

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



**Remoción de Arsénico en aguas del Río Santa mediante un
Biofiltro empleando cenizas de vaina de arveja (*Pisum
Sativum*) en 5 y 10 gr/L**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor

Zapata Burgos, Héctor Arturo

Asesor

Flores Reyes, Gumercindo

Chimbote – Perú

2020

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 Civil

TÍTULO

Remoción de Arsénico en aguas del Río Santa mediante un Biofiltro empleando cenizas de vaina de arveja (*Pisum Sativum*) en 5 y 10 gr/L.

RESUMEN

La investigación que se llevó a cabo con este proyecto tuvo como propósito remediar el alto nivel de arsénico presente en las aguas del Río Santa mediante un biofiltro empleando cenizas de vaina de arveja en 5 y 10 gr/L.

El proyecto de investigación se realizó con las aguas del Río Santa, en el punto de monitoreo RSant2 ubicado en el distrito de Recuay, que se encuentra contaminado con una cantidad de arsénico no apta para el consumo humano; lo que se puede llegar a cumplir con el uso de un biofiltro empleando ceniza de vaina de arveja, y así poder cumplir los estándares según ECA (Estándares de Calidad Ambiental).

La investigación experimental se trabajó con el método de adsorción, que se encargó en la captación de diferentes especies químicas empleando ceniza de vaina de arveja ubicándolo dentro del biofiltro con agua contaminada teniendo un comportamiento directo al metal, a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción; la ceniza de vaina de arveja tiene un gran porcentaje de calcio, potasio, sílice, magnesio, fósforo (sorbentes positivos) y de pectina lo cual se puede adherir al arsénico (solute negativo); propiedades que fueron activadas a las temperaturas sugeridas por el ensayo de ATD (800°C) y una vez activadas fueron confirmadas por el ensayo de FRX.

Se llevó a cabo la investigación mediante el método experimental utilizando las dosis de 5 gr/L de ceniza de vaina de arveja mediante un biofiltro, con lo cual se obtuvo un 82.22% de remoción de arsénico en referencia a la muestra patrón extraída del río Santa. Así mismo se empleó la dosis de 10gr/L de ceniza de vaina de arveja a través del mismo método, con lo que se obtuvo un 90.50% de remoción de arsénico en referencia a la muestra patrón extraída del río Santa.

ABSTRACT

The research carried out with this project aims to remedy the high level of arsenic present in the waters of the Río Santa through a biofilter using pea pod ashes in 5 and 10 gr / L.

The research project was carried out with the waters of the Santa River, at the RSant2 monitoring point located in the Recuay district, which is contaminated with a quantity of arsenic not suitable for human consumption; what can be achieved with the use of a biofilter using pea pod ash, and thus be able to meet the standards according to ECA (Environmental Quality Standards).

The experimental investigation was worked with the adsorption method, which was in charge of capturing different chemical species using pea pod ash, placing it inside the biofilter with contaminated water, having a direct behavior to the metal, through physicochemical mechanisms such as adsorption; pea pod ash has a high percentage of calcium, potassium, silica, magnesium, phosphorus (positive sorbents) and pectin, which can adhere to arsenic (negative solute); Properties that were activated at the temperatures suggested by the ATD test (800 ° C) and once activated were confirmed by the FRX test.

The investigation was carried out by the experimental method using the 5 gr / L doses of pea pod ash through a biofilter, with which an 82.22% removal of arsenic was obtained in reference to the standard sample extracted from the Santa River . Likewise, the dose of 10gr / L of pea pod ash was used through the same method, with which a 90.50% removal of arsenic was obtained in reference to the standard sample extracted 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.....	vii
Simbología y abreviaturas.....	xi
I. Introducción.....	1
II. Metodología.....	40
III. Resultado.....	49
IV. Análisis y discusión.....	58
V. Conclusiones.....	62
VI. Recomendaciones.....	63
VII. Referencias bibliográficas.....	64
VIII. Agradecimientos.....	69
IX. Anexos y apéndices.....	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Arsénico con altos niveles de oxígeno.....	8
Tabla 2. Consecuencias del consumo de agua con arsénico en exceso.	9
Tabla 3. Concentraciones máximas permisibles de arsénico (mg/l) según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.....	12
Tabla 4. Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida.....	14
Tabla 5. Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida.....	15
Tabla 6. Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida.....	16
Tabla 7. Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida.....	17
Tabla 8. Ventajas y desventajas de las principales tecnologías convencionales para la remoción de metales pesados del agua bebida.....	18
Tabla 9. Tipos de biomasas naturales usadas para la preparación de biosorbentes...	20
Tabla 10. Monitoreo del punto de monitoreo, RSant2	29
Tabla 11. Resultados del monitoreo de la cuenca del Río Santa, RSant2	30
Tabla 12. Resultados del monitoreo de la cuenca del Río Santa, RSant2	31
Tabla 13. Variable dependiente: Remoción de arsénico.....	38
Tabla 14. Variables independientes: Ceniza de vaina de arveja (5 y 10 gr/L)	38
Tabla 15. Resultados de barrido de metales en aguas del Río Santa – Rsant2.....	49
Tabla 16. Composición elemental de la ceniza de vaina de arveja en % de masa.....	50

Tabla 17. Resultado de pH realizado a la muestra de ceniza de vaina de arveja.....	51
Tabla 18. Resultados de presencia de arsénico en aguas del Río Santa.	51
Tabla 19. Resultados de parámetros físico-químicos de arsénico en aguas del Río Santa.....	51
Tabla 20. Resultados de presencia de arsénico en aguas del Río Santa.	52
Tabla 21. Resultados de parámetros físico-químicos de arsénico en aguas del Río Santa.....	52
Tabla 22. Resultados de presencia de arsénico en aguas del Río Santa.	52
Tabla 23. Resultados de parámetros físico-químicos de arsénico en aguas del Río Santa.....	53
Tabla 24. Variación de parámetros físicos – químicos de las aguas del río Santa posterior al uso de ceniza de vaina de arveja.....	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuenca monitoreada Río Santa – ALA Huaraz.....	28
Figura 2. Resultados del monitoreo del punto RSant2.	30
Figura 3. Naciones donde sus aguas han registrado presencia de arsénico..	34
Figura 4. Monitoreo de las aguas del Río Moche – Rmoch12.	36
Figura 5. Monitoreo de las aguas del Río Santa – Rsant2.	37
Figura 6. Gráfico de barras representando la cantidad de cloruros obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.....	54
Figura 7. Gráfico de barras representando la cantidad de pH obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.....	54
Figura 8. Gráfico de barras representando la conductividad obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.	55
Figura 9. Gráfico de barras representando los sólidos totales obtenidos por las muestras y el L.M.P. según ECA.....	55
Figura 10. Gráfico de barras representando la turbidez obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.....	56
Figura 11. Gráfico de barras representando la cantidad de arsénico obtenidas por las muestras y el L.M.P. según ECA.....	56
Figura 12. Gráfico de representando el porcentaje de arsénico obtenidas por las muestras y el L.M.P. según ECA.....	57
Figura 13. Zona de recolección de muestras de aguas del río Santa, cercanías del puente Simmer, Recuay.	81
Figura 14. Botellas con etiquetas detallando las características de las muestras.....	81
Figura 15. Zona de toma de muestras de vaina de arveja, mercado “La Perla”, Chimbote.....	82
Figura 16. Recolección de muestra para barrido de metales.	82

Figura 17. Recolección de 3 muestras de 3L. para método experimental	83
Figura 18. Ubicación de punto de toma de muestras con GPS.....	83
Figura 19. Cuarteo y limpieza con agua destilada de muestra de vaina de arveja.....	84
Figura 20. Escurrido de muestras lavadas para evitar que se pudra producto de humedad.....	84
Figura 21. Acondicionamiento y esparcimiento de muestra para secado a temperatura ambiente (La muestra fue cubierta para evitar contaminación con sólidos o aguas de garuas, lluvias, etc.).	85
Figura 22. La muestra fue expuesta a temperatura ambiente desde el día 06 de enero hasta el día 29 de enero, teniendo en cuenta un rango de temperatura máxima de 22°C-23°C (en su mayoría en horas de 11:30am-02:30pm) y un rango de temperatura mínima de 19°C-20°C (en su mayoría en horas de 21:00pm-04:00am).....	85
Figura 23. Cuarteo de muestra de vaina de arveja secada a temperatura ambiente durante 3 semanas y 3 días.	86
Figura 24. Triturado de muestra de vaina de arveja seca con ayuda de una licuadora, la cual fue desinfectada para evitar contaminación del material.	86
Figura 25. Tamizado de muestra de vaina de arveja seca y triturada (Mallas N°40, N°60 y N°200).	87
Figura 26. Pesado de muestra tamizada, luego se le sumó 170.5gr y se llegó a pesar 1Kg de muestra tamizada.....	87
Figura 27. Se llevaron 5gr de muestra de vaina de arveja a la UNT, para poder realizar el ensayo de ATD y así conocer la temperatura a la cual se activa con mayores propiedades la muestra.	88
Figura 28. Muestra de ceniza de vaina de arveja, resultado de activación a temperatura de 800°C durante 1 hora con pérdida de 89% de material (peso inicial: 1000gr – peso final: 103gr).....	88
Figura 29. Pesaje de muestras para realizar ensayos requeridos.	89

Figura 30. Separación de muestras para ensayos requeridos y experimentales según se requiera.	89
Figura 31. Baldes con capacidad de 4L. para biofiltro a escala.....	90
Figura 32. Ensamblaje de partes del biofiltro a escala y accesorios requeridos.	90
Figura 33. Biofiltro culminado, en pleno proceso de remoción.	91
Figura 34. Muestra de agua contaminada en primer balde (captación).	91
Figura 35. Inserción de muestra de ceniza de vaina de arveja al segundo balde (cámara de remoción).	92
Figura 36. Apertura de llave de paso para iniciar remoción a 200 rpm.	92
Figura 37. Velocidad de 200 rpm indicadas en la pantalla LED de la caja del motor.	93
Figura 38. Balde con muestra en reposo de 15 minutos luego de la remoción.	93
Figura 39. Captando la muestra de agua tratada que se encuentra en el tercer balde, para llevar las muestras al laboratorio Colecbi S.A.C.	94
Figura 40. Muestras embotelladas e identificadas para ser llevadas al laboratorio Colecbi S.A.C.	94
Figura 41. Muestras siendo entregadas para los estudios requeridos en el laboratorio Colecbi S.A.C.	95
Figura 42. Investigador en laboratorio Colecbi S.A.C.	95
Figura 43. Ing. Rogelio Castañeda presenciando la culminación del biofiltro para remoción de arsénico con ceniza de vaina de arveja.	96
Figura 44. 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.	96
Figura 45: Ubicación geográfica de zona de estudio donde se tomaron las muestras de agua de las aguas del río Santa.....	98

Figura 46: Ubicación geográfica de zona de recolección de muestras de vaina de arveja para el desarrollo de la investigación.	98
Figura 47: Red de puntos de monitoreo en la cuenca río santa - 2016	110
Figura 48: Resultados de análisis en la cuenca río santa - 2016.....	111
Figura 49: Resultados de análisis de barrido de metales pesados en la cuenca río santa punto rsant2 realizado por el investigador en el laboratorio Colecbi – Nuevo Chimbote – 2018, resultado usado como antecedente.	112
Figura 50: Resultados de análisis de barrido de metales pesados en la cuenca río santa punto rsant2 realizado por el ANA (autoridad nacional del agua) – 2019, resultado usado como antecedente.	113
Figura 51: Resumen de cuadros de concentraciones máximas permisibles de arsénico (mg/l) en el agua según los ECA (estándares nacionales de calidad ambiental).	115
Figura 52: Parámetros físicos y químicos del agua, categoría 1: Poblacional y recreacional.	116

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 Supremo

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación presenta el modo de actuar de la ceniza de vaina de arveja (*Pisum Sativum*) en contacto con aguas del Río Santa mediante un biofiltro, aguas las cuales se encontraron contaminadas con arsénico.

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

Aparecen muchas interrogantes para este asunto, debido a que es original y fundador, una de ellas es hallar la dosis de ceniza de vaina de arveja apropiada para que ejerza bien en la disminución de arsénico, otra interrogante es la manera de activación en un tiempo definido, se puede activar de diferentes maneras; en esta investigación se activó con una mufla a 800°C.

El arsénico posee propiedades negativas que al encontrarse en el agua y son usadas 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 pobladores que adquieren directamente dicha agua sin cierto tratamiento previo, por lo cual una gran complacencia poder utilizar la ceniza de vaina de arveja como removedor de arsénico.

Antecedentes

Internacionales

Ashish, K., Jayprakash, P. y Satish, K. (2018) en su publicación: “Eliminación bioabsorbente de arsenito y arseniato del medio acuoso utilizando un adsorbente de bajo costo derivado de 'vainas de guisantes verdes': exploración de cinética, termodinámica e isothermas de adsorción”, en donde exploran características de biosorción de vainas de guisantes verdes (PGP) para arsenito y arseniato remoción en medio acuoso; llegan a concluir que los ensayos de desorción de PGP culminado señalan 81% de As (III) y 72% de As (V) podrían ser lixiviado. Además de poder usar el biosorbente hasta en 7° ciclos de operación incesante apoya su importancia

comercial con muy pocos efectos de los iones comunes siendo calificado para la absorción.

Hina, K., Srinivasa, R., Vijaya, S., Jayakumar, S., Bondili, S. y Venkateshwar, P. (2007) a través de su publicación: “Biosorción: una alternativa ecológica para la eliminación de metales pesados”, donde indica que los metales pesados se producen de manera quieta en los sedimentos y en la naturaleza como minerales. Más aún, originado por múltiples labores humanas como los procesos industriales para extraer mineral y los ciclos biogeoquímicos naturales se rompen causando aumento de la deposición de metales pesados en el medio ambiente terrestre y acuático. La liberación de estos contaminantes sin el tratamiento adecuado representa una amenaza significativa a la vez el medio ambiente y la salud pública, ya que no son biodegradables y persistente.

