



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Remoción de Plomo empleando biomasa de *Bacillus subtilis* en aguas contaminadas de la quebrada Llaca Puquio, Quiruvilca-2019.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Br. Castañeda Zavaleta, Kevin Raymond (ORCID: 0000-0001-9552-2634)

Br. Grandez Zoto, Wincler Iban (ORCID: 0000-0001-8772-5204)

ASESOR:

Mg. Villacorta Gonzalez, Misael Ydilbrando (ORCID: 0000-0001-8772-5204)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

TRUJILLO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios por darnos la vida, la salud y las fuerzas para cada día salir adelante, por fortalecernos diariamente en nuestro proceso formativo, para lograr nuestros objetivos trazados.

A nuestros padres, hermanos quienes nos brindaron su apoyo siempre, por sus palabras de aliento durante todo el tiempo de nuestros estudios, por ser nuestros ejemplos de lucha constante y motivarnos a seguir adelante

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios por ayudarnos a concluir uno de nuestros grandes objetivos trazados, asimismo a nuestros familiares por confiar siempre en nosotros, a pesar de nuestros errores, alentándonos siempre para seguir adelante y ser perseverantes, por guiarnos por un buen camino para ser personas útiles en la sociedad.

Un agradecimiento especial a nuestros docentes quienes, en el transcurso de nuestra carrera profesional, nos formaron profesionalmente y como personas, por transmitirnos sus conocimientos brindándonos ideas positivas, por orientarnos e incentivarnos a lograr nuestros objetivos.

Página del Jurado

Página del Jurado

Declaratoria de Autenticidad

Yo, CASTAÑEDA ZAVALETA, KEVIN RAYMOND, con DNI N° 72363509, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental; declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en el presente proyecto de investigación son auténticos y veraces.

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



CASTAÑEDA ZAVALETA, KEVIN RAYMOND

DNI: 72363509

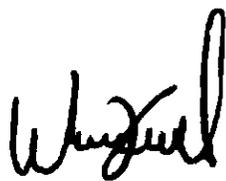
Trujillo 10 de diciembre de 2019

Declaratoria de Autenticidad

Yo, GRANDEZ ZOTO, WINCLER IBAN, con DNI N° 47377814, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental; declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en el presente proyecto de investigación son auténticos y veraces.

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



GRANDEZ ZOTO, WINCLER IBAN

DNI: 47377814

Trujillo 10 de diciembre de 2019

Índice

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado	iv
Declaratoria de Autenticidad	vi
Índice.....	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	11
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	11
2.2. Operacionalización de variables.....	12
2.2.1. Variables.....	12
2.3. Población, muestra y muestreo.....	14
2.3.1. Población:.....	14
2.3.2. Muestra:.....	14
2.3.3. Unidad muestral:.....	14
2.3.4. Muestreo:.....	14
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	14
2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	14
2.4.2. Validez y confiabilidad:.....	14
2.5. Procedimiento.....	15
Cultivo del <i>Bacillus subtilis</i>	15
Recuperación y secado de la biomasa	15
Tratamiento del agua de la quebrada Llaca Puquio	15
2.6. Métodos de análisis de datos	16
2.7. Aspectos éticos.....	16
III. RESULTADOS	17
3.1. Análisis inicial de la muestra	17
3.2. Análisis final de los tratamientos.....	17
3.3. Análisis Estadístico	19

3.4. Comparación de Concentración Final de Plomo remanente con el ECA para agua categoría 3.....	21
IV. DISCUSIÓN.....	22
V. CONCLUSIONES.....	25
VI. RECOMENDACIONES.....	26
REFERENCIAS.....	27
ANEXOS.....	34

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo “Determinar la remoción de plomo mediante la variación de la concentración de biomasa de *Bacillus subtilis*, velocidad de agitación y pH en aguas contaminadas de la quebrada Llaca Puquio - Quiruvilca, 2019.” En la sierra Liberteña la minería informal viene siendo desarrollada de manera exhaustiva, representando un grave problema, ya que los residuos que desechan, son arrojados directamente al ambiente contaminando las aguas que discurren en ese lugar. Es por ello que se propone un método para la remoción de Pb mediante el empleo de biomasa a base de *Bacillus subtilis*. El tipo de estudio fue cuantitativo, la población estuvo conformada por el agua que discurre en la Quebrada Llaca Puquio del distrito de Quiruvilca, para la muestra se tomó una muestra representativa de 10 L., de la cual se tomó una alícuota de 3 L. Los instrumentos utilizados fueron cuaderno de campo, fichas técnicas y el protocolo para muestreo de aguas superficiales. El análisis inicial de plomo realizado a la muestra extraída, presentó una concentración de 0.0986 mg/L de Pb. Después de aplicar 8 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, teniendo como variables la concentración de biomasa de *Bacillus subtilis*, velocidad de agitación y pH, teniendo como constante el tiempo de agitación de 60 minutos y la temperatura ambiente (22 °C), el valor máximo de Pb que se alcanzó remover fue 89.52 % en el tratamiento 5 con (1.3 g/L de biomasa, 200 rpm y pH 4.5). Los resultados de la concentración final de plomo en las muestras se compararon con el ECA para agua categoría 3 “riegos de vegetales y bebida de animales” DS N° 004-2017-MINAM, las concentraciones están por debajo de los índices establecidos en la normativa (0.05g/L).

Palabras claves: *Bacillus subtilis*, biomasa, remoción, Plomo.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la explotación de minerales viene siendo una de las actividades de mayor auge en nuestro país, la minería representa una de las actividades de mayor envergadura para el desarrollo de éste, debido al gran aporte económico que de ésta se deslinda; la minería está fuertemente relacionada al aspecto cultural y económico, generando empleos tanto formales como informales, y su explotación por lo general puede rayar lo rudimentario y lo artesanal (Gonzáles y Camprubí, 2010).

La explotación y extracción de estos minerales representan un riesgo significativo si los procesos que se desarrollan para su obtención no están contemplados dentro de un plan o programa que oriente a dichas actividades a cumplir ciertas normas de cuidado y protección ambiental, tal es el caso de la minería informal, que en su afán de extraer todo mineral valioso, hace caso omiso a las normas que prohíben el uso de ciertos productos y/o la liberación de sus residuos directamente al ambiente, los cuales de no ser tratados eficientemente representan impactos devastadores tanto para el hombre como para el ambiente en que vive, debido a la elevada concentración de metales pesados que estos contienen (Osores, Rojas y Lara, 2012).

