Santa, 100 m aguas arriba de los pasivos mineros de Ticapampa, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash	Ticapampa/ Ticapampa Recuay/Ancash	18L	232085	8920443	3470	
4	RSant2	Río Santa, 100 m aguas abajo de los pasivos mineros de Ticapampa, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash	Ticapampa/ Olleros Recuay/Ancash	18L	231756	8921564	3448	
5	RNegr1	Río Negro, 100 m aguas arriba del puente Olleros (margen izquierda), distrito de Olleros, provincia de Huaraz, departamento de Ancash	Bedoya/ Independencia/ Huaraz/Ancash	18L	228037	8929847	3320	Anteriormente se le asignó el código RNegr
6	RPar1	Río Paria, antes de la captación de agua para consumo humano de Huaraz e Independencia	Yarush/ Huaraz/ Huaraz/Ancash	18L	226287	8946755	3273	Anteriormente se le asignó el código RPar1
7	RAuqu1	Río Auqui, antes de la captación de agua para consumo humano de Huaraz	Auqui/ Huaraz/ Huaraz/Ancash	18L	227835	8946532	3307	Anteriormente se le asignó el código RAuqu
8	RQuil1	Río Quilcay, 150 m antes de tributar al río Santa	PTAR Huinac/ Huaraz/Huaraz/Ancash	18L	221603	8946115	3028	Anteriormente se le asignó el código RQuil
9	RSant5	Río Santa, 25 m aguas arriba del puente San Gerónimo ó puente Calicanto (margen izquierda)	Puente Calicanto-Los Olivos/ Huaraz/Huaraz/Ancash	18L	221601	8945820	3039	
10	RSant6	Río Santa, 70 m aguas abajo del puente Silvia Marac (margen derecha) - zona Monterrey	Puente Silvia Marac/ Independencia/ Huaraz/Ancash	18L	221342	8950825	2951	
11	RChuc1	Río Chuc Chuc, antes de la captación de agua para consumo humano de Carhuaz	Pampa/ Carhuaz/ Shonquill/ Carhuaz/Ancash	18L	216374	8977963	3573	Anteriormente se le asignó el código RChuc

Figura 42: Red de puntos de monitoreo en la cuenca río santa - 2016

Fuente: ANA (Autoridad Nacional del Agua – Perú 2016).

N°	Recurso Hidrico	Punto de muestreo	Categoría ECA-AGUA	Parámetros que incumplieron los ECA - Agua
Cuenca del Rio Santa				
29	Rio Santa	RSant1	1-A2	Oxígeno disuelto, Escherichia coli , y arsénico (3 parámetros)
		RSant2		Oxígeno disuelto, Escherichia coli , aluminio, arsénico y hierro (5 parámetros)
		RSant5		Oxígeno disuelto, aluminio, arsénico y hierro (4 parámetros)
		RSant6		Oxígeno disuelto, aluminio, fósforo total y hierro (4 parámetros)
		RSant7		Oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, Escherichia coli, aluminio, arsénico y hierro (6 parámetros)
		RSant8		Aluminio y hierro (2 parámetros)
		RSant9		Oxígeno disuelto, Escherichia coli, demanda química de oxígeno, aluminio, y hierro (5 parámetros)
		RSant10		Oxígeno disuelto, Escherichia coli, aluminio, arsénico y hierro (5 parámetros)
		RSant11		Escherichia coli, aluminio, arsénico y hierro (4 parámetros)
		RSant12		Oxígeno disuelto, Escherichia coli, demanda química de oxígeno, aluminio, arsénico y hierro (6 parámetros)
		RSant13		Oxígeno disuelto, Escherichia coli, aluminio, arsénico, fósforo total y hierro (6 parámetros)
		RSant14		Aluminio y hierro (2 parámetros)
		RSant15		Aluminio y hierro (2 parámetros)

Figura 43: Resultados de análisis en la cuenca río santa - 2016

Fuente: ANA (Autoridad Nacional del Agua – Perú 2016).