Mediante un proceso de biomagnificación, se acumulan más en las cadenas alimentarias. Por tanto, su tratamiento se vuelve inevitable y en este esfuerzo, biosorción aparenta poder ser opción para la remediación de aguas contaminadas de metal. Esta metodología usa varios tipos de biomasa como fuente de metales pesados trampa en aguas contaminadas. El biosorbente se prepara sometiendo la biomasa a diversos procesos como pretratamiento, la granulación y la inmovilización, resultando finalmente en el metal atrapado en grano como las estructuras. Estas perlas son despojadas de iones metálicos por desorción que pueden ser reciclados y reutilizados para ciclos posteriores. Esta tecnología OUT- realiza sus predecesores no sólo debido a su rentabilidad, sino también en él se eco-amigable es decir, cuando fallan otras alternativas.

Nacionales

Zapata, H. (2018) en su tesis de pregrado llamada: “Biosorción de arsénico en el río Santa empleando 5gr/L de biomasa vegetal de vaina de frijol”, en la cual se buscó determinar la capacidad de adsorción de arsénico mediante el uso de biomasa vegetal de vaina de frijol en proporciones de 5gr/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 dañina para el consumo humano o la agricultura; la cual se puede remediar con el uso de biosorción empleando biomasa vegetal de vaina de frijol, y cumplir los estándares según ECA (Estándares de Calidad Ambiental).

Ensayo en el cual se propuso la factibilidad de que la dosis de 5g/l empleadas elimine más del 78.9% de arsénico y se dé a cabo que el agua del río Santa cumpla con los estándares de cantidad de arsénico en el agua. Obteniéndose como resultado la remoción de un 80.39% de arsénico presentes en la muestra, 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.

Fundamentación Científica

1. 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 microcontaminantes 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 que mantener abasto suficiente de agua de buena calidad para nosotros como población y conservar las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas, acoplando las labores humanas a los límites de la capacidad de la naturaleza y combatiendo 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 envolver 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 (H_2O), 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.

2. 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 $H_2AsO_4^{2-}$ 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 reversa, 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.

3. 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)

4. Remoción de Metales Pesados (Arsénico)

Métodos convencionales para la remoción de metales pesados (arsénico)

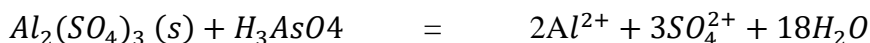
Kanamadi et al, (2006) indica que en las últimas décadas, diversos métodos han sido desarrollados para la remoción de iones metálicos del agua de bebida, tanto bajo condiciones de laboratorio como aplicadas en terreno. Estos métodos de remoción se basan principalmente en procesos físicos, químicos y 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.

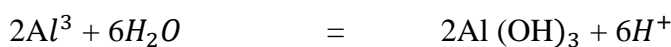
La adsorción y co precipitación con metales hidrolizantes como aluminio y hierro es la técnica de tratamiento más comúnmente utilizada para este fin. Las posibles ecuaciones de coagulación con aluminio y hierro se describen a continuación:

Aluminio

Disolución de aluminio:



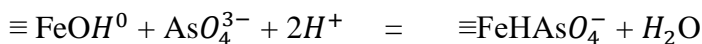
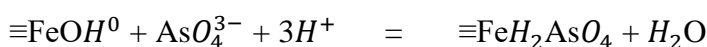
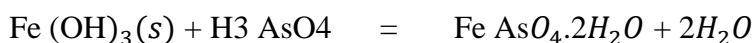
Precipitación de aluminio (acídico)



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
<ul style="list-style-type: none"> - Su costo inicial correspondientemente bajo, cuando se usa en sistemas a gran escala puede ser una tecnología costo-efectiva. - Trabajo relativamente simple (cuando se compara con las otras tecnologías listadas). - Químicos comúnmente disponibles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pasividad limitada a las variaciones de pH. (para sulfuros) - Puede verse afectado por la apariencia de sólidos suspendidos. - 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.

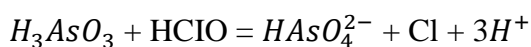
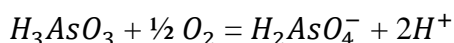


Tabla 5

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

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> - Proceso comparativamente simple, de bajo costo, pero lento. - Oxida otras impurezas y elimina contaminación microbiana (cuando se usa cloro o similar como agente oxidante). 	<ul style="list-style-type: none"> - Se solicita el uso de químicos. - 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; Petrusovski, 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
<ul style="list-style-type: none">- Técnicas comparativamente conocidas, definidas y comercialmente disponibles.- Efluente de alta pureza.- Alta efectividad.	<ul style="list-style-type: none">- Tolerancia restringida a las variaciones de pH.- Puede verse afectado por la presencia de sólidos suspendidos.- Origina residuos tóxicos.- 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; Petrusovski, 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 biomosas 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 isoterma 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 porpagación 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 pendiendo 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 las 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.

5. 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 cimbras 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.

6. Uso de residuos de arveja

Cada una de las partes de la vaina de arveja posee ciertas características como antioxidante en el organismo. Este resultado se genera por la presencia de vitamina C, manganeso, betacaroteno y ácidos fenólicos del alimento. Por lo cual, la vaina refuerza a comprimir los radicales libres del organismo, que son los comprometidos del apareamiento de enfermedades crónicas.

En el caso de la vaina, estas son usadas para prevenir la fatiga y la anemia porque tiene una gran suma de hierro en su composición.

Además se están hallando otros usos para la utilización de restos de la industria para la belleza.

Vaina de arveja como sorbente: En la actualidad hay perspectiva en el uso de desechos o residuos formados por el comercio, en especial existe en nuestro país un evidente comercio de arveja, las cuales comprensiblemente generan desechos y que generalmente no generan ninguna utilidad; entre los desechos podemos encontrar lo que usualmente se nombra cáscara o vaina de arveja.

La arveja, son leguminosas originarias de América y unos son del Perú. Son plantas herbáceas periódicas cuyo fruto es una verdura contenida en una vaina de 7 a 10 cm de largo y 1.8 cm de ancho, que son cultivos habituales en diversas regiones de la costa, sierra y selva.

Sus frutos son vainas que tienen la forma prolongada que sujeta varios granos de semillas redondeadas, de varias formas, desiguales tamaños y colores.

Las vainas de frijol son de nuestro beneficio dentro de los estudios de biosorción puesto que contiene pectina en su estructura y que junto con las propiedades minerales con las que cuenta se considera como un potencial material sorbente, pero además se considera que el vegetal es el más prominente entre los otros vegetales.

Características de los minerales de la vaina de arveja:

- Calcio; El ion calcio, Ca^{++} , forma sales desde prudentemente solubles a muy insolubles. Lanza fácilmente como CO_3Ca . Contribuye de forma muy especial a la dureza del agua y a la formación de incrustaciones. Las aguas dulces suelen contener de 10 a 250 ppm o incluso 600 ppm. (Miguel R. Lapeña).
- Magnesio; El ion calcio, Mg^{++} , tiene patrimonios muy parejos a las del ion calcio. Las aguas dulces enlosen contener entre 1 y 100 ppm. Ayuda a la dureza del agua y a pH alcalino logra crear incrustaciones de hidróxido.
- Hierro; El ion hierro se puede mostrar como ion ferroso, Fe^{++} , o en la forma más oxidada de ion férrico, Fe^{+} . La permanencia de las diferentes formas químicas depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras del medio, composición de la solución, presencia de materias orgánicas acomplejantes.
- Sodio; El ion sodio, pertenece a sales de solubilidad muy elevada y difícil de precipitar. Suele estar coligado al ion cloruro. El contenido en aguas dulces suele ser entre 1 y 150 ppm.

Arsénico en el río Santa – ala Huaraz

Monitoreo realizado por ANA al río Santa, punto RSant2.

Tabla 10

Monitoreo del punto de monitoreo, RSant2

N°	Punto de monitoreo	Descripción	Localidad/Distrito Provincia/Departamento	Coord. TM WGS 84			Altura (m.s.n.m.)	Observación
				Zona	Este	Norte		
Ambito 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, departamento de Ancash	Ticapampa/Ticapampa Recuay/Ancash	18L	232085	8920443	3470	
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/Hu araz/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/An cash	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/Anc ash	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/An cash	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/Anc ash	18L	221601	8945820	3039	
10	RSant5	Río santa, 70m aguas abajo del puente Silvia Marac (margen derecha) – zona Monterrey	Puente Silvia Marac/Independencia/Huar az/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 asignó el código RChuc

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2016.

Tabla 11

Resultados del monitoreo de la cuenca del Río Santa, RSant2

29	Río Santa	RSant1	1-A2	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)
		RSant8		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.

RESULTADOS			
ENSAYOS		MUESTRA	
		Ticapampa	
(*) pH		2,95	
Conductividad (uS/cm)		1 263	
Metales (**)	Resultados (mg/L) Ticapampa	Metales (**)	Resultados (mg/L) Ticapampa
Aluminio (Al)	8,0644	Magnesio (Mg)	12,47
Arsénico (As)	6,3121	Manganeso (Mn)	7,0356
Boro (B)	1,3554	Molibdeno (Mo)	<0,0006
Bario (Ba)	0,0223	Sodio (Na)	35,87
Berilio (Be)	0,0016	Niquel (Ni)	0,1132
Calcio (Ca)	101,16	Fósforo (P)	0,2662
Cadmio (Cd)	0,0428	Plomo (Pb)	0,16575
Cerio (Ce)	0,0054	Antimonio (Sb)	0,05285
Cobalto (Co)	0,0086	Selenio (Se)	<0,0045

Figura 2. Resultados del monitoreo del punto RSant2.

Fuente: Investigador Zapata, B., (2016)

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

Tabla 12

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		Aguas Superficiales			
Identificación		RSant2		RSant17			
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 intención remover arsénico usando un biofiltro empleando ceniza de vaina de arveja activada térmicamente, debido a que gran parte del Río Santa tiene contaminante soberanamente infecto para la vida humana, flora y fauna muy próximas a los ríos, ya que engullen sus aguas por vía oral. Se realizó el uso de un prototipo, el cual nos consintió probar que se puede realizar la adsorción de arsénico en el agua.

El presente proyecto investiga la parte hidráulica ambiental y económica ya dado que es un proyecto innovador que beneficiara a los centros poblados que se colindan con las aguas del Río Santa, en especial al punto RSant2 ubicado en Recuay, el cuál

beneficia a este pueblo y anexos, dado que la cascara o vaina de arveja se cultiva abundantemente en Perú y no tiene un uso en específico por lo que la cáscara de arveja es un biomaterial económico debido a su abundancia, no genera contaminación y sobre todo es un recurso natural renovable, se optó por el uso de la vaina de arveja como alternativa de adsorción de arsénico.

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

Para reducir el daño que generan los metales tóxicos y prestar sus trastos o su reutilización estos logran ser sometidos a técnicas que generan cambios en su estado físico y/o en su etapa de enmohecimiento. En las aguas excedentes, los metales pesados se pueden remover por reducción, precipitación química, adsorción e intercambio iónico y adición de un agente reductor, asimismo se ha asimilado el recogimiento de microorganismos invulnerables y su capacidad de remoción y/o disminución de metales pesados en sitios contaminados.

La ceniza de vaina de arveja 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 de ceniza de vaina de arveja puede ser llevadero ya que el Perú es uno de los importantes trabajadores de este vegetal, desde el año 1997 se alcanzó una producción en crecida, el año 2013 tuvo una producción mayor a 328.125 Toneladas. (Anónimo, 2013).

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 el desperfecto del ecosistema de los ríos contaminados por estos metales.

Problema

La contaminación por arsénico cada vez es más alarmante ya que mayoría 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.

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 de la ceniza de la vaina de arveja, 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, la población ingiere cantidad de arsénico que sobrepasa más de 30 veces los valores máximos estimados “seguros”.

Los niños son especialmente sensibles a su efecto tóxico 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 $\mu\text{g/L}$ y las aceptadas por el código alimentario argentino es de 50 $\mu\text{g/L}$.

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 3. Naciones donde sus aguas han registrado presencia de arsénico.

Fuente: Worldwide extend of arsenic problema en Arsenic in Drinking Water (Petrusevski 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.

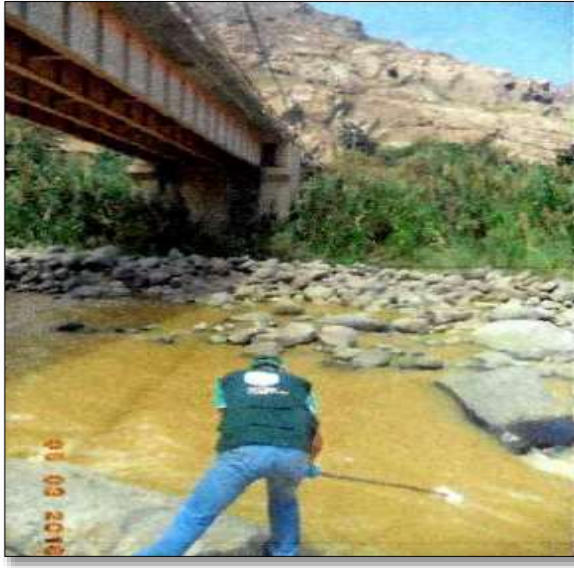


Figura 4. Monitoreo de las aguas del Río Moche – Rmoch12.