La contaminación del recurso hídrico se considera uno de los más importantes problemas que afectan a la sociedad, la pérdida de este recurso en los últimos años ha aumentado notoriamente (Singh *et al.*, 2010), se calcula que alrededor de 2000 millones de metros cúbicos de agua son contaminados por metales pesados diariamente, por lo que se prevé una crisis de este recurso en los años próximos, lo que a su vez pone en riesgo el cumplimiento de uno de los objetivos de Desarrollo del Milenio de la Organización de Naciones Unidas (ONU-DAES, 2005-2015)

Los metales pesados están vinculados ya sea directa o indirectamente en casi todas las actividades humanas, elevando así la concentración de iones metálicos que ya se encuentran presentes de manera natural en el ambiente, la acumulación y biomagnificación de estos metales pesados representa un problema ambiental ya que estos afectan a toda la cadena trófica en un ecosistema (Casamorin, Bennett y Dedeles, 2014). Los metales pesados bajo su forma iónica son vertidos a ríos y mares provenientes de industrias como de curtiembre,

fotográfica, pigmentos, plásticos, de baterías y metalúrgica sin el debido control ambiental (Chuquilín y Rosales, 2016).

En la mayoría de los países de América Latina se está suscitando el problema de contaminación por metales pesados, países como México, Argentina, Chile, Perú y Bolivia aproximadamente 4 millones de personas ingieren diariamente aguas contaminadas por arsénico (Reyes *et al.*, 2016). En el Perú existen reportes de la presencia de metales pesados en sistemas acuáticos, fuertemente vinculados a la deficiente eliminación de los pasivos de la industria minera (Álvarez y Amancio, 2014).

La deficiente labor de fiscalización por parte de las autoridades competentes ha ocasionado que la contaminación por metales pesados en cuerpos de agua aumente desmedidamente, siendo las regiones de Madre de Dios y La Oroya dos de las más afectadas (MINAM, 2010) y (Osores, Rojas y Lara, 2012). Debido a la saltante problemática en que nuestro país se ve envuelto, la OMS recomienda el desarrollo de investigaciones de remoción de metales pesados en aguas contaminadas con dichos metales, por ello el Ministerio del Ambiente establece Estándares de Calidad Ambiental para Agua y disposiciones complementarias para su aplicación (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM), precisando las distintas categorías de los ECA para agua, siendo la Categoría 3 para riego de vegetales y bebidas de animales la que se utilizó en el presente estudio (Diario El Peruano, 2017).

En la sierra Liberteña una de las actividades económicas de mayor realce es la minería, en su gran mayoría informal, la explotación y extracción de minerales por parte de éstas viene siendo desarrollada de manera exhaustiva, lo que a su vez representa un gran problema, ya que los residuos que desechan, no son tratados adecuadamente, sino más bien son arrojados directamente al ambiente sin previo tratamiento, teniendo como consecuencia la contaminación de los ríos por metales pesados que estos relaves poseen y que son arrastrados por las fuertes lluvias que en estas zonas se registran, llegando así a las quebradas y ríos contaminando sus aguas; aguas que río abajo son captados para el riego de cultivos, bebidas de animales, etc. los mismos que va a parar donde las personas, a medida que la cadena trófica avanza, significando grandes riesgos para la salud de dichas personas (Diario El Comercio, 2017). La ANA, en su informe técnico N°068-2016-ANA-ALAMVCH en el

monitoreo participativo de calidad del agua de la cuenca Río Moche, La Libertad-Perú (2016), reportó la presencia de metales pesados en aguas de la cuenca alta del Río Moche (Quiruvilca - Shorey), entre ellas el plomo, con un valor de 0.06445 mg/L; valor que a la fecha se ha incrementado por la presencia de minería informal.

La biosorción mediante biomasa microbiana es un término que describe la remoción de agentes contaminantes de soluciones acuosas (García *et al.*, 2016), por tanto, representa una alternativa viable tanto por su capacidad de depuración como por el bajo coste que representa su aplicación, además de ser considerada como una de las tecnologías limpias en la eliminación de metales pesados (Romero *et al.*, 2007); varios microorganismos han sido utilizados para fines de biorremediación, tales como bacterias, hongos y micro algas, dichas especies demostraron ser eficaces en cuanto a la remoción de metales pesados (Cherlys, Deniles y Angulo, 2014). El uso de biomasa se ha vuelto cada vez más importante en cuanto se refiere la remoción de metales pesados, debido a su alta capacidad para retener dichos metales, en comparación con los métodos tradicionales (Solís *et al.*, 2015) e (Iliná, *et al.*, 2009). La presencia de bacterias, incluso a bajas concentraciones, mejora en gran medida la eliminación de metales pesados presentes en soluciones acuosas (Wightman y Fein, 2016)

Según TUR-NARANJO *et al.* (2012) en su investigación “Bioadsorción de plomo (II) por biomasa microbiana seca, efecto del pH”, se propuso evaluar cuál era el efecto del pH en el proceso de biosorción de plomo empleando biomasa seca de *Bacillus subtilis* CCEBI 1032 en soluciones de medio acuoso, en dicha investigación se consideraron tres niveles de pH 4.2; 5.2 y 6.2, así mismo se empleó como material bioadsorbente $0,6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de biomasa seca del microorganismo. El experimento fue realizado bajo agitación y se emplearon zarandas a 150 rpm en un periodo de 1 hora, asimismo la temperatura fue ambiente (32 °C). La cepa *Bacillus subtilis* CCEBI 1032, fue capaz de reducir la concentración hasta 1.66 mg/L de iones metálicos en un pH de 4.2 unidades alcanzando un 81.3 % de remoción de plomo.

Así mismo, NASSER, Mohamed (2018) en su artículo titulada “Performance of *Streptomyces rimosus* biomass in biosorption of heavy metals from aqueous solutions” en la cual planteó como objetivo de estudio investigar el uso de *Streptomyces rimosus* la biomasa como un adsorbente para la eliminación de metales pesados en soluciones acuosas,

se propuso analizar el efecto de diversos parámetros del proceso, como el pH, temperatura, velocidad de agitación, dosis del adsorbente, tiempo de exposición de la bacteria, concentración inicial de los iones metálicos, entre otros factores. En el documento también evaluó la diferencia cinética, equilibrio y modelos termodinámicos. Se determinó que los factores de estudio afectan la biosorción en diversos grados, como por ejemplo para el efecto de la dosis del adsorbente el incremento en la concentración de la biomasa por lo general, va a aumentar el porcentaje de soluto biosorbido, generando una mayor área superficial del biosorbente aumentando la cantidad de lugares de unión, asimismo verificó que proporcionar una velocidad de agitación adecuada en un proceso de biosorción por lotes es importante para superar la transferencia de masa externa, sin embargo, se concluyó que el factor pH es el principal que influye en la biosorción. La adsorción de metales pesados fue descrita por isoterma de Langmuir, que expresa la existencia de adsorción monocapa, asimismo se comprobó que el intercambio iónico desempeñó el papel principal en el mecanismo de adsorción del metal.