ANEXO N°12
CUADROS INFORMATIVOS CON LOS L.M.P. DE ARSÉNICO Y
PARÁMETROS FÍSICOS – QUÍMICOS SEGÚN ECA

Categorías / Sub-categorías	As (mg/l)
Categoría 1: Uso poblacional y recreacional	
<i>Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable</i>	
A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	0.01
A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	0.01
A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	0.05
<i>Aguas superficiales destinadas para recreación</i>	
B1: Contacto primario	0.01
B2: Contacto secundario	**
Categoría 2: Actividades marino costeras	
C1: Extracción y cultivo de moluscos bivalvos	0.05
C2: Extracción y cultivo de otras especies microbiológicas	0.05
C3: Otras actividades	0.05
Categoría 3: Riesgo de vegetales y bebida de animales	0.05
Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	
<i>Lagunas y lagos</i>	<i>0.01</i>
<i>Ríos</i>	
Costa y Sierra	0.01
Selva	0.05

Figura 44: Resumen de cuadros de concentraciones máximas permisibles de arsénico (mg/l) en el agua según los ECA (estándares nacionales de calidad ambiental).

Fuente: ECA (Estándares Nacionales de Calidad Ambiental), (Perú - 2018)

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	4	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	25,1	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,290	0,042
5	15,3	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,024
10	10,2	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,019
15	6,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,016
20	4,0	15,3	4,83	1,54	0,489	0,171	0,067	0,011
25	3,5	10,6	3,37	1,08	0,358	0,125	0,053	0,008
30	2,7	7,50	2,39	0,767	0,290	0,094	0,043	0,007

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo al punto al cual se toma el agua. Si se toma la muestra en un punto más extremo se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICO-QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L		5	10
Bacterias	mg/L		500	--
Canas Wad	mg/L		0,1	0,1
Cianuro	mg/L		500	--
Color (b)	Color verdadero Escala Pt-Co		100 (a)	100 (a)
Conductividad	(µS/cm)		2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L		15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L		40	40
Detergentes (SANI)	mg/L		0,2	0,5
Fenoles	mg/L		0,002	0,01
Fluoruro	mg/L		1	--
Nitrato (NO ₃ -N) + Nitrito (NO ₂ -N)	mg/L		100	100
Nitrato (NO ₃ -N)	mg/L		10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L		≥ 4	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH		6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Sulfato	mg/L		1 000	1 000
Temperatura	°C		± 3	± 3
INORGÁNICOS				
Amonio	mg/L		5	5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L		0,1	0,2
Bario	mg/L		0,7	--
Berilio	mg/L		0,1	0,1
Boro	mg/L		1	5
Cadmio	mg/L		0,01	0,05
Cobalto	mg/L		0,2	0,5
Cromo	mg/L		0,05	1
Cromo Total	mg/L		0,1	1
Hierro	mg/L		5	--
Litio	mg/L		2,3	2,5
Magnesio	mg/L		--	250
Manganeso	mg/L		0,2	0,2
Mercurio	mg/L		0,001	0,01
Níquel	mg/L		0,2	1
Potasio	mg/L		0,05	0,05
Selenio	mg/L		0,02	0,05
Zinc	mg/L		2	24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilo Policlorado (PCB)	µg/L		0,04	0,043
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L		35	35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L		0,034	0,7
Clordano	µg/L		0,036	7
Decloro Bifenil Tricloroetano (DDE T)	µg/L		0,031	10
Dieldrin	µg/L		0,5	0,5
Endosulfán	µg/L		0,01	0,01
Endrin	µg/L		0,034	0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L		0,01	0,05
Lindano	µg/L		4	4
Carbónato				
Alcicarb	µg/L		1	11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	--	--
Huevos de Helicobacter	Huevo/L	1	1	--

(a): Para aguas claras. Sin cambio anómalo (para aguas que presenten coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

± 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo -- dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Figura 45: Estándares de Calidad 2017, destinadas para uso de bebidas de animales y regadío de vegetales

Fuente: ECA (Estándares Nacionales de Calidad Ambiental), (Perú - 2017).