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 5. Monitoreo de las aguas del Río Santa – Rsant2.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016)

Conceptuación y Operación de las Variables

Tabla 13

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 eliminar este químico del agua para lograr ser apta para el consumo humano. 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	Coagulación	Formación de partículas mayores
		5 y 10 g/L de ceniza de vaina de arveja según el proceso de bio adsorción.	Floculación	Agitación para permitir el crecimiento y aglomeración de los fóculos recién formados
		La cantidad eliminada de arsénico se registrara.	Adsorción	Variación

Fuente: Propia del investigador, 2020.

Tabla 14

Variables independientes: Ceniza de vaina de arveja (5 y 10 gr/L)

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Biomasa de vaina de arveja (5 y 10 gr/l)	Es el resultado de la calcinación y tamizado de la vaina de arveja del proceso de selección, lavado y secado.	Consiste en comparar la cantidad de arsénico en el contenido en el agua utilizando 5 y 10 g/L de ceniza de vaina de arveja.	Dosificación de 5 y 10 g/L de ceniza de vaina de arveja	Variación

Fuente: Propia del investigador, 2020.

Hipótesis

Se remediará el potencial del Arsénico de las aguas del Río Santa, punto de monitoreo RSant2, mediante un biofiltro empleando ceniza de vaina de arveja.

Objetivos

A. Objetivo General:

Determinar la remoción de arsénico de aguas del Río Santa mediante un Biofiltro empleando ceniza de vaina de arveja en 5 y 10 gr/L.

B. Objetivos Específicos:

- Caracterizar y Localizar de la zona de estudio.
- Determinar la temperatura de calcinación de la vaina de arveja mediante ATD (Análisis Térmico Diferencial).
- Determinar la composición química de la ceniza de vaina de arveja mediante el análisis de FRX (Fluorescencia de Rayos X).
- Determinar el pH de las cenizas de vaina de arveja.
- Caracterizar el agua del Río Santa mediante Barrido de Metales.
- Realizar el diseño hidráulico de un Biofiltro.
- Determinar la Cantidad de Arsénico y Análisis Físico Químico de las muestras antes y después del tratamiento; comparar resultados.

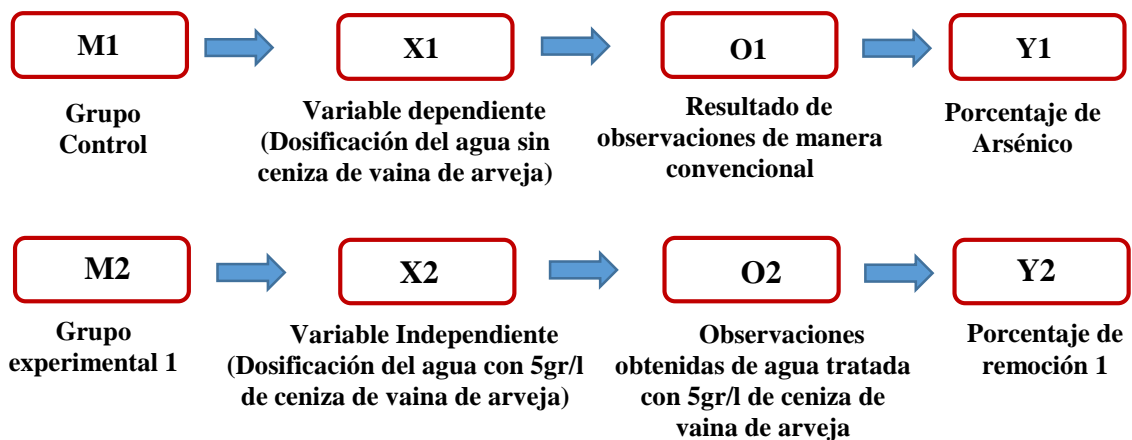
II. METODOLOGÍA

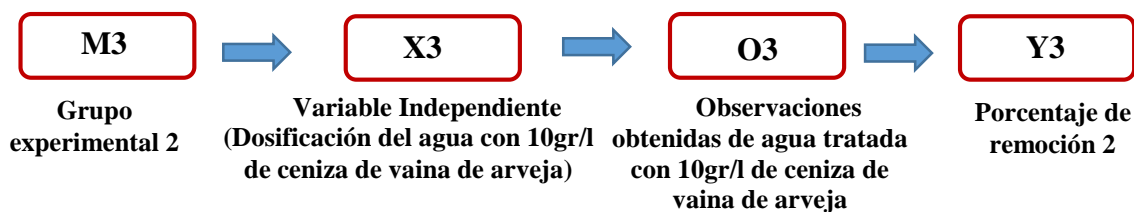
Tipo y Nivel de Investigación

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 ceniza de vaina de arveja en 5 y 10 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 la ceniza de vaina de arveja 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 de la ceniza de vaina de arveja en 5gr/L y el Grupo Experimental 2 el cual fue realizado con la incorporación de la ceniza de vaina de arveja en 10gr/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 5gr/L. de ceniza de vaina de arveja 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 10gr/L. de ceniza de vaina de arveja utilizando el método de adsorción).

X1: Variable Dependiente (dosificación del agua sin ceniza de vaina de arveja).

X2: Variable Independiente (dosificación de 5gr/L. de ceniza de vaina de arveja).

X3: Variable Independiente (dosificación de 10gr/L. de ceniza de vaina de arveja).

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 5gr/L. de ceniza de vaina de arveja.

O3: Observaciones Obtenidas por dicha muestra del Grupo Experimental, son los resultados anotados en la guía de observación con adición de 10gr/L. de ceniza de vaina de arveja.

Y1: Variable Dependiente (Cantidad de arsénico en muestra sin ceniza de arveja).

Y2: Variable Independiente (Cantidad de remoción de arsénico con 5gr/l de ceniza de vaina de arveja).

Y3: Variable Independiente (Cantidad de remoción de arsénico con 10gr/l de ceniza de vaina de arveja).

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, ceniza de vaina de arveja en 5 y 10g/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 ceniza de vaina de arveja en 5 y 10 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

Coordenadas UTM: E231345.852m – N8922813.649m

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. Ver Figura 13.

Las muestras se almacenaron en botellas de 3Lt. previamente lavadas con agua destilada para evitar contaminación de la muestra.

Se procedió a colocar etiquetas a los recipientes para poder identificarlos al momento de realizar la experimentación. Ver Figura 14.

Datos de Zona de Toma de Muestra (Muestras de Vaina de Arveja):

Ubicación: Mercado la Perla – Distrito de Chimbote

Coordenadas: 9°5'55"S – 78°33'21"W

Elevación: 1.40 m.s.n.m

Lugar donde fueron tomadas las muestras de vaina de arveja: Mercado la “La Perla” - Chimbote. Ver Figura 15.

Los 3 kg de muestra se almacenaron en bolsas herméticas.

ANEXO N°03.

Preparación de Muestras:

Muestras de las aguas del Río Santa (RSant2):

Muestras para Barrido de Metales:

Se extrajeron 3Lt. 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 16.

Muestras para Experimentación:

Se procedió a tomar 3 muestras de 3Lt. de las aguas del Río Santa para poder llevar a cabo la investigación requerida, siendo estas:

- 3Lt. para la muestra patrón (sin adición de ceniza de arveja).
- 3Lt. para la muestra experimental (adicionando 5gr/L de ceniza de vaina de arveja).
- 3Lt. para la muestra experimental (adicionando 10gr/L de ceniza de vaina de arveja).

Ver Figura 17 y N°18.

Muestra de Vaina de Arveja:

Preparación de ceniza de vaina de arveja:

- Se procedió al cuarteado de la muestra y posterior a esto la limpieza de la vaina de arveja con el uso de agua destilada. Ver Figura 19.
- Se dejó escurrir durante 30 minutos la muestra con el fin de que no se pudra por el exceso de humedad. Ver Figura 20.
- Se preparó un ambiente en el cuál la muestra estaba protegida de contaminarse por solidos externos del lugar. Ver Figura 21.
- La muestra fue expuesta a la temperatura ambiente desde el día 06 de enero hasta el día 29 de enero, teniendo en cuenta un rango de temperatura máxima de 22°C-23°C (en su mayoría en horas de 12:00pm) y un rango de temperatura mínima de 19°C-20°C (en su mayoría en horas de 21:00pm-4:00am). Ver Figura 22.
- Se recolectó la muestra seca y se realizó el cuarteado correspondiente. Ver Figura 23.

- Con ayuda de una licuadora se procedió a triturar la muestra ya que la vaina de arveja cuenta con pequeñas fibras que hacen complicada su pulverización con otros equipos u herramientas. Ver Figura 24.

- Una vez triturada la muestra se hizo pasar por los tamices N°40, N°50, N°60 y N°200 con el fin de obtener pequeñas esferas de biomasa y facilitar su calcinación. Ver Figura 25.

- Se procedió a pesar la muestra de biomasa resultante del tamizado, (a la muestra se le agregó la diferencia de 70,5 gr de material tamizado, ya que la pérdida de material según el ensayo de ATD realizado era un aproximado de 89%). Ver Figura 26.

- Se llevaron 5gr de muestra de biomasa de vaina de arveja a la Universidad Nacional de Trujillo para realizar la prueba de ATD (Análisis térmico diferencial) y así poder conocer a que temperatura se activa la muestra obteniendo mayores propiedades. Ver Figura 27.

- Con el resultado de ATD se procedió a llevar la muestra de biomasa de vaina de arveja al horno para su calcinación y por ende su activación.

- Se obtuvo la muestra de ceniza de vaina de arveja. Ver Figura 28.

- Se procedió a pesar en una balanza analítica y separar las muestras de ceniza para poder realizar los estudios requeridos:

- ✓ 20gramos de muestra para FRX (Fluorescencia de Rayos X) en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- ✓ 20gramos para pH de la muestra.
- ✓ 5 y 10 gramos de las muestras requeridas para el desarrollo experimental.

Ver Figura 29 y 30.

Elaboración de Biofiltro a escala para remover Arsénico con Ceniza de Vaina de Arveja:

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"
- 01 unión universal 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 31.

A cada balde se le realizó un orificio circular del diámetro de la tubería 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.

Luego se procedió a ensamblar los baldes con las tuberías, accesorios y el motor. Ver Figura 32.

El primer balde sirve para la recepción de la muestra, el segundo sirve para el contacto directo entre la muestra de agua con arsénico y la muestra de ceniza de arveja 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 33.

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 5 gr/L de ceniza de vaina de arveja al segundo balde. Ver Figura 34 y 35.

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. Ver Figura 36 y 37.

Posterior a esto se dejó reposar la muestra durante 15min 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 y se llevaron para realizar los análisis físico químicos al laboratorio Colecibi S.A.C. Ver Figura 38, 39, 40, 41, 42, 43 y 44.

III. RESULTADOS

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

Tabla 15

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	1,78
Arsénico (As)	0,005	0,488
Boro (B)	0,003	15,230
Bario (Ba)	0,003	0,189
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	50,07
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0126
Cerio (Ce)	0,009	0,018
Cobalto (Co)	0,0006	0,0017
Cromo (Cr)	0,0003	0,0012
Cobre (Cu)	0,002	0,085
Hierro (Fe)	0,002	2,116
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	48,5
Litio (Li)	0,003	5,000
Magnesio (Mg)	0,02	12,19
Manganeso (Mn)	0,0003	0,2992
Molibdeno (Mo)	0,002	<0,002
Sodio (Na)	0,06	354,90
Niquel (Ni)	0,0006	0,0037
Fósforo (P)	0,01	0,22
Plomo (Pb)	0,002	0,128
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	<0,005
Silice (SiO ₂)	0,01	25,60
Estaño (Sn)	0,003	<0,003
Estroncio (Sr)	0,0003	13,442
Titanio (Ti)	0,0007	0,0287
Talio (Tl)	0,002	<0,002
Vanadio (V)	0,001	0,004
Zinc (Zn)	0,002	1,409

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 750°C y luego uno a 800°C, lo cual indicó un posible cambio de fase y cambio en las propiedades del material.

Con estos datos se llevó a cabo la calcinación de la muestra de vaina de arveja, con lo cual se obtuvo la muestra requerida de ceniza de vaina de arveja al haber sido activada a 800°C durante 1 hora.

Ensayo de FRX:

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

Tabla 16

Composición elemental de la ceniza de vaina de arveja en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
<i>SiO₂</i>	10.931	10.373
<i>SO₂</i>	5.339	5.244
<i>K₂O</i>	6.424	6.310
<i>CaO</i>	78.645	77.249
<i>MnO</i>	0.006	0.006
<i>Fe₂O₃</i>	0.020	0.020
<i>Ni₂O₃</i>	0.037	0.036
<i>CuO</i>	0.033	0.032
<i>ZnO</i>	0.045	0.044
<i>RbO</i>	0,016	0.016
<i>SrO</i>	0.287	0.282
<i>Y₂O₃</i>	0.003	0.002
<i>ZrO₂</i>	0.022	0.021
<i>Total</i>	101.808	100.00

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio de la UNMSM, 2020.

Ph de Ceniza de Vaina de Arveja:

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

Tabla 17

Resultado de pH realizado a la muestra de ceniza de vaina de arveja.

MUESTRA	ENSAYO DE pH
CENIZA DE VAINA DE ARVEJA	10,20

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Colecchi S.A.C., 2020.

Muestra Patrón (*Muestra sin ceniza de vaina de arveja*):

Metal Pesado (Arsénico):

Tabla 18

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 - RECUAY
Arsénico (As)	0,005	3,347

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliechi S.A.C., 2020.

Parámetros Físico – Químicos:

Tabla 19

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

ENSAYOS	MUESTRA PATRON DE AGUAS DEL RIO SANTA - RECUAY
S.T.D. (mg/L)	336
Cloruros (mg/L)	8
Turbidez (NTU)	335
Conductividad (uS/cm)	528
Ph	3,49

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliechi S.A.C., 2020.