REYES *et al.*, (2016) en su artículo científico, “contaminación de metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y en la seguridad alimentaria” tuvo como objetivo abordar los principales problemas por la presencia de contaminación generados por Hg, Pb, Cd, As en el ambiente, así como también en alimentos, asimismo señala una descripción acerca de las fuentes de exposición y contaminación en los seres vivos, en la cual nos explica sobre la problemática que hoy en día estamos viviendo a causa de la contaminación de los recursos hídricos por los metales pesados; entre ellos el plomo y cadmio en Colombia, ya que estos no solo afectan al medio ambiente sino que gracias a su capacidad de persistir y a su vez la facilidad del medio para movilizarse, estos se introducen a largo plazo en la cadena trófica de los seres humanos de esta manera ponen en riesgo la salud, por lo que a causa de ello nos indica que la alta concentración de los mencionados elementos químicos en el río Bogotá es una preocupación latente ya que dichas aguas se emplean para el riego de los cultivos entre ellos la lechuga, repollo y brócoli, alimentos que son distribuidos en supermercados y plazas, en la cual las concentraciones de los metales están al límite de las normativas local y de la normativa peruana por lo que evidencia el riesgo tanto a la salud y de la seguridad

alimentaria ya que por su alta toxicidad, el impacto que ocasiona por exposición durante un periodo prolongado o por bioacumulación resulta alarmante.

VERDUGO, José (2017) en su tesis “Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de mandarina (*Citrus reticulata* Var. Clementina)” de la Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca: Ecuador, se planteó como objetivo determinar la capacidad de bioadsorción de metales pesados como plomo y cromo los cuales se encontraban en aguas residuales utilizando la cáscara de mandarina como bioadsorbente. La metodología utilizada para la obtención del bioadsorbente fue la siguiente, se utilizó sólo la cáscara que estaba en buenas condiciones, con un adecuado grado de madures. Se procedió a lavar la cáscara empleando agua destilada a una temperatura ambiente con una agitación por un periodo de 30 minutos, el mismo procedimiento se repitió por tres veces con el objetivo de eliminar las impurezas y los compuestos solubles presentes las cuales pueden inferir en el proceso de bioadsorción, por otro lado, el secado de la muestra se realizó en una estufa Memmert, la temperatura empleada fue 60 °C por un periodo de 3 días para lograr obtener un peso constante. Como resultados nos explica que la remoción de Pb fue de 71% con un pH de 4 unidades, empleando cáscaras de mandarina de 0.3 mm de diámetro, asimismo verifico que ambos modelos tanto el de Freundlich como el de Langmuir se ajustan a los datos experimentales obteniendo para Pb, la capacidad de bioadsorción de la cáscara de mandarina de 39.68 mg/g por lo que este bioadsorbente si puede ser empleado para la remoción de Pb.

Así mismo, GUTIERREZ, Susana (2015) en su tesis doctoral en ciencias bilógicas “Estudio de la bioadsorción de Cadmio y Plomo con biomasa de *Serratia marcescens* M8a-2T, a Nivel de Laboratorio” se propuso diseñar un proceso biotecnológico de biorremediación de Cd y Pb. En su metodología empleada para determinar la concentración adecuada de biomasa emplearon 50 ml de soluciones de Pb (NO_3)₂ y (SO_4)₂, las concentraciones finales utilizadas fueron de 100 ppm de Pb y Cd, por otro lado el pH fue ajustado a 3 unidades, para luego agregar suficiente biomasa seca para lograr alcanzar 0.01, 0.1 y 1 mg/ml de concentración final, asimismo las agitaciones se mantuvieron a 120 rpm en un periodo de una hora a temperatura ambiente. Posteriormente fueron centrifugados a 5000 rpm por un tiempo de 30 minutos. Vale señalar que el sobrenadante fue filtrado empleando una

membrana de acetato de célula de poro 0.45 μm de diámetro. Posteriormente los filtrados fueron colocados en frasco de plástico a 4 °C para su lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica, ya que permite medir la concentración de Pb y Cd, el experimento fue realizado por duplicado, donde señala como resultado de la investigación que después de los análisis necesarios en soluciones acuosas de 100 ppm de Pb y otros 100 ppm de Cd con una concentración de biomasa seca de 1 mg/mL se logró una remoción del 93.93% de plomo y 99.96% de Cadmio respectivamente a un pH de 3 unidades.

SANGA, Javier (2016) en la tesis “biosorción de Plomo por biomasa inactiva de bacterias aisladas en sedimentos de lixiviados del botadero de Haqira - Cusco,” propuso como objetivo optimizar parámetros y evaluar el proceso de remoción de Pb en aguas simuladas por medio de biomasa inactiva bacteriana actuando como sorbente, las cuales fueron obtenidas a partir de cepas con mayor resistencia al Pb. El trabajo consistió en aislar cepas resistentes con concentraciones de 93.8 mg/L de Plomo (BMA 01, BMA 02, BM 03, BMA 04 BMA 05) de las cuales la primera pertenecía a cocobacilos y las restantes a bacilos. Las cepas fueron sometidas a diferentes concentraciones de Pb para la evaluación de su resistencia al metal, la cepa BMA 04 fue la seleccionada ya que presentaba mayor resistencia. La prueba de biosorción se llevó acabo a escala de laboratorio, para ello se utilizaron frascos que contenían soluciones acuosas de Plomo con el biosorbente bacteriano a condiciones de agitación de 130 rpm y temperatura de 18 °C. Para la determinación del Plomo residual se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica. Como resultados menciona que los parámetros óptimos para la remoción de Plomo fueron a una concentración de biomasa de 1g/L, pH 5 y a un tiempo de 180 minutos, alcanzando remover 95,27% de Plomo.