Muestra Experimental N°01(Tratada con 5 gr/L de ceniza de vaina de arveja):

Metal Pesado (Arsénico):

Tabla 20

Resultados de presencia de arsénico en aguas del Río Santa.

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	MUESTRA EXP. N°01 DE AGUAS DEL RIO SANTA - RECUAY
Arsénico (As)	0,005	0,595

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliecbi S.A.C., 2020.

Parámetros Físico – Químicos:

Tabla 21

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

ENSAYOS	MUESTRA EXP. N°01 DE AGUAS DEL RIO SANTA - RECUAY
S.T.D. (mg/L)	910
Cloruros (mg/L)	8
Turbidez (NTU)	92
Conductividad (uS/cm)	1410
pH	8,26

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliecbi S.A.C., 2020.

Muestra Experimental N°02(Tratada con 10 gr/L de ceniza de vaina de arveja):

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°02 DE AGUAS DEL RIO SANTA - RECUAY
Arsénico (As)	0,005	0,318

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliecbi S.A.C., 2020.

Parámetros Físico – Químicos:

Tabla 23

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

ENSAYOS	MUESTRA EXP. N°02 DE AGUAS DEL RÍO SANTA - RECUAY
S.T.D. (mg/L)	2080
Cloruros (mg/L)	9
Turbidez (NTU)	114
Conductividad (uS/cm)	3,26
pH	9,72

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliecbi S.A.C., 2020.

Tablas y figuras obtenidas por el desarrollo de pruebas experimentales

Tabla 24

Variación de parámetros físicos – químicos de las aguas del río Santa posterior al uso de ceniza de vaina de arveja.

ENSAYOS	M1 MUESTRA PATRON (Agua del Río Santa, punto RSant2 sin ceniza de vaina de arveja)	M2 MUESTRA EXPERIMENTAL N°01 (Agua del Río Santa, punto Rsant2 con 5gr/L de ceniza de vaina de arveja)	M3 MUESTRA EXPERIMENTAL N°02 (Agua del Río Santa, punto Rsant2 con 10gr/L de ceniza de vaina de arveja)
Cloruros (mg/L)	8	8	9
Variación de Cloruros	0	0	1
pH	3.49	8.26	9.72
Variación de pH	0	4,77	6.23
Conductividad (uS/cm)	528	1410	3.26
Variación de Conductividad	0	882	524.74
Sólidos Totales (mg/L)	336	910	2080
Variación de Sólidos Totales	0	547	1744
Turbidez (NTU)	335	92	1.90
Variación de Turbidez	0	243	333.10

Fuente: Propia, se realizó los estudios en el laboratorio Coliecbi S.A.C., 2020.

Cloruros en aguas del río Santa - RSant2

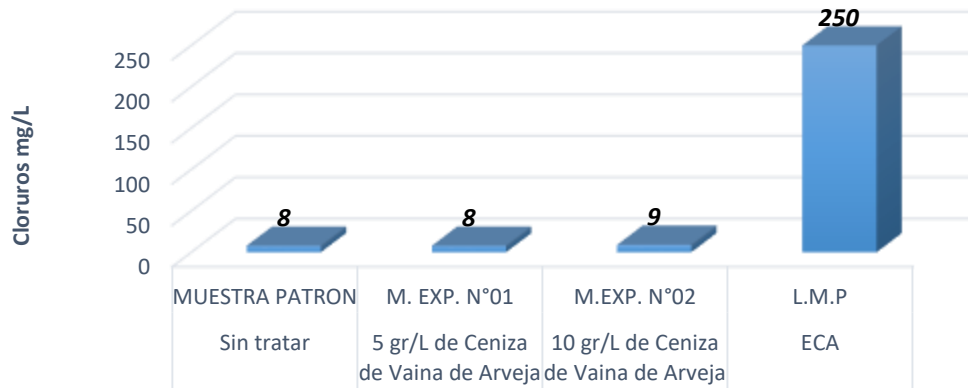


Figura 6. Gráfico de barras representando la cantidad de cloruros obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.

Fuente: Propia, elaborada por el investigador, 2020.

pH de las aguas del río Santa - RSant2

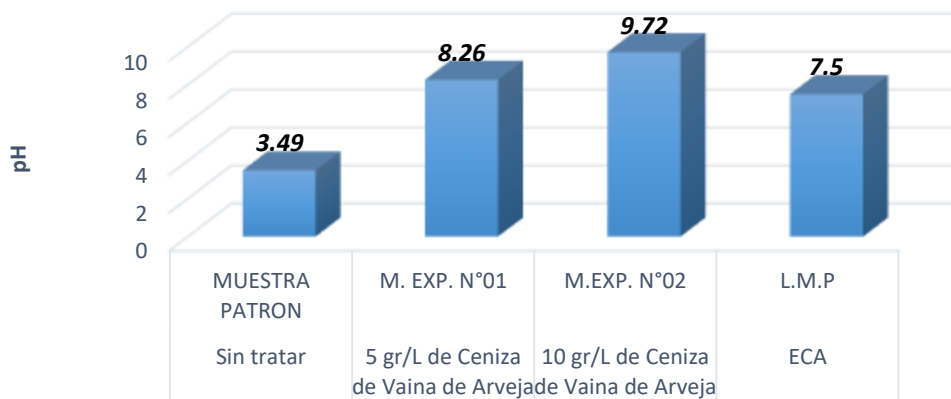


Figura 7. Gráfico de barras representando la cantidad de pH obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.

Fuente: Propia, elaborada por el investigador, 2020.

Conductividad en aguas del río Santa - RSant2

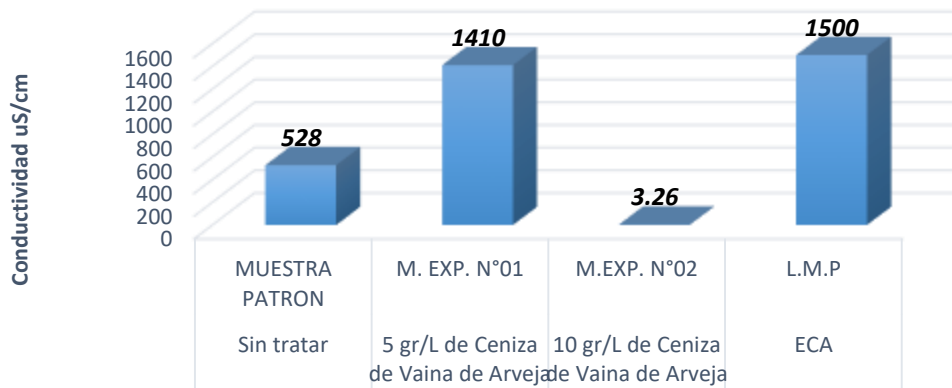


Figura 8. Gráfico de barras representando la conductividad obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.

Fuente: Propia, elaborada por el investigador, 2020.

Sólidos Totales en aguas del río Santa - RSant2

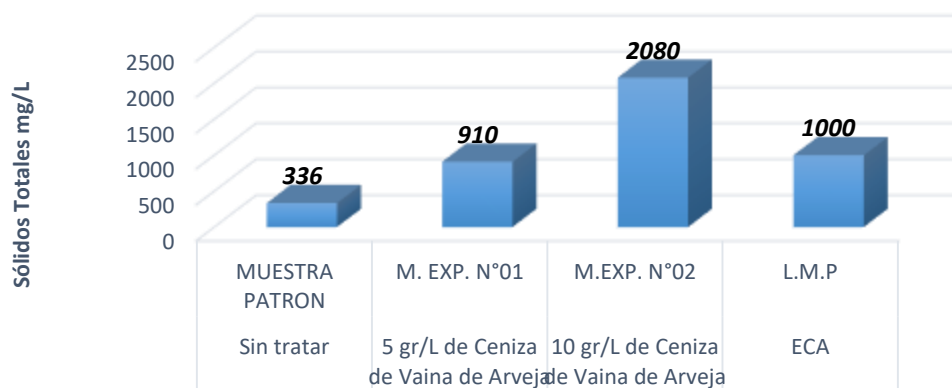


Figura 9. Gráfico de barras representando los sólidos totales obtenidos por las muestras y el L.M.P. según ECA.

Fuente: Propia, elaborada por el investigador, 2020.

Turbidez de las aguas del rio Santa - RSant2

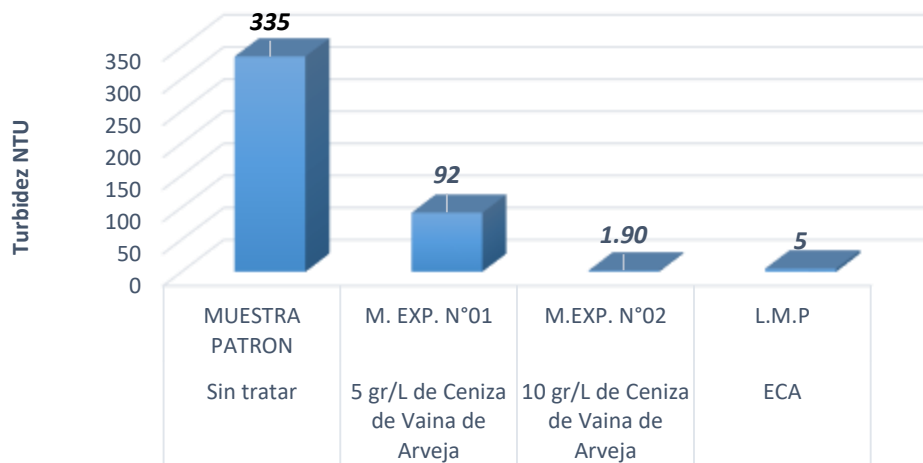


Figura 10. Gráfico de barras representando la turbidez obtenida por las muestras y el L.M.P. según ECA.

Fuente: Propia, elaborada por el investigador, 2020.

Arsénico en aguas del río Santa - RSant2



Figura 11. 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, 2020.

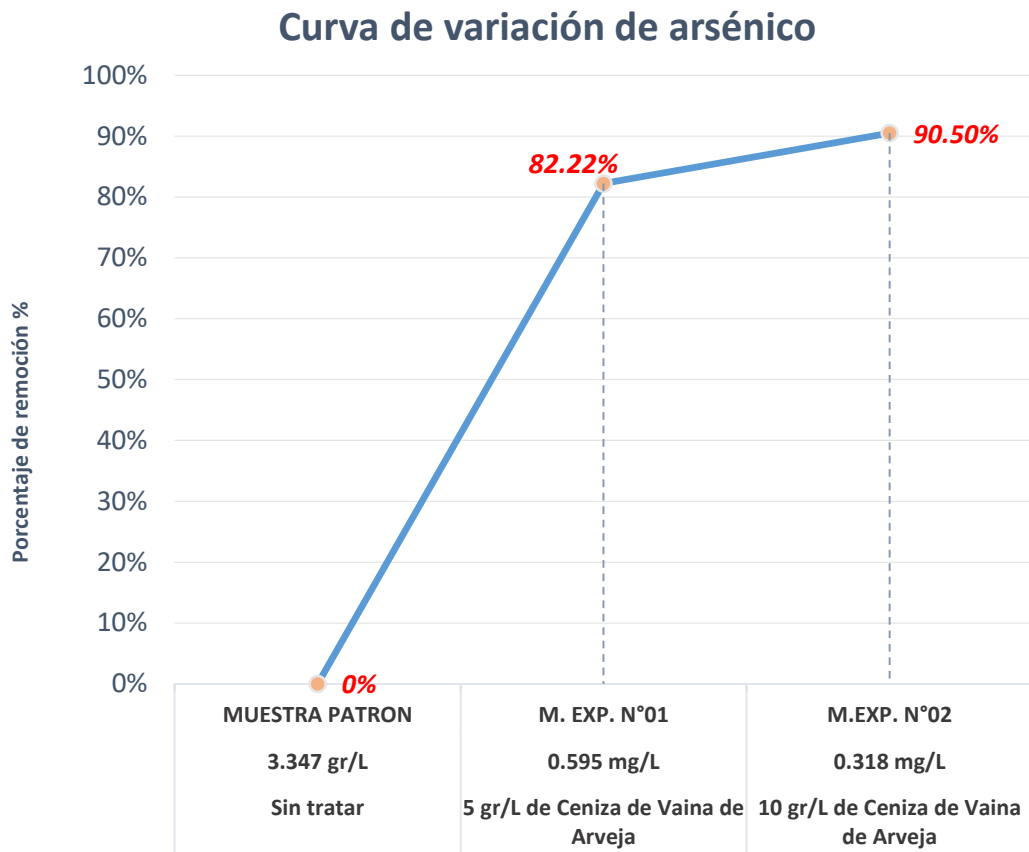


Figura 12. Gráfico representando el porcentaje de arsénico obtenidas por las muestras y el L.M.P. según ECA.

Fuente: Propia, elaborada por el investigador, 2020.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Zapata, H. (2018). Mediante su investigación nos indica que activo su biomasa de vaina de frijol a 105°C, en la presente investigación se buscó eliminar las grasas vegetales que poseía el material, por lo cual se decidió realizar un ensayo de ATD a la muestra y se activó calcinándola a los 800°C la cual fue la mayor temperatura en que la muestra mostró un cambio de fase y un cambio en sus propiedades.

Según Zapata, H. (2018). Se llevaron a cabo ensayos para poder obtener ciertas propiedades de la muestra de biomasa vegetal de vaina de frijol, sin embargo no se llevó a cabo el ensayo de pH para poder determinar la alcalinidad o acides de la muestra; en esta investigación vimos conveniente realizar el ensayo de pH, así que una vez activada la muestra de ceniza de vaina de arveja se procedió a determinarla, contando con 10.20, siendo entonces altamente alcalino al sobrepasar el nivel neutro el cual es de 7 pH.