Por otro lado, GONZALO, Alejandro y GUERRA, Julio (2016) en la tesis “influencia de velocidad de agitación y temperatura para la adsorción de plomo y Zinc empleando cáscara de plátano (*Musa Sapientum*), en aguas residuales del laboratorio de análisis químico,” propuso como objetivo elaborar un filtro de polvo de cáscara de plátano, en la que empleó 2 kg de cáscara, la cual se secó por 9 horas a una temperatura de 90 °C, para luego ser pulverizada y tamizada en mallas de 10, 100 y 200 μm , la cual fue trabajada con 2 muestras a temperaturas de (35, 50, 65, y 80 °C), y velocidad de agitación de (50 y 80 rpm), reportando

que los mayores resultados de remoción de plomo se dieron a 80 rpm y 80 °C, en los cuales alcanzaron una remoción de plomo de 79.76 % y 66.37% de Zinc.

Las actividades humanas, a través de procesos industriales, agrícolas y minería artesanal causa la degradación de la calidad de las aguas superficiales, lo que genera problemas por falta de conciencia ambiental y por ende contaminan al medio ambiente (Morosanu *et al.*, 2017).

Los estudios muestran que los metales pesados que tienen una mayor toxicidad son el Cobre, Cadmio, Mercurio, Cromo, Níquel, Zinc y Plomo. La preocupación de estos tóxicos radica porque son acumulativos, siendo más dañino a medida que estos asciende en la cadena evolutiva hacia el hombre, por ende, se han encontrado diferentes efectos físicos en la salud del ser humano como por ejemplo malestares crónicos, complicaciones en la sangre, asimismo se han detectado efectos mentales como sensaciones de ansiedad, conducta pasiva entre otros (Mapama, 2018).

Por otro lado en el ámbito acuático, se conoce que los contaminantes más preocupantes son la presencia de metales pesados ya que provocan afectaciones en los organismos sensibles, ejemplo de ello es la inhibición de la fotosíntesis en el fitoplancton, la inhibición del crecimiento y desarrollo del zooplancton y de los primeros estadíos de desarrollo de otras formas de vida, bajo la influencia a causa de la contaminación por los metales pesados únicamente tienen la capacidad de sobrevivir organismos de una resistencia particular. Asimismo, vale decir que las bacterias presentan genes las cuales les permiten transportar los metales en forma de nutrientes para el crecimiento de éstas, así como también el mantenimiento de equilibrio intracelular (Carpio, 2017).

Los metales pesados en los fondos de los ríos pueden causar varios efectos en la calidad del agua; Debido a esto, la capacidad de acumular metales, los niveles de toxicidad y la estabilización de metales en sedimentos se han considerado como un índice de contaminación de un territorio (Copaja, 2018).

El Plomo es conocido como un metal pesado cuyo símbolo es (Pb), elemento químico básico, que al combinarse con otras sustancias químicas produce diferentes compuestos comerciales. Por otro lado, el Pb tiene un color gris azulino, existiendo de manera natural

en cantidades pequeñas, asimismo se calcula la presencia de un 0.00002 % en la corteza terrestre (Alvarado y Gómez, 2013).

A causa de estas problemáticas de los metales pesados surgió la biorremediación que es un proceso en la que se emplean microorganismos o enzimas que son producidas por estos para la transformación o degradación de contaminantes tóxicos en el medio ambiente. La biorremediación es considerada una estrategia biológica que depende de las propiedades catabólicas que presenta cada microorganismo, ya que emplean contaminantes que les permite desarrollarse, asimismo por lo general, la extracción de metales empleando microorganismos es atribuida a sus carbohidratos, proteínas y componentes fenólicos las cuales contienen grupos de fosfato, carboxilo, hidroxilo, sulfatos y amino, ya que presentan una afinidad por los iones metálicos, haciendo más fácil su captación (Tejada, 2015).

Por lo cual múltiples investigaciones han sido descritas empleando cepas de bacterias y hongos para el tratamiento de agua y suelo contaminados por metales. Asimismo, diferentes estudios han evidenciado que levaduras, bacterias, y hongos pueden sobrevivir, adaptarse logrando desarrollar capacidades de extracción de metales como cobre, cadmio, níquel, plomo y zinc (Carpio, 2017). Por lo tanto, la presencia de metales pesados en el medio ambiente supone una grave amenaza para la salud humana es por ello que la remediación de este problema utilizando microorganismos ha sido ampliamente investigado para encontrar una solución sostenible (Bano *et al.*, 2018).

Por otro lado, la adsorción es una operación que consiste en separar un elemento (absorbible), que se encuentre en la solución líquida o de gas, por un sólido (adsorbente), y el instante en que el elemento absorbible es capturado por la superficie del sólido, este se convierte en adsorbato. Por lo tanto, la adsorción supone el incremento de la concentración del adsorbato componente en la superficie del sólido adsorbente por ende la disminución de la concentración de dicho componente en la solución líquida en la que se encuentra (Mestanza, 2012).

La remoción es el proceso que describe la adsorción, mediante la cual se extrae materia de una fase y se concentra sobre la superficie de otra. La sustancia que se concentra en la superficie se llama “adsorbato” y la fase sobre la que se da el proceso “adsorbente”; en este

proceso debe existir afinidad del adsorbente por los adsorbatos, con el fin de que estos últimos sean transportados hacia el sólido, donde van a ser retenidos (Dabrowski, 2001).

Los principales factores que afectan en la adsorción de los metales pesados son: El pH, numerosos estudios demuestran que la biosorción depende fuertemente del pH su valor en solución acuosa juega un papel crucial en la adsorción de iones de metales debido a la adsorción competitiva de iones de hidrógeno (H^+) e iones metálicos. H^+ puede ionizar el grupo funcional, en consecuencia, afectar a la capacidad de adsorción del adsorbente a los iones metálicos (Yayuan, H *et al.*, 2019); asimismo, el efecto del tiempo de contacto es un parámetro importante que afectan la eficiencia de biosorción ya que evalúa la capacidad de eliminación del metal por ende se puede realizar estudios de cinética de adsorción para obtener información sobre el tiempo de contacto necesario para establecer el equilibrio (García *et al.*, 2016).

Por otro lado, la dosis de biomasa es un parámetro importante que determina la tasa de absorción y la capacidad de adsorción para una concentración inicial dada, el índice de adsorción por lo general aumenta significativamente con el aumento de la concentración del biosorbente debido a una mayor área superficial, que a la vez incrementa el número de sitios de unión (Guangming *et al.*, 2015), asimismo la velocidad de agitación es importante en el proceso de adsorción ya que proporcionar una velocidad de agitación adecuada en un proceso, permite superar la transferencia de masa externa por lo que el efecto de la velocidad de agitación en la adsorción debe ser investigado (Nasser, 2018).