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de ambiente (2009), sugiere realizar previamente un análisis previo en cuanto a la calidad del agua, por ello se realizó el barrido de metales con aguas del río Santa, donde encontró un alto nivel en cuanto a la presencia de metales pesados, entre ellos el arsénico, siendo de nuestro principal interés para el desarrollo de nuestra investigación; excediendo así los estándares permitidos con una presencia de 0.488 mg/L de arsénico, con lo cual obtenemos un antecedente que nos confirma la presencia de arsénico presente en el río Santa.

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, 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.

Diario el Peruano (2008). Mediante el decreto supremo N°002-2008-MINAM que indica cuales son los estándares de calidad ambiental, en el cuál se especifica cuáles son los parámetros que se deben respetar para poder clasificar el agua, por lo cual esta

investigación se basa en esos datos para poder evaluar los resultados obtenidos de las características físicas y químicas de las muestras tratadas con ceniza de vaina de arveja con lo cual se realizó la tabla 24, mediante la cual se puede observar los resultados, que en cuanto a los parámetros tuvieron ciertas variaciones:

Cloruros (mg/L): La muestra patrón muestra un nivel bajo de 8 mg/L de cloruros presentes en las aguas del río Santa, mientras que la muestra experimental N°01 en la que se empleó 5gr/L de ceniza de vaina de arveja no tuvo variación alguna a la cantidad de cloruros que poseía la muestra patrón; y la muestra experimental N°02 en la que se empleó 10gr/L de ceniza de vaina de arveja se elevó a 9 mg/L con lo que supera en cloruros a la muestra patrón y la muestra experimental N°01. Cabe resaltar que los niveles de cloruro obtenidos son aceptables ya que no superan el límite máximo permisible de 250 mg/L de cloruros que nos indica ECA.

pH: La muestra patrón muestra un nivel de 3,49 pH presente en las aguas del río Santa indicándonos un alto grado de acidez, mientras que la muestra experimental N°01 en la que se empleó 5gr/L de ceniza de vaina de arveja tuvo una variación con respecto a la muestra patrón contando con 8,26 pH con lo que se encuentra en el rango de entre 6,5 – 8,5 pH (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección); y la muestra experimental N°02 en la que se empleó 10gr/L de ceniza de vaina de arveja se elevó a 9,27 con lo que supera en pH a la muestra patrón y la muestra experimental N°01, siendo a su vez altamente alcalino al sobrepasar el rango de 9 pH, según ECA.

Conductividad (uS/cm): La muestra patrón muestra un nivel de 528 uS/cm de conductividad presentes en las aguas del río Santa, mientras que la muestra experimental N°01 en la que se empleó 5gr/L de ceniza de vaina de arveja obtuvo un

aumento a 1410 uS/cm superando a la conductividad que poseía la muestra patrón; y la muestra experimental N°02 en la que se empleó 10gr/L de ceniza de vaina de arveja bajó a 3,26 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 son aceptables ya que no superan el límite máximo permisible de 1500 uS/cm de conductividad que nos indica ECA.

Sólidos Totales (mg/L): La muestra patrón muestra un nivel de 336 mg/L de sólidos totales presentes en las aguas del río Santa, mientras que la muestra experimental N°01 en la que se empleó 5gr/L de ceniza de vaina de arveja tuvo un aumento a 910 mg/L de sólidos totales; y la muestra experimental N°02 en la que se empleó 10gr/L de ceniza de vaina de arveja se elevó a 2080 mg/L con lo que supera en sólidos totales a la muestra patrón y la muestra experimental N°01. Cabe resaltar que los niveles de cloruro obtenidos en la muestra patrón y la muestra experimental N°01, (a excepción de la muestra experimental N°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 335 NTU de turbidez presentes en las aguas del río Santa, mientras que la muestra experimental N°01 en la que se empleó 5gr/L de ceniza de vaina de arveja redujo a 92 NTU su turbidez; y la muestra experimental N°02 en la que se empleó 10gr/L de ceniza de vaina de arveja redujo su turbidez a 1,90 NTU con lo que cuenta con menos turbidez que la muestra patrón y la muestra experimental N°01. Cabe resaltar que los niveles de turbidez

obtenidos en la muestra experimental N°02 son aceptables ya que no superan el límite máximo permisible de 5 NTU de turbidez que nos indica 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 3.347 mg/L; como resultado del uso de 5gr/L de ceniza de vaina de arveja se redujo el arsénico presente en la muestra patrón hasta alcanzar la cantidad de 0.595 mg/L y por su parte con el uso de 10 gr/L de ceniza de vaina de arveja se obtuvo una mayor reducción de arsénico, obteniendo 0.318 gr/L 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 inconvenientes ya que a pesar de realizar la extracción de las muestras en épocas de lluvia el caudal del río nos permitió acceder a retirar las muestras sin problema alguno.

La temperatura de calcinación a la que se llevó a cabo la muestra de vaina de arveja fue a los 800°C durante en un tiempo de contacto de 1 hora, esto como resultado del ensayo del ATD.

La composición química de la ceniza de vaina de arveja 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 ceniza de vaina de arveja 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 0.488 mg/L.

El biofiltro se realizó con baldes de 4L para aprovechar la figura circular que estos poseen, así 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, provocando así un mayor aprovechamiento hidráulico para la remoción de arsénico.

La muestra patrón nos confirmó la presencia de arsénico en cantidad de 3.347 mg/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 5 gr/L de ceniza de vaina de arveja redujo la cantidad de arsénico a 0.595 mg/L removiendo así el 82.22% del metal pesado, mientras que el diseño de 10 gr/L redujo el arsénico a 0.318 mg/L removiendo así el 90.50% del metal pesado obteniendo una mayor 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

Se recomienda realizar el monitoreo del río a estudiar 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 épocas.

Se recomienda activar la ceniza de vaina de arveja reduciendo la temperatura de activación y desecarla hasta obtener polvo de vaina de arveja, así además de remover el arsénico tal vez también se genera una variación en la claridad del agua del Río Santa, ya que como ceniza de vaina de arveja no ayuda mucho en cuanto a la claridad del agua del Río.

Se recomienda evaluar las propiedades de la muestra con un mayor número de ensayos de FRX para poder tener un menor margen de error en lo que refiere a su composición elemental.

Se sugiere trabajar con muestras que contengan un alto grado de alcalinidad como es el caso de la ceniza de vaina de arveja para poder compensar la acidez que posee el agua con arsénico.

Se recomienda 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.

Se sugiere variar los tiempos y la velocidad de contacto entre el agua del río y las muestras de ceniza de vaina de arveja en el biofiltro para obtener una variedad de resultados que nos facilite llegar a una conclusión 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.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahalya N., Kanamadi RD y Ramachandr a T V., (2008). Biosorción de cromo (VI)por Conchas de vaina de *Tamarindus indica* , *Journal of Environmental Science ResearchInternacional*, 1 (2): 77-81. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/242253910_Biosorption_of_chromium_VI_by_Tamarindus_indica_pod_shells
- Ashish, K., Jayprakash, P. y Satish, K. (2018). Eliminación bioabsorbente de arsenito y arseniato del medio acuoso utilizando un adsorbente de bajo costo derivado de 'vainas de guisantes verdes': exploración de cinética, termodinámica e isothermas de adsorción. *Corea del Diario de Ingeniería Química*. 35, 456-469. Doi: 10.1007/s11814-017-0303-y
- 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>
- Buitrón Ortega, D. E. (2015). *Biosorción de cromo y níquel en aguas contaminadas usando quitosano*. Universidad Central del Ecuador.
- 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
- Cribillero, Y. y Rodríguez J., (2015). *Propuesta de un biofiltro compuesto de choro - arcilla para el sistema de agua en el caserío de Tomeque* (Tesis de Pregrado). Escuela de Ingeniería Civil, Universidad San Pedro, Perú.

- 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
- 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>
- Jesús A. T., (2013). “Biosorción de arsénico en medio acuoso empleando biomasa vegetales inertes”, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- 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.es/sem/macla_pdf/macla20/Macla20_139-140.pdf

Kanamadi RD., Ahalya N. y Ramachandra T V., (2008). Biosorción de cromo (VI) por Conchas de vaina de *Tamarindus indica*, *Journal of Environmental Science Research Internacional*, 1 (2): 77-81. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/242253910_Biosorption_of_chromium_VI_by_Tamarindus_indica_pod_shells

Nava, R. y Méndez, A., (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). Artículo de revisión, *Arch Neurociencia (Mex)*. Vol. 16, No. 3: 140-147. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane113f.pdf>

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

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/aheh.200390025

- 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
- 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)
- 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>
- Zapata, H. (2018). *Biosorción de arsénico en el río Santa empleando 5gr/L de biomasa vegetal de vaina de frijol*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada San Pedro, Chimbote, Perú.

VIII. AGRADECIMIENTOS

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

A mi Padre César Zapata Conde que a pesar de no decirlo muy seguido sabe que lo amo y respeto mucho, por su amor, apoyo, comprensión y confianza en mí.

A mi Madre Teresa Burgos Tenorio mi primer amor, 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.

A mi Hermana Aracelli Zapata Burgos 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. Mi Bush!

A mis Abuelos Héctor Zapata Ramírez y Reina Conde Méndez por darme enseñanzas y ser un ejemplo de personas brindándome su amor, afecto y apoyo incondicional.

A mi Abuela Julia Tenorio Carranza que a pesar de no estar físicamente conmigo siempre está cuidándome desde el cielo y siendo mi guía; tu cholito lo está logrando Mamá Julia. *“Quienes se llevan en el corazón, jamás descienden del sentimiento”*.

A mi Tía Carmen Carrión Tenorio que sin importar las condiciones siempre se ha preocupado por mí, que hasta el sol de hoy me ha brindado su apoyo y cariño incondicional.

A Mishel Pinedo Melgarejo mi enamorada por brindarme su tiempo, apoyo, confianza y motivación para poder cumplir esta meta importante en mi vida, lo estamos logrando juntos gordita.

A mi pequeña sobrina y futura ahijada Alba Mariana Herrera Zapata, porque su llegada nos hizo ver la vida de una manera diferente y nos llena de alegría día a día.

A mi cuñado Juan Eduardo Herrera Gerónimo por darme la oportunidad de desenvolverme y aprendes nuevas experiencias tanto laborales como en el ámbito familiar.

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 EN LAS AGUAS DEL RÍO SANTA MEDIANTE UN BIOFILTRO EMPLEANDO CENIZA DE VAINA DE ARVEJA EN 5 Y 10 GR/L"

2.- FECHA: Marzo del 2020

3.- UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: **ANCASH**
PROVINCIA: **RECUAY**
DISTRITO: **TICAPAMPA**
CENTRO POBLADO: **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. Método 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 (2020) = 225 habitantes
 Coeficiente de Crecimiento : = 10
 Periodo de Diseño (t) = 20 años

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

*** Población Futura :**

$$Pf (2037) = Pa (2020) * (1 + \frac{r * t}{1000})$$

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

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

Fuente: Ministerio de Salud (1962)

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 l/hab/d en clima frío y de 150 l/hab/d en clima templado y calido. **(NORMA OS.100 -RNE)**

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

VARIACIONES PERIODICAS

CONSUMO PROMEDIO DIARIO ANUAL (Qm)

Formula :
$$Qm = \frac{Pf * \text{dotación (d)}}{86400 \text{ s/día}}$$

Donde :

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

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

$Qm = 0.375$ l/s

CONSUMO MAXIMO DIARIO (Qmd)

$$Qmd = 1.3 * Qm \quad \text{RNE}$$

$Qmd = 0.488$ l/s

CONSUMO MAXIMO HORARIO (Qmh)

$$Qmh = 2.5 * Qm$$

$Qmh = 0.938$ l/s

CAUDAL DE CAUDAL PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA EXISTENTE

CONSUMO DOMÉSTICO

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

CONSUMO EN EDUCACIÓN

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

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

CAUDAL DE DISEÑO:

$Qd = Cd + Ce$
 $Qd = 0.516$ l/s 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 (m3/s)
- A = area (m2)

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

Area Hidraulica:	0.12 m2
Perimetro Mojado:	1.00 m
Radio Hidraulico:	0.12 m
Velocidad:	0.28 m/s
Caudal:	0.03 m3/s

Caudal: 34.19 l/s

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

SUPERFICIE	<i>n</i>
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 frochado	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
Hierro 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
----------------	-----------	---	--------------	-----------	-----------

2.- CAPTACIÓN

2.1 TIPO DE CAPTACION

A.- CAPTACION SUPERFICIAL (CANAL DE TIERRA)

2.2 DISEÑO HIDRAULICO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPTACION

(Para el dimensionamiento de la Captación es necesario conocer el **Caudal (Q) Maximo de la Fuente**), dicho canal es utilizado para el consumo humano y la zona agrícola, es por ello que se utilizará el 15% del caudal del canal

DATOS :	Caudal Maximo	=	7.18	l/s	OK
	Caudal Mínimo	=	5.13	l/s	
	Gasto Máximo diario	=	0.52	l/s	

DISEÑO HIDRAULICO DEL BIOFILTRO

Caudal de Diseño de la Población : $Q_d =$ **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 (Q_d)	=	7.180	l/s
Caudal por filtrar: 70%	=	5.026	l/s
	=	0.005026	m ³ /seg
Velocidad de filtración (V_f)	=		0.50 - 3.00 m-h
Velocidad adoptada	=	1.200	m/h
	=	0.000333	m/seg

CALCULO DEL AREA SUPERFICIAL

$$A_s = \frac{Q_f}{V_f}$$

Donde :

$Q_f =$ Caudal a filtrarse (m³/seg)
 $V_f =$ Velocidad de filtración (m/seg)

$$A_s = \mathbf{15.10} \text{ m}^2$$

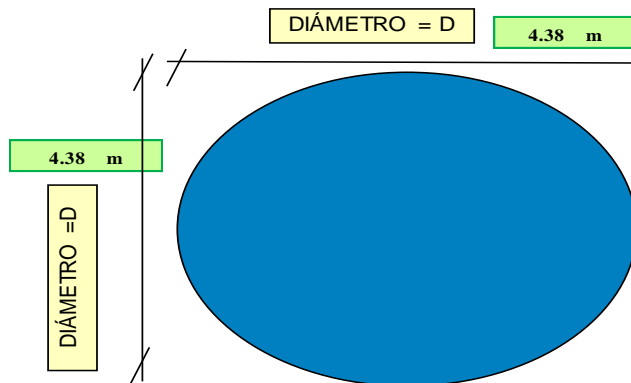
CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DEL BIOFI

$$\text{Diámetro (impuesto)} \quad \mathbf{d} = \mathbf{4.38} \text{ m}$$

MEDIDAS ADOPTADAS DEL BIOFILTRO DINÁMICO:

$$\text{DIÁMETRO DEL FILTRO :} \quad \mathbf{D} = \mathbf{4.38} \text{ m}$$

$$\text{Area de Filtración} \quad \pi D^2/4 = \mathbf{15.10} \text{ m}^2$$



COMPROBACION DE LA VELOCIDAD SUPERFICIAL DE LAVAJ

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

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

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 BIOF

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

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

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

$$Hf = \mathbf{1.00} \text{ m}$$

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 13. Zona de recolección de muestras de aguas del río Santa, cercanías del puente Simmer, Recuay.