Bacillus subtilis es una bacteria aerobia Gram positiva, comúnmente se encuentra en el suelo, esta bacteria tiene la habilidad de formar una resistente endospora protectora, permitiéndole tolerar condiciones ambientales extremas. La pared celular del *Bacillus subtilis* está compuesto de peptidoglucano y ácido teicoico, asimismo posee los grupos funcionales carboxilo, fosfato, hidroxilo y amino, por otro lado, la pared celular de *Bacillus subtilis* y muchas otras bacterias Gram positivas proporcionan a la bacteria un saco rígido y protector interpuesto entre la célula y su entorno. Cuando se cultiva en presencia de fosfato y magnesio, las bacterias producen paredes que consisten principalmente en ácido teicoico y peptidoglucano, todos los materiales solubles y coloidales, tales como nutrientes orgánicos

y metales esenciales, deben entrar en contacto y filtrarse a través de la sustancia de la pared antes de acceder a la membrana plasmática (G. Wightman y B. Fein, 2005).

Siendo conocedores de la problemática que se viene atravesando en la sierra Liberteña a causa de la contaminación constante por metales pesados por parte de los relaves de minerías informales es que surge la pregunta ¿Cuál es el efecto de la concentración de biomasa de *Bacillus subtilis*, velocidad de agitación y variación del pH en la remoción de plomo en aguas contaminadas de la quebrada Llaca Puquio?, el presente trabajo busca contribuir con una alternativa de solución positiva, económica y eficiente ante la actual contaminación por metales pesados que se viene dando en la quebrada Llaca Puquio, debido a la actividad minera informal que allí se desarrolla, mediante la aplicación de biomasa de *Bacillus subtilis* y su amplia capacidad de adsorción, la misma que puede ser utilizada in situ, pudiendo así revertir en cierto modo la latente problemática que existe en dicho lugar.

Por consiguiente, la presente investigación tiene como objetivo general “Determinar la remoción de plomo mediante la variación de la concentración de biomasa de *Bacillus subtilis*, velocidad de agitación y pH en aguas contaminadas de la quebrada Llaca Puquio - Quiruvilca, 2019.” Para ello como objetivos específicos se plantea realizar un análisis de plomo inicial, para conocer la concentración de dicho contaminante antes de realizar los tratamientos, determinar si la biomasa a base de la bacteria *Bacillus subtilis* es eficaz en la remoción de plomo; determinar en cuál de los tratamientos hay mayor remoción de plomo así mismo comparar los resultados obtenidos con el ECA para agua categoría 3 “riego de vegetales y bebida de animales” DS N° 004-2017-MINAM.

Por otro lado, en la presente investigación se propuso como hipótesis lo siguiente:

H_1 = La variación de la concentración de biomasa de *Bacillus subtilis*, velocidad de agitación y pH, tiene efecto en la remoción de plomo en aguas contaminadas de la quebrada Llaca Puquio - Quiruvilca, 2019.

H_0 = La variación de la concentración de biomasa de *Bacillus subtilis*, velocidad de agitación y pH no tiene efecto en la remoción de plomo en aguas contaminadas de la quebrada Llaca Puquio - Quiruvilca, 2019.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

La presente investigación es cuantitativa ya que según Hernández Sampieri *et al.*, (2010, p.46), es aquella en la cual se usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer así patrones de comportamiento y probar teorías. El diseño de investigación es experimental, porque el tratamiento que corresponde a la variable independiente han sido manipulados por el investigador con la finalidad de garantizar en control y poder determinar con claridad la relación de causa- efecto que sucede en la variable independiente (Tam *et al.*, 2008).

Donde:



O1: Análisis de agua sin aplicar el estimulante.

X: Estimulante (Biomasa de *Bacillus subtilis*, velocidad de agitación y pH)

O2: Análisis de agua después de agregado el estimulante.

El estudio contó con 8 tratamientos, los cuales se detallan en la tabla 1:

Tabla 1. Tratamientos experimentales.

Tratamiento	Concentración de Biomasa (g)	Velocidad de agitación (rpm)	pH	Remoción de Pb (%)		
				Repeticiones		
				1	2	3
1	+	+	+			
2	-	+	+			
3	+	-	+			
4	-	-	+			
5	+	+	-			
6	-	+	-			
7	+	-	-			
8	-	-	-			

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

Concentración de Biomasa:	[+]: 1.3 g/L [-]: 0.8 g/L
Velocidad de Agitación (Va):	+: 200 rpm - : 100 rpm
pH:	+: 5.5 - : 4.5

2.2. Operacionalización de variables

2.2.1. Variables

- Independiente:

Biomasa de *Bacillus subtilis* (en sus dimensiones: Concentración, velocidad de agitación y pH de la solución)

- Dependiente:

Remoción de plomo

Tabla 2. Operacionalización de variables.

Variable		Dimensiones	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala
V.I. <i>Bacillus subtilis</i>	Es una bacteria Gram positiva, que en su pared celular tiene los grupos funcionales: carboxilo, fosfato, hidroxilo y amino los cuales facilitan la adsorción de metales pesados (G. Wightman y B. Fein, 2005)	Concentración de biomasa de <i>Bacillus subtilis</i> en la solución.	La dosis de biomasa es un parámetro importante que determina la tasa de absorción y la capacidad de adsorción para una concentración inicial dada (Guangming <i>et al.</i> , 2015).	Se realizó siguiendo la metodología descrita por Tur-Naranjo (2013): -Cultivo de <i>Bacillus subtilis</i> . -Recuperación y secado de la biomasa.	gr/L	De razón
		Velocidad de agitación de la solución.	La velocidad de agitación es un parámetro importante, ya que de éste depende el que se pueda superar la transferencia de masa externa y el aumento de la capacidad de adsorción de la biomasa (Nasser, 2018).	Se utilizó un agitador magnético y una pastilla de agitación magnética ajustado a las velocidades requeridas.	Rpm	Del intervalo
		pH de la solución.	La remoción depende fuertemente del pH su valor en solución acuosa juega un papel crucial en la adsorción de iones de metales debido a la adsorción competitiva de iones de hidrógeno e iones metálicos (Yayuan, H <i>et al.</i> , 2019).	El pH, fue medido con un pH-metro marca HANNA INSTRUMENTS.	Unidad	Del intervalo
V. D. Remoción de plomo	Es el proceso que describe la adsorción, mediante la cual se extrae materia de una fase y se concentra sobre la superficie de otra (Dabrowski, 2001).			Se realizaron análisis de absorción atómica antes y después de aplicar los tratamientos, para determinar la cantidad de contaminante removido.	% de remoción de plomo.	De Razón

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población:

En el presente estudio la población estuvo conformada por el agua que discurre en la quebrada Llaca Puquio del distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco - La Libertad.