Figura 14. Botellas con etiquetas detallando las características de las muestras.



Figura 15. Zona de toma de muestras de vaina de arveja, mercado “La Perla”, Chimbo.



Figura 16. Recolección de muestra para barrido de metales.



Figura 17. Recolección de 3 muestras de 3L. para método experimental



Figura 18. Ubicación de punto de toma de muestras con GPS.



Figura 19. Cuarteo y limpieza con agua destilada de muestra de vaina de arveja.



Figura 20. Escurrido de muestras lavadas para evitar que se pudra producto de humedad.



Figura 21. Acondicionamiento y esparcimiento de muestra para secado a temperatura ambiente (La muestra fue cubierta para evitar contaminación con sólidos o aguas de garuas, lluvias, etc.).



Figura 22. La muestra fue expuesta a temperatura ambiente desde el día 06 de enero hasta el día 29 de enero, teniendo en cuenta un rango de temperatura máxima de 22°C-23°C (en su mayoría en horas de 11:30am-02:30pm) y un rango de temperatura mínima de 19°C-20°C (en su mayoría en horas de 21:00pm-04:00am).



Figura 23. Cuarteo de muestra de vaina de arveja secada a temperatura ambiente durante 3 semanas y 3 días.



Figura 24. Triturado de muestra de vaina de arveja seca con ayuda de una licuadora, la cual fue desinfectada para evitar contaminación del material.



Figura 25. Tamizado de muestra de vaina de arveja seca y triturada (Mallas N°40, N°60 y N°200).



Figura 26. Pesado de muestra tamizada, luego se le sumó 170.5gr y se llegó a pesar 1Kg de muestra tamizada.



Figura 27. Se llevaron 5gr de muestra de vaina de arveja a la UNT, para poder realizar el ensayo de ATD y así conocer la temperatura a la cual se activa con mayores propiedades la muestra.



Figura 28. Muestra de ceniza de vaina de arveja, resultado de activación a temperatura de 800°C durante 1 hora con pérdida de 89% de material (peso inicial: 1000gr – peso final: 103gr).



Figura 29. Pesaje de muestras para realizar ensayos requeridos.



Figura 30. Separación de muestras para ensayos requeridos y experimentales según se requiera.

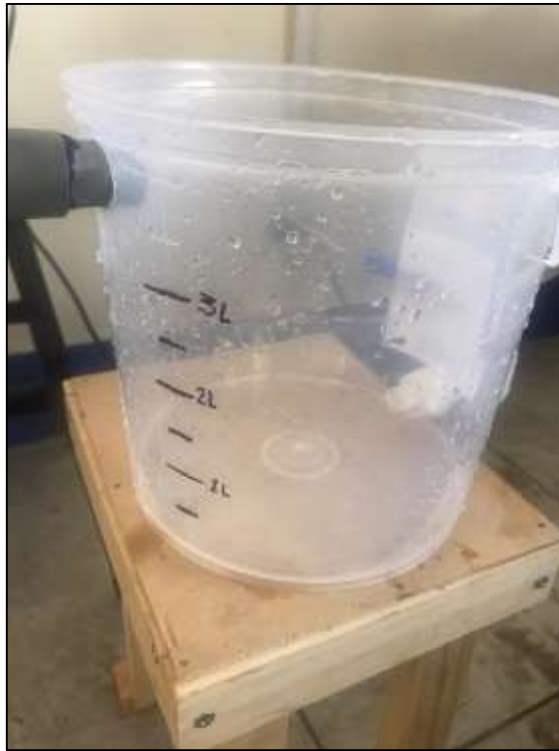


Figura 31. Baldes con capacidad de 4L. para biofiltro a escala.



Figura 32. Ensamblaje de partes del biofiltro a escala y accesorios requeridos.



Figura 33. Biofiltro culminado, en pleno proceso de remoción.



Figura 34. Muestra de agua contaminada en primer balde (captación).



Figura 35. Inserción de muestra de ceniza de vaina de arveja al segundo balde (cámara de remoción).



Figura 36. Apertura de llave de paso para iniciar remoción a 200 rpm.



Figura 37. Velocidad de 200 rpm indicadas en la pantalla LED de la caja del motor.



Figura 38. Balde con muestra en reposo de 15 minutos luego de la remoción.



Figura 39. Captando la muestra de agua tratada que se encuentra en el tercer balde, para llevar las muestras al laboratorio Colecbi S.A.C.



Figura 40. Muestras embotelladas e identificadas para ser llevadas al laboratorio Colecbi S.A.C.

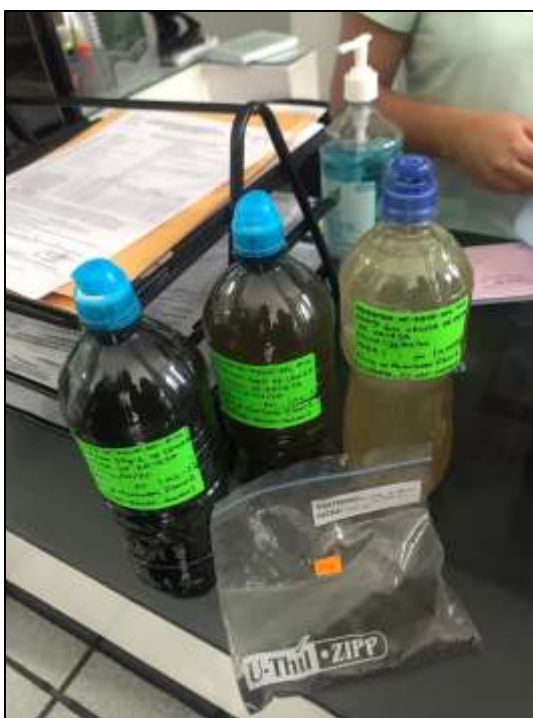


Figura 41. Muestras siendo entregadas para los estudios requeridos en el laboratorio Colecbi S.A.C.



Figura 42. Investigador en laboratorio Colecbi S.A.C.



Figura 43. Ing. Rogelio Castañeda presenciando la culminación del biofiltro para remoción de arsénico con ceniza de vaina de arveja.



Figura 44. 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 Y ZONA DE
OBTENCIÓN DE MUESTRA DE VAINA DE ARVEJA

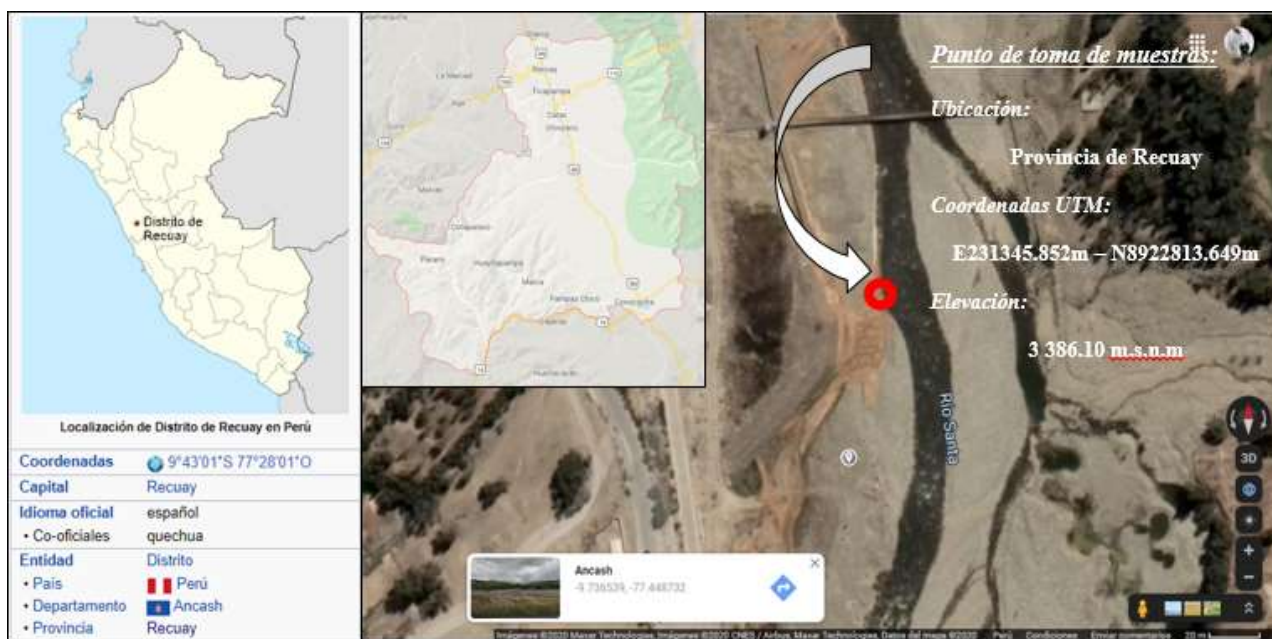


Figura 45: Ubicación geográfica de zona de estudio donde se tomaron las muestras de agua de las aguas del río Santa.

Fuente: Propia a través de Google Maps.

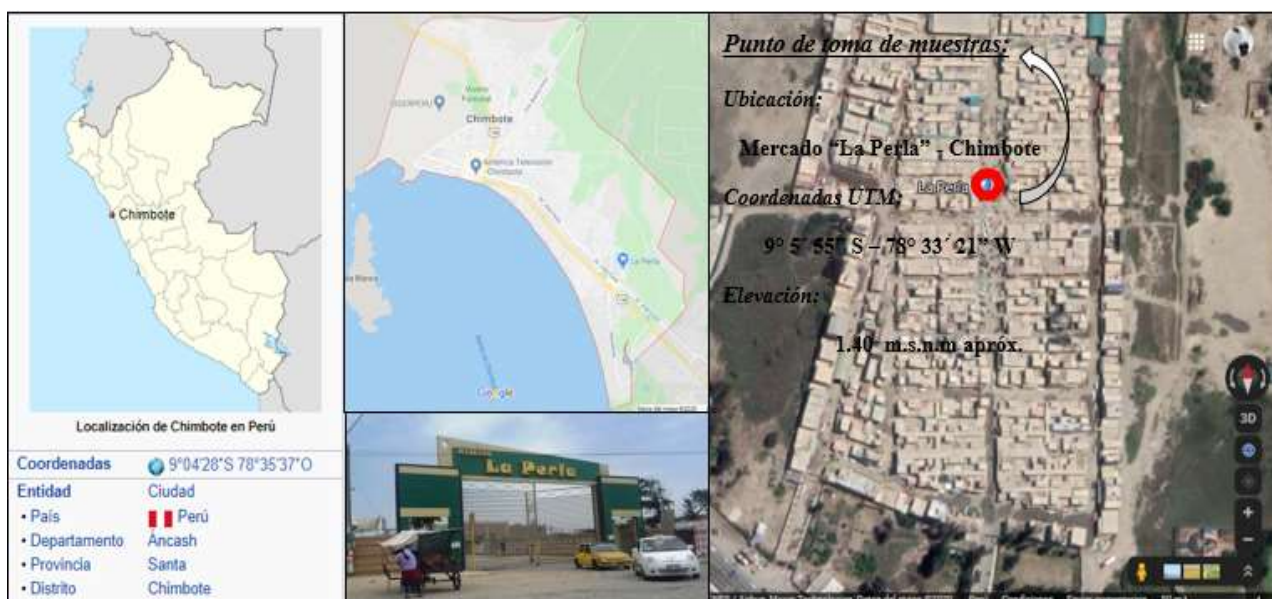


Figura 46: Ubicación geográfica de zona de recolección de muestras de vaina de arveja para el desarrollo de la investigación.

Fuente: Propia a través de Google Maps.

ANEXO N°04

BARRIDO DE METALES DE LAS AGUAS DEL RIO SANTA – RSANT2



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° 20200211-009

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : ZAPATA BURGOS HECTOR ARTURO.
DIRECCION : Jr. Manuel Villavicencio 1135 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 : 01 muestra.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frasco de plástico con tapa.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-11
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-11
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-02-21
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Instrumental.
CÓDIGO COLECBI : SS 200211-9

ENSAYOS DE METALES

RESULTADOS

METALES TOTALES	L.C. (mg/L)	RIO SANTA
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	1,78
Arsenico (As)	0,005	0,488
Boro (B)	0,003	15,230
Bario (Ba)	0,003	0,189
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	50,07
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0126
Cerio (Ce)	0,009	0,018
Cobalto (Co)	0,0006	0,0017
Cromo (Cr)	0,0003	0,0012
Cobre (Cu)	0,002	0,085
Hierro (Fe)	0,002	2,116
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	48,5
Litio (Li)	0,003	5,000
Magnesio (Mg)	0,02	12,19
Manganeso (Mn)	0,0003	0,2992
Molibdeno (Mo)	0,002	<0,002
Sodio (Na)	0,06	354,90
Niquel (Ni)	0,0006	0,0037
Fósforo (P)	0,01	0,22
Plomo (Pb)	0,002	0,128
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	<0,005

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

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com



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° 20200211-009

Pág. 2 de 2

Silice (SiO ₂)	0,01	25,60
Estaño (Sn)	0,003	<0,003
Estroncio (Sr)	0,0003	1,3442
Titanio (Ti)	0,0007	0,0287
Talio (Tl)	0,002	<0,002
Vanadio (V)	0,001	0,004
Zinc (Zn)	0,002	1,409

METODOLOGIA EMPLEADA

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 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 negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Febrero 22 del 2020
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 326
COLECBI S.A.C.

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

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

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

ANEXO N°05
ATD DE VAINA DE ARVEJA



Trujillo, 27 de enero del 2020

INFORME N° 14 - ENE-20

Solicitante: Zapata Burgos Héctor Arturo. – Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Vaina de arveja (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	VA-14E	12.4 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: 12.4 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa





Trujillo, 27 de enero del 2020

INFORME N° 14 - ENE-20

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra un importante descenso como consecuencia de su pérdida de masa frente a la temperatura, en el rango entre 80 y 120°C esto por causa de eliminación de humedad. Posteriormente el descenso es gradual hasta llegar a perder un total de 15% de su masa inicial en el rango de temperatura estudiado.
2. De acuerdo al análisis ATD, la curva muestra un pico endotérmico a aproximadamente a 120 y una región térmica entre 190 y 220°C. Posteriormente aparentemente experimentaría un ligero pico endotérmico a 750°C y luego uno a 800°C, lo que indicaría un posible cambio de fase y cambio en las propiedades del material (es propicio cerciorarse haciendo otros análisis).

Trujillo, 27 de enero del 2020


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

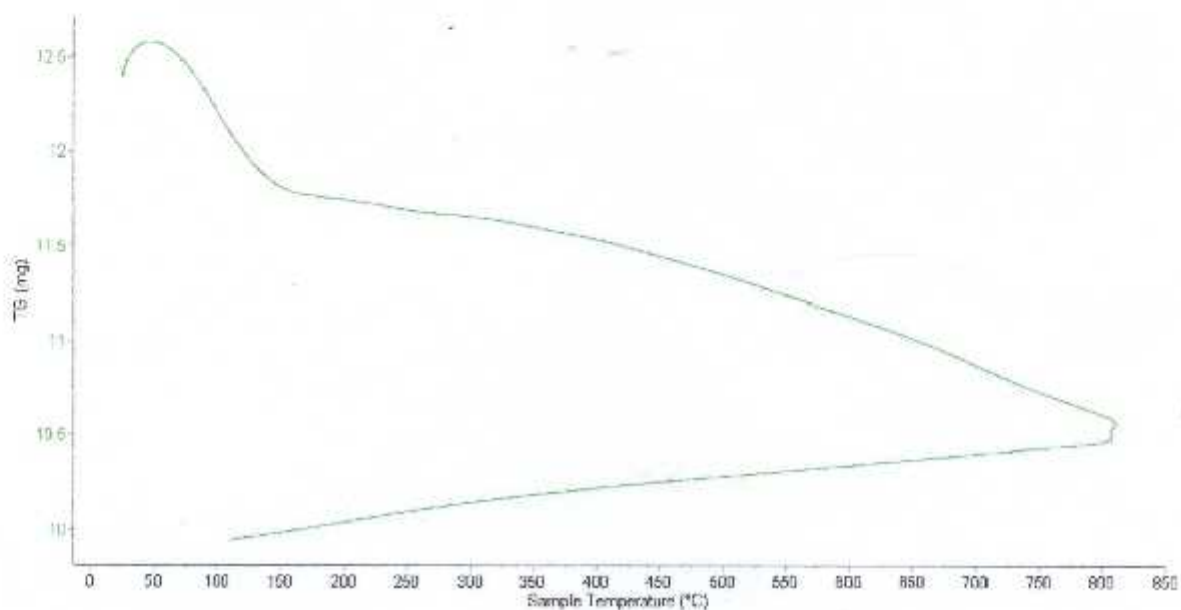


Trujillo, 27 de enero del 2020

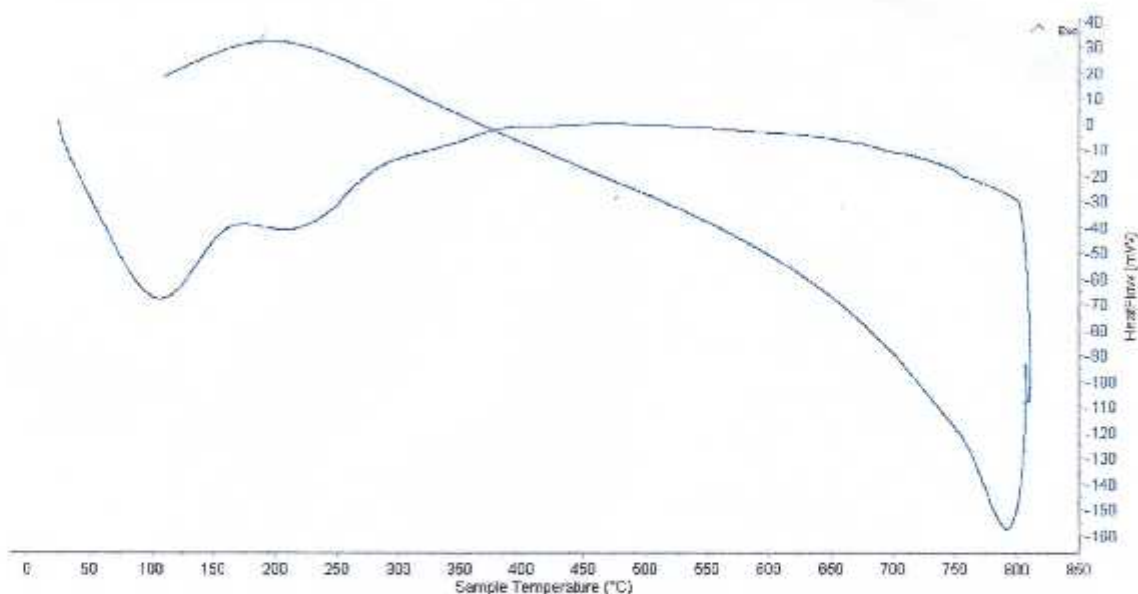
INFORME N° 14 - ENE-20

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD



ANEXO N°06
CALCINACION DE VAINA DE ARVEJA A 800°C



CALCINACION DE MATERIAL	
PROYECTO:	REMOCION DE ARSENICO EN AGUAS DEL RIO SANTA MEDIANTE UN BIOFILTRO DE CENIZAS DE VAINA DE ARVEJA EN 5 Y 10 gr/L.
SOLICITANTE:	HECTOR ARTURO ZAPATA BURGOS
FECHA DE RECEPCION	30/01/2020
FECHA DE ENSAYO	04/02/2020
MATERIAL:	VAINA DE ARVEJA

RESULTADOS

TEMPERATURA DE CALCINACION	800 °C
TIEMPO A TEMPERATURA CONSTANTE MAXIMA	1Hora
PESO INICIAL	1000 g
PESO FINAL	103 g
PERDIDA(%)	89 %


Jorge Alejandro Barraltes Vikanus
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384



ANEXO N°07

FRX DE CENIZA DE VAINA DE ARVEJA ACTIVADA 800°C



Informe N° 013 - LAQ/2020

Análisis de ceniza de vaina de arveja por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de ceniza de vaina de arveja a pedido del Sr. **Zapata Burgos, Héctor Arturo**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

"Remoción de Arsénico en Aguas del Río Santa Mediante un Biofiltro Empleando Cenizas de Vaina de Arveja (*Pisum Sativum*) en 5 y 10 g/L."

La muestra fue previamente calcinada a 800°C durante una hora y está en la forma de grano fino de color negro.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Para acumular el espectro se utilizaron 2048 canales de memoria donde se registraron un millón de cuentas. Los espectros se acumularon con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; con distancia de muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 1.8 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3030 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como



consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de concha de abanico. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X característico.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se forman en un



consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de concha de abanico. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X característico.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se forman en un



proceso de calcinación. La concentración total de estos óxidos resulta ser ligeramente mayor que 100%. Esto indica que puede contener compuestos diferentes de óxidos y/o existe una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición mineral de la muestra se recomienda utilizar el análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de la ceniza de vaina de arveja en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
SiO ₂	10.931	10.737
SO ₂	5.339	5.244
K ₂ O	6.424	6.310
CaO	78.645	77.249
MnO	0.006	0.006
Fe ₂ O ₃	0.020	0.020
Ni ₂ O ₃	0.037	0.036
CuO	0.033	0.032
ZnO	0.045	0.044
RbO	0.016	0.016
SrO	0.287	0.282
Y ₂ O ₃	0.003	0.002
ZrO ₂	0.022	0.021
Total	101.808	100.00

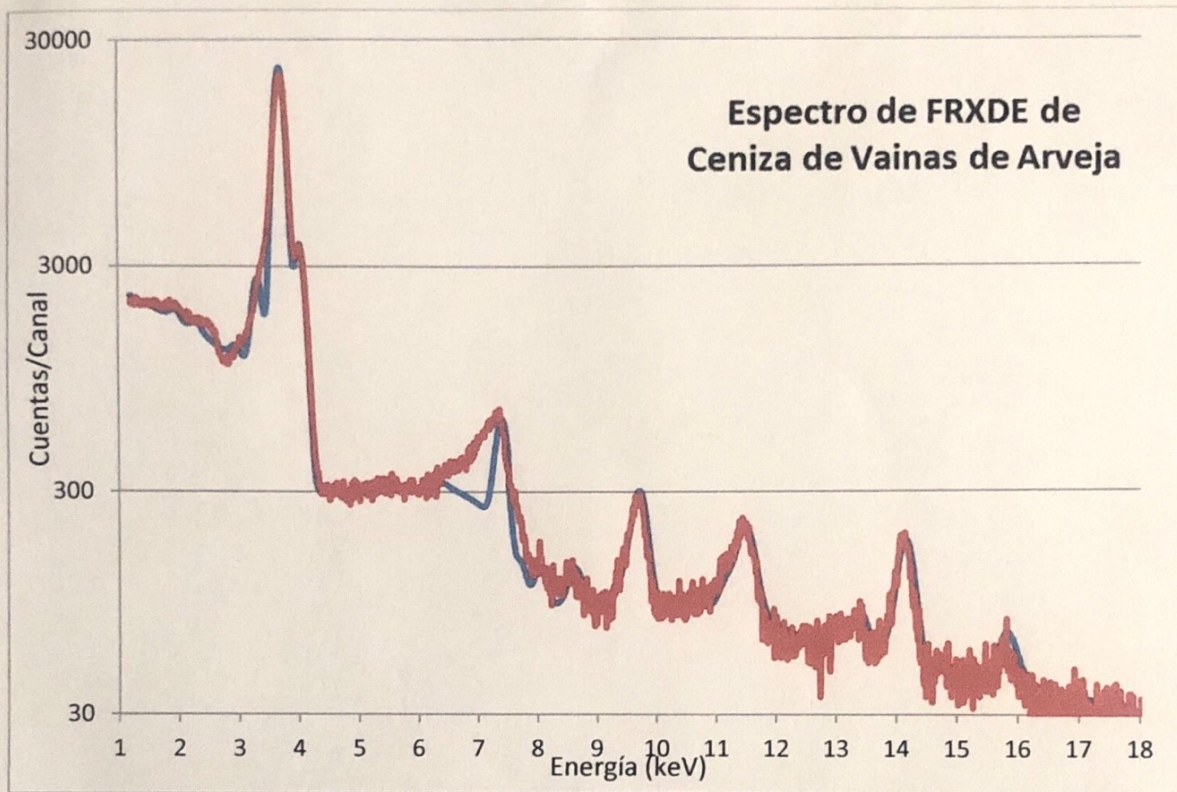


Figura 1. Espectro de FRXDE de la ceniza de vaina de arveja en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 25 de Febrero del 2020

ANEXO N°08

pH DE CENIZA DE VAINA DE ARVEJA ACTIVADA A 800°C



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

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

INFORME DE ENSAYO N° 20200221-042

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	: ZAPATA BURGOS HECTOR ARTURO.
DIRECCION	: Jr. Manuel Villavicencio 1135 Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO	: ABAJO INDICADO
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	: 01 muestra
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En bolsa de polietileno, cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020-02-21
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2020-02-21
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2020-02-22
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 200221-12

RESULTADO

“REMOCION DE ARSENICO DE AGUAS DEL RIO SANTA MEDIANTE UN BIOFILTRO EMPLEANDO CENIZA DE VAINA DE ARVEJA”

MUESTRA	ENSAYO
	pH
CENIZA DE VAINA DE ARVEJA	10,20

METODOLOGIA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras: **Proporcionadas por el Solicitante (X)** **Muestras 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 Dirlimenda por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: **SI ()** **NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo 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 24 del 2020,
GVR/jms

LC-MP-HRIE
Rev. 06
Fecha 2018-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 326
COLECBI S.A.C.