2.3.2. Muestra:

Se tomó una muestra representativa de 10 L., de la cual se tomó una alícuota de 3 L. Para realizar los distintos tratamientos, la procedencia de la muestra fue del pueblo de Quiruvilca en las coordenadas:

$$X= 795399.567 \text{ mE}$$

$$Y= 9114448.295 \text{ mS}$$

2.3.3. Unidad muestral:

La unidad muestral en el presente estudio fue un matraz Erlenmeyer de 125 ml conteniendo 80 ml de agua a tratar.

2.3.4. Muestreo:

El punto de muestreo fue elegido acorde a la accesibilidad a la quebrada Llaca Puquio.

Se tomó en cuenta el protocolo para muestreo de aguas superficiales según la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. (ver anexo 4, figura 9)

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

En la presente investigación se utilizó técnicas como la observación, revisiones bibliográficas y experimentación, así mismo como instrumento se hizo uso del protocolo para muestreo de aguas superficiales del ANA, cuaderno de campo, fichas técnicas, en donde fue vaciada la data obtenida.

2.4.2. Validez y confiabilidad:

La Resolución Jefatural N° 010-2016 ANA, que valida el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

2.5. Procedimiento

➤ Cultivo del *Bacillus subtilis*

- ✓ Con el fin de adquirir mayor cantidad de biomasa, se realizó un pre-inóculo a partir de la cepa de *Bacillus subtilis*, para la cual se partió de la incubación de una muestra fresca a un tiempo de 24 horas y se inoculó 300 mL de caldo nutritivo BHI (Infusión cerebro-corazón) estéril (3 frascos de 100 ml cada uno) contenido en frascos de vidrio de 250 ml. Los cultivos se incubaron durante 24 h a 150 rpm y 32 °C, a un pH de 7.4 unidades respectivamente.
- ✓ Posteriormente, se tomó la solución preparada inicialmente y se sembró en un biorreactor de 5000 mL, conteniendo los 3000 mL de caldo nutritivo BHI estéril preparado anteriormente. El cultivo se dejó 5 días en agitación continua de 150 rpm, a 32 °C (Tur-Naranjo *et al.*, 2012)

➤ Recuperación y secado de la biomasa

- ✓ El cultivo se centrifugó a 4000 rpm a un tiempo de 10 minutos, el precipitado se procedió a lavar 3 veces con agua destilada para la eliminación de residuos propios del medio.
- ✓ El secado de la biomasa se realizó en una estufa a temperatura de 80 °C alrededor de 10 horas hasta obtener un peso constante. Luego se procedió a polvORIZARLA en un mortero, la biomasa seca polvORIZADA se conservó en bolsas ziploc herméticamente cerradas (Tur-Naranjo *et al.*, 2012)

➤ Tratamiento del agua de la quebrada Llaca Puquio

- ✓ Una vez obtenida la muestra se realizó un análisis de plomo, el cual nos permitió determinar las condiciones iniciales del agua de la quebrada Llaca Puquio.
- ✓ Las muestras de agua a tratar se repartieron en 24 matraces erlenmeyer de 125 ml, conteniendo 80 ml de la muestra para cada tratamiento, la dosis de la biomasa seca de *Bacillus subtilis*, la velocidad de agitación y el pH, fueron los indicados en el diseño de investigación. (tabla 1)
- ✓ El pH de las soluciones a tratar fue ajustado a las unidades seleccionadas (4.5 y 5.5), utilizando HCL 0.01N y NaOH 0.01N según requiera.
- ✓ Para la velocidad de agitación se utilizó un agitador magnético y una pastilla de agitación magnética, todos los tratamientos se realizaron durante 60 minutos, a temperatura ambiente.

- ✓ Una vez culminado el proceso de agitación, se procedió a centrifugar los tratamientos durante 10 minutos a 4500 rpm, con el fin de separar los sólidos en suspensión. Posteriormente se filtró dichas muestras usando filtros de 0.22 μm , con la intención de retener cualquier partícula que pueda interferir en el análisis final.
- ✓ Finalmente se procedió a realizar los análisis respectivos de espectrofotometría de absorción atómica de los tratamientos para determinar el porcentaje de plomo removido por la biomasa de *Bacillus subtilis*.

2.6. Métodos de análisis de datos

Luego de obtenida la data que arrojaron los distintos tratamientos, se procedió a analizarlos a través del Software estadístico SPSS, se utilizó Shapiro Wilk (prueba de normalidad) para comprobar que los resultados de cada tratamiento presenten un comportamiento de distribución normal, también se realizó la prueba de Levene, a fin de evaluar la supuesta igualdad de varianzas existente en los valores de los distintos tratamientos; con estos 2 análisis como prerequisite, se procedió a elaborar el análisis de varianzas ANOVA, con el fin de determinar la varianza que existe dentro de los valores que registró cada tratamiento; y por último, se desarrolló la prueba HSD Tukey para hallar cuál de los tratamientos fue el que más plomo logró remover.

2.7. Aspectos éticos

Para la realización del presente proyecto se recopiló información de distintas fuentes bibliográficas, estudios que ya han sido desarrollados por sus respectivos autores, los cuales han sido debidamente citados tal y como lo exige la norma. Además, en este estudio por ser de carácter experimental, se obtuvieron datos y resultados que están disponibles para futuras investigaciones, por lo que los autores manifestamos que la data obtenida en esta investigación es real, fehaciente y libre de cualquier manipulación y/o alteración de datos.

III. RESULTADOS

3.1. Análisis inicial de la muestra

Con el objetivo de conocer la concentración inicial del contaminante presente en el agua a evaluar, y mediante el método de absorción atómica se realizó un análisis inicial de la muestra.

Tabla 3. Análisis inicial de concentración de Plomo.

Determinaciones	Unidades	Resultado
Plomo (Pb)	Pb mg/L	0,0986

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 3 muestra el resultado obtenido del análisis inicial de Plomo presente en aguas de la quebrada Llaca Puquio, considerando que dichas aguas son captadas río abajo para riego de cultivos y bebida de animales, nos indica que la concentración de dicho contaminante supera lo establecido por el ECA para agua categoría 3 “riego de vegetales y bebida de animales” con respecto a lo indicado en la normativa ambiental (0.05 g/L) DS N° 004-2017- MINAM (ver anexo 4, tabla 13)

3.2. Análisis final de los tratamientos

El cálculo de la concentración final de los distintos tratamientos se realizó mediante absorción atómica, 8 fueron los tratamientos sometidos a este análisis, combinándose: Concentración de biomasa, velocidad de agitación y pH, tal como se indica en la tabla 1; cada tratamiento constó de 3 repeticiones, obteniéndose finalmente una media de cada tratamiento, resultado que sirvió para el cálculo del porcentaje de remoción y la comparación con la concentración inicial; con ello la selección del tratamiento en el que se logró la máxima remoción de plomo.

Tabla 4. Cálculo de concentración final de Pb remanente, removido y porcentaje de remoción.

Tto.	Cc de biomasa (g/L)	Velocidad de agitación (rpm)	pH	Cc inicial de Pb (mg/L)	Pb remanente (mg/L)**	Pb removido (mg/L)	% de remoción de Pb (mg/L)
1	1,3	200	5,5	0,0986	0,029	0,069	70,25
2	0,8	200			0,040	0,058	59,09
3	1,3	100			0,031	0,068	68,90
4	0,8	100			0,043	0,056	56,39
5	1,3	200	4,5		0,010	0,088	89,52
6	0,8	200			0,019	0,079	80,39
7	1,3	100			0,014	0,085	85,80
8	0,8	100			0,023	0,076	77,01

**.

 Promedio obtenido de las 3 repeticiones (anexo 1, tabla 7)

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4 muestra los tratamientos aplicados a cada una de las muestras; así como también las medias de plomo remanente a partir de las 3 repeticiones aplicadas a cada tratamiento; también muestra la cantidad de plomo removido en cada uno de ellos, así como el porcentaje de remoción que estos representan; se observa también que todos los resultados obtenidos alcanzaron una remoción superior al 50 % de la concentración inicial de plomo, tal como lo muestra la figura 1.

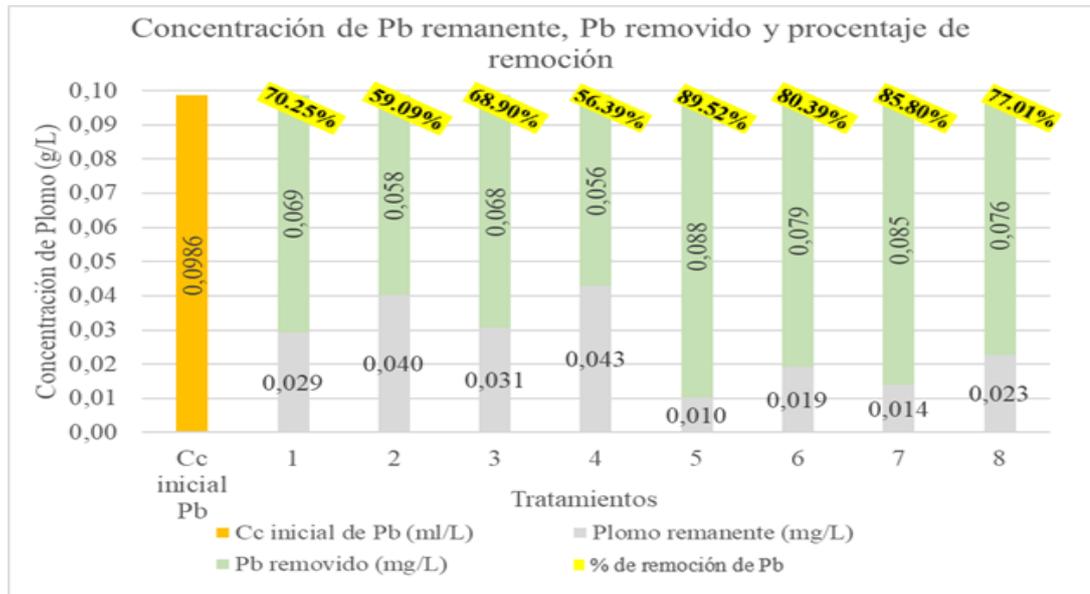


Figura 1. Gráfico de medias de concentración final de Pb remanente, removido y porcentaje de remoción.

Fuente: Elaboración propia

3.3. Análisis Estadístico

3.3.1. Prueba de Normalidad

La prueba de normalidad se realizó a la variable de respuesta Porcentaje de Remoción de Plomo; de acuerdo con la prueba aplicada y con un nivel de confiabilidad de 95%, se afirma que los datos de la remoción de plomo según la “variable independiente” Tratamientos presentan una distribución normal, dado que el valor de significancia obtenido fue $p > 0.05$, tal como se muestra en el anexo 2, tabla 9.

3.3.2. Prueba de homogeneidad de varianzas de error

Los resultados del test de Levene para homogeneidad de varianzas arrojaron como resultado el valor ($p > 0.05$), con lo cual se asume que las varianzas entre los grupos a comparar son iguales, o muy parecidas. (Véase Anexo 2, tabla 10).

Cumpliendo con estos 2 pre-requisitos para aplicar pruebas paramétricas; se procedió a realizar el análisis (ANOVA) de un factor.

3.3.3. Análisis de varianza ANOVA

Para realizar el análisis ANOVA, se propuso las siguientes hipótesis:

H_0 : Los tratamientos de (Concentración de biomasa (g), velocidad de agitación (rpm) y pH; no tienen efecto en la remoción de plomo.

H_1 : Los tratamientos de (Concentración de biomasa (g), velocidad de agitación (rpm) y pH; tienen efecto en la remoción de plomo.

En la tabla 11 del anexo 2, con una confiabilidad del 95% se muestran los resultados del análisis ANOVA; que indica la existencia de diferencia significativa entre al menos 2 de los 8 tratamientos realizados en el porcentaje de remoción de Pb; es así que se acepta H_1 .

3.3.4. Comparaciones múltiples HSD TUKEY

En la tabla 12 del anexo 2, se muestran las múltiples comparaciones que se realizaron para determinar diferencia significativa entre cada tratamiento por pares a un nivel de significancia de 0,05.