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

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

ANEXO N°09

**RESULTADOS DE MUESTRA PATRÓN – SIN CENIZA DE VAINA DE
ARVEJA**

(Arsénico - Cloruros – pH – Conductividad – Sólidos Totales – Turbidez)



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200221-039

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : ZAPATA BURGOS HECTOR ARTURO.
DIRECCION : Jr. Manuel Villavicencio 1135 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 : 05 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-21
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-21
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-02-28
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.
CÓDIGO COLECBI : SS 200221-11

RESULTADOS

"REMOCION DE ARSENICO DE AGUAS DEL RIO SANTA MEDIANTE UN BIOFILTRO EMPLEANDO CENIZA DE VAINA DE ARVEJA"

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	MUESTRA PATRON DE AGUAS DEL RIO SANTA TICAPAMPA - RECUAY
S.T.D. (mg/L)	335
Cloruros (mg/L)	8
(*) Turbidez (NTU)	335
Conductividad (uS/cm)	526
(**) pH	3,49

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.

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

ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	MUESTRA PATRON DE AGUAS DEL RIO SANTA TICAPAMPA - RECUAY
Arsénico (As)	0,005	3,347



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200221-039

Pág. 2 de 2

METODOLOGÍA EMPLEADA

Sólidos Totales Disueltos : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. 2017. Solids, Total Dissolved Solids Dried at 180°C.
Turbidez: APHA, AWWA and WEF/SM 23rd Edition 2017 2130B

Cloruros: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 23rd Ed 2017, Chloride, Argentometric Method

Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity, Laboratory Method.

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

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.
- A Solicitud del cliente solo se reportara Arsenico.
- 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 Dimensión 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, Febrero 29 del 2020.
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.R. 325
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRUEVO
Rev. 05
Fecha 2019.07.01

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

FIN DEL INFORME

ANEXO N°10

**RESULTADOS DE MUESTRA EXPERIMENTAL N°01 – 5 gr/L DE CENIZA DE
VAINA DE ARVEJA ACTIVADA A 800°C**

(Arsénico - Cloruros – pH – Conductividad – Sólidos Totales – Turbidez)



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200221-040

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : ZAPATA BURGOS HECTOR ARTURO.
DIRECCION : Jr. Manuel Villavicencio 1135 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 : 05 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-21
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-21
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-02-28
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.
CÓDIGO COLECBI : SS 200221-11

RESULTADOS

"REMOCION DE ARSENICO DE AGUAS DEL RIO SANTA MEDIANTE UN BIOFILTRO EMPLEANDO CENIZA DE VAINA DE ARVEJA"

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	EXPERIMENTAL 01 MUESTRA DE AGUAS DEL RIO SANTA CON 5gr/L DE CENIZA DE VAINA DE ARVEJA TICAPAMAPA - RECUAY
S.T.D. (mg/L)	910
Cloruros (mg/L)	6
(*) Turbidez (NTU)	32
Conductividad (uS/cm)	1410
(**) pH	8,26

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.

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

ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	EXPERIMENTAL 01 MUESTRA DE AGUAS DEL RIO SANTA CON 5gr/L DE CENIZA DE VAINA DE ARVEJA TICAPAMAPA - RECUAY
Arsénico (As)	0,005	0,595

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

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200221-040

Pag. 2 de 2

METODOLOGÍA EMPLEADA

Sólidos Totales Disueltos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. 2017, Solids, Total Dissolved Solids Dried at 180°C
Turbidez: APHA, AWWA and WEF/SMI 23rd Edition 2017 2130B

Cloruros: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 23rd Ed. 2017, Chloride, Argentometric Method

Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017, Conductivity Laboratory Method.

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 ENMC 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
- A Solicitud del cliente solo se reportara Arsenico
- 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 Dinámica 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 29 del 2020.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 328
COLECBI S.A.C.

LC-IMP -BRIEVO
Rev. 06
Fecha 2019-07-01

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

FIN DEL INFORME

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

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

ANEXO N°11

**RESULTADOS DE MUESTRA EXPERIMENTAL N°02 – 10 gr/L DE CENIZA
DE VAINA DE ARVEJA ACTIVADA A 800°C**

(Arsénico - Cloruros – pH – Conductividad – Sólidos Totales – Turbidez)



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200221-041

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : ZAPATA BURGOS HECTOR ARTURO,
DIRECCION : Jr. Manuel Villavicencio 1135 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 : 05 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-21
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-21
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-02-28
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.
CÓDIGO COLECBI : SS 200221-11

RESULTADOS

"REMOCIÓN DE ARSENICO DE AGUAS DEL RIO SANTA MEDIANTE UN BIOFILTRO EMPLEANDO CENIZA DE VAINA DE ARVEJA"

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	EXPERIMENTAL 02 MUESTRA DE AGUAS DEL RIO SANTA CON 10gr/L DE CENIZA DE VAINA DE ARVEJA TICAPAMAPA - RECUAY
S.T.D. (mg/L)	2060
Cloruros (mg/L)	9
(*) Turbidez (NTU)	114
Conductividad (uS/cm)	3,26
(**) pH	9,72

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.

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

ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	EXPERIMENTAL 02 MUESTRA DE AGUAS DEL RIO SANTA CON 10gr/L DE CENIZA DE VAINA DE ARVEJA TICAPAMAPA - RECUAY
Arsénico (As)	0,005	0,318



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200221-041

Pág. 2 de 2

METODOLOGÍA EMPLEADA

Sólidos Totales Disueltos : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. 2017. Solids, Total Dissolved Solids Dried at 180°C.
Turbidez: APHA, AWWA and WEF/SM 23rd Edition 2017 2130B

Cloruros: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 23rd Ed.2017. Chloride, Argentometric Method.

Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity, Laboratory Method.

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 sólo a la muestra/s ensayada/s.
- A Solicitud del cliente solo se reportara Arsenico
- 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 negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Febrero 29 del 2020.
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 022
COLECBI S.A.C.

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

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

FIN DEL INFORME

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

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

ANEXO N°12
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°13

**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/ Catac 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/ Catac 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/ Shonquil/ Carhuaz/Ancash	18L	216374	8977963	3573	Anteriormente se le asignó el código RChuc

Figura 47: 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 Río Santa				

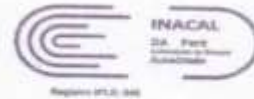
29	Río Santa	RSant1	1-A2	Oxígeno disuelto, Escherichia coli , y arsénico (3 parámetros)
		RSant2		Oxígeno disuelto, Escherichia coli , aluminio, arsénico y hierro (5 parámetros)
		RSant5		Oxígeno disuelto, aluminio, arsénico y hierro (4 parámetros)
		RSant6		Oxígeno disuelto, aluminio, fósforo total 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 48: Resultados de análisis en la cuenca río santa - 2016

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



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



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180913-011

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	: ZAPATA BURGOS HECTOR ARTURO
DIRECCIÓN	: Jirón Manuel Villarreal 1153 Chimbote
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RÍO).
CANTIDAD DE MUESTRA	: 03 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Frasco de plástico con tapa.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2018-09-13
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2018-09-13
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2018-09-24
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio de Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 180913-7

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Ticapampa
(*) pH	7.95
Conductividad (µS/cm)	1.293

Metales (**)	Resultados (mg/L) Ticapampa	Metales (**)	Resultados (mg/L) Ticapampa
Aluminio (Al)	8,0544	Magnesio (Mg)	12,47
Arsénico (As)	6,3121	Manganeso (Mn)	7,0356
Boro (B)	1,3554	Molibdeno (Mo)	<0,0006
Bario (Ba)	0,0223	Sodio (Na)	35,87
Berilio (Be)	0,0016	Níquel (Ni)	0,1132
Calcio (Ca)	101,16	Fósforo (P)	0,2652
Cadmio (Cd)	0,0428	Plomo (Pb)	0,16575
Cerio (Ce)	0,0054	Antimonio (Sb)	0,05285
Cobalto (Co)	0,0086	Selenio (Se)	<0,0045
Cromo (Cr)	0,00203	Estaño (Sn)	0,0177
Cobre (Cu)	0,12629	Estroncio (Sr)	0,6035
Hierro (Fe)	55,13	Titanio (Ti)	0,1805
Mercurio (Hg)	<0,00007	Talio (Tl)	<0,0002
Potasio (K)	6,3062	Vanadio (V)	0,00499
Litio (Li)	0,2422	Zinc (Zn)	10,74

(*) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1069-VI, SMEVW-APHA-AWWA-WEF
 (**) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.

METODOLOGÍA EMPLEADA

Conductividad: SMEVW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. 2017, Conductivity, Laboratory Method.
 pH: SMEVW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed. 2012, pH Value, Electrometric Method.
 Metales Totales: EPA 200.8

NOTA:

- Las muestras fueron recepcionadas por Laboratorio COLECBI S.A.C.
- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- 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 Diferenciación por ser la muestra Producto Parecidos.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Setiembre 25 del 2018.

GVR/mrs
 LC/MP-HRE
 Rev. 04
 Fecha 2018-11-30

A. Gustavo Vargas Ramos
 Gerente de Laboratorios
 C.B.P. 326
 COLECBI S.A.C.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - LL 7 - 1 Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839*2593 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medicambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

Figura 49: Resultados de análisis de barrido de metales pesados en la cuenca río santa punto rsant2 realizado por el investigador en el laboratorio Colecbi – Nuevo Chimbote – 2018, resultado usado como antecedente.

Fuente: Colecbi S.A.C. (Septiembre del 2018 – Nuevo Chimbote)

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					Agua Superficiales Rsant2	Agua Superficiales Rsant17
Identificación					Resultado	Resultado
Parámetro	Ref. Mèt.	Unidad	LD	LQ		
003 ENSAYOS FISIQUÍMICOS						
Aceites y Grasas	12261	mg/L	1,0	3,0	< 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	3	< 2	3
Demanda Química de Oxígeno	12336	mg O2/L	2	3	< 2	14
Fenoles	11593	mg/L	0,001	0,01	< 0,001	< 0,001
005 ENSAYOS POR CROMATOGRAFIA - Aniones por Cromatografía Iónica						
Cloruro, Cl-	8100	mg/L	0,061	0,200	6,160	19,30
Nitrato, NO3-	8100	mg NO3-/L	0,009	0,023	0,110	1,230
Nitrato, (como N)	8100	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,025	0,278
Nitrito, NO2-	8100	mg NO2-/L	0,015	0,038	< 0,015	< 0,015
Nitrito, (como N)	8100	mg NO2-N/L	0,004	0,010	< 0,004	< 0,004
Sulfato, SO4-2	8100	mg/L	0,050	0,200	22,83	66,92
Nitrato, (como N) + Nitrito, (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
Cadmio (Cd)	11420	mg/L	0,00001	0,00002	0,00055	0,00239
Cobalto (Co)	11420	mg/L	0,00001	0,00002	0,00124	0,00407
Cromo (Cr)	11420	mg/L	0,0001	0,0004	< 0,0001	< 0,0001
Cobre (Cu)	11420	mg/L	0,00003	0,00010	0,00358	0,00823
Hierro (Fe)	11420	mg/L	0,0004	0,0020	1,073	0,8014
Mercurio (Hg)	11420	mg/L	0,00003	0,00009	< 0,00003	< 0,00003
Potasio (K)	11420	mg/L	0,04	0,10	1,35	2,51
Litio (Li)	11420	mg/L	0,0001	0,0004	0,0547	0,1372
Magnesio (Mg)	11420	mg/L	0,003	0,010	2,585	3,825
Manganeso (Mn)	11420	mg/L	0,00003	0,00020	0,11639	0,6667
Moibdeno (Mo)	11420	mg/L	0,00002	0,00010	0,00122	0,00108
Sodio (Na)	11420	mg/L	0,006	0,040	6,002	13,99
Niquel (Ni)	11420	mg/L	0,0002	0,0004	0,0013	0,0015
Plomo (Pb)	11420	mg/L	0,0002	0,0004	0,0055	0,0063
Antimonio (Sb)	11420	mg/L	0,00004	0,00020	0,00075	0,00099
Selenio (Se)	11420	mg/L	0,0004	0,0005	< 0,0004	< 0,0004
Silicio (Si)	11420	mg/L	0,2	0,3	4,5	6,1
Estañio (Sn)	11420	mg/L	0,00003	0,00010	< 0,00003	< 0,00003
Estroncio (Sr)	11420	mg/L	0,0002	0,0004	0,1209	0,1754
Titanio (Ti)	11420	mg/L	0,0002	0,0005	0,0084	0,0029
Talio (Tl)	11420	mg/L	0,00002	0,00004	< 0,00002	< 0,00002
Uranio (U)	11420	mg/L	0,000003	0,000050	< 0,000003	< 0,000003
Vanadio (V)	11420	mg/L	0,0001	0,0005	0,0009	0,0004

Figura 50: Resultados de análisis de barrido de metales pesados en la cuenca río santa punto rsant2 realizado por el ANA (autoridad nacional del agua) – 2019, resultado usado como antecedente.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua – Perú, 2019.

ANEXO N°14
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 51: 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).

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Prolongado	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Total	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	µm/cm °C	1.500	1.500	**	**	**
D.B.O ₅	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoratos	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nítritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	**	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	--- 6	--- 5	--- 4	--- 5	--- 4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0	6-9 (7,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1.000	1.000	1.500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT °C	5	100	**	100	**
INORGÁNICOS						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Urano	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**
ORGÁNICOS						
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTP	mg/L	0,05	0,2	0,2		
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**

Figura 52: Parámetros físicos y químicos del agua, categoría 1: Poblacional y recreacional.

Fuente: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, Perú – 2008.