3.3.5. Subconjuntos homogéneos de HSD Tukey para el porcentaje de remoción de Pb.

Tabla 5. Subconjuntos homogéneos de HSD Tukey para el porcentaje de remoción de Pb.

PORCENTAJE DE REMOCION DE PLOMO							
	TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
			1	2	3	4	5
HSD Tukey	T4	3	56,3867				
	T2	3	59,0933				
	T3	3		68,9000			
	T1	3		70,2500			
	T8	3			77,0133		
	T6	3			80,3900	80,3900	
	T7	3				85,8033	85,8033
	T5	3					89,5200
	Sig.			,786	,993	,571	,108
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.							
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.							

Fuente: Elaboración propia/ Estadístico SPSS

En la tabla 5 de HSD Tukey se tiene la formación de 5 subconjuntos homogéneos; donde el subconjunto 5 conformado por los tratamientos T7 y T5 son los que presentan los porcentajes de remoción de Pb más altos (85,80% y 89,52%) respectivamente; a su vez dichos porcentajes no difieren significativamente entre ambos ($P > 0.05$). La evidencia encontrada sugiere que estos tratamientos resultan ser más eficaces en la remoción de Pb.

3.4. Comparación de Concentración Final de Plomo remanente con el ECA para agua categoría 3.

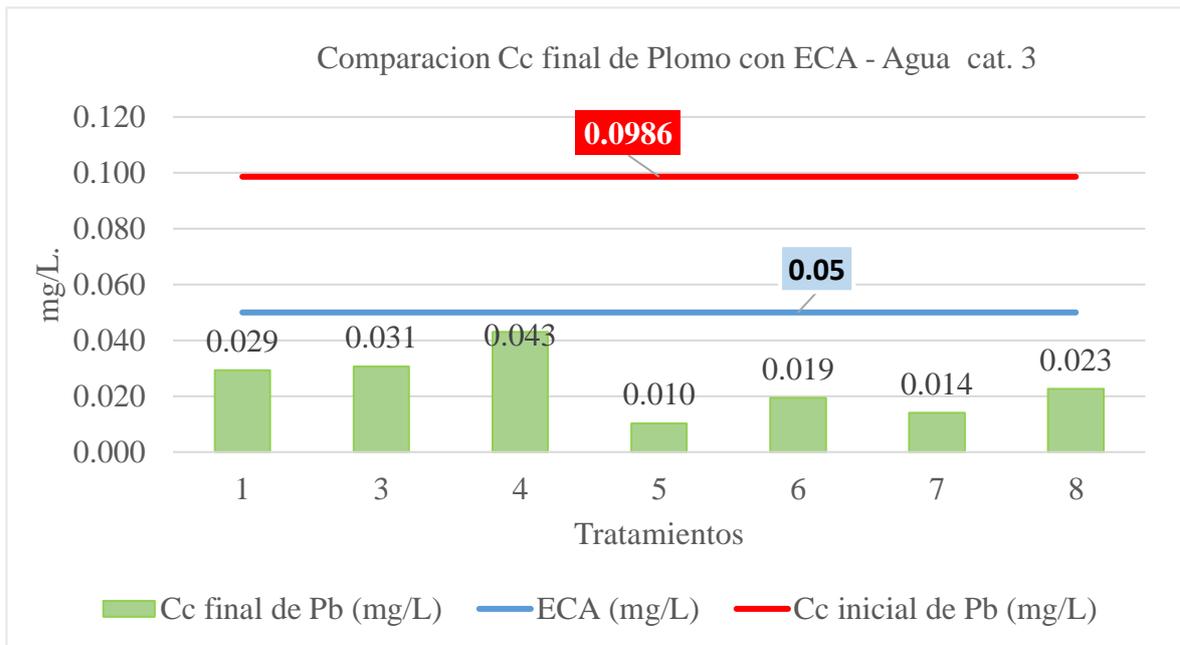


figura 2. Comparación de concentración final de Plomo remanente con el ECA para agua categoría 3.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 2, nos muestra que todos los tratamientos a los que la muestra fue sometida, lograron reducir la concentración de plomo a índices que se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3: “riego de vegetales y bebida de animales” (0.05 mg/L.) DS N° 004-2017-MINAM.

IV. DISCUSIÓN

En el análisis inicial de plomo realizada a la muestra extraída de la quebrada Llaca Puquio – Quiruvilca, se obtuvo 0.0986 mg/L de Pb (ver tabla 2); observando que la presencia de este metal supera los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3 “riego de vegetales y bebida de animales” 0.05 mg/L DS N° 004-2017-MINAM (ver anexo 4, tabla 13). En los últimos años se han reportado valores similares en zonas cercanas a dicha quebrada, pudiendo mencionar los que obtuvo la ANA en el 2016 (0.06445 mg/L), conforme lo reportó en el INFORME TÉCNICO N°068-2016-ANA-ALAMVCH durante el monitoreo participativo de calidad de agua de la cuenca del Río Moche, La Libertad-Perú (ver anexo 4, figura 10). Una de las causas del incremento de los metales pesados, entre ellos el plomo, en la cuenca del Río Moche es el aumento de la minería informal a las riveras de la quebrada, la cual empezó a tomar fuerza con el cierre de la única empresa minera que existía en la zona (Mina Quiruvilca) a mediados del 2017.

Se ha determinado que la concentración de biomasa de *Bacillus subtilis*, velocidad de agitación y pH, si remueven la concentración de plomo de la muestra de agua de la quebrada Llaca Puquio - Quiruvilca tal como se puede observar en la tabla 4, considerando como constante el tiempo de agitación (60 minutos) y la temperatura ambiente (22 °C), se puede observar que el tratamiento 7 con (1.3 g/L de biomasa, 100 rpm y pH 4.5), y el Tratamiento 5 con (1.3 g/L de biomasa, 200 rpm y pH 4.5), son los que presentan los porcentajes de remoción de Pb más altos (85,80% y 89,52%) respectivamente; mientras que en lo tratamientos T4 con (0.8 g/L de biomasa, 100 rpm y pH 5.5) y T2 (0.8 g/L de biomasa, 200 rpm y pH 5.5) presentan los porcentajes de remoción de Pb más bajos (56,39% y 59,09%) respectivamente (ver tabla 4). Al nivel más bajo de pH (4.5), se registraron los mejores resultados en la remoción de Pb, estos resultados guardan relación con la investigación de Tur-Naranjo *et al*, (2013), en la cual utilizaron 3 niveles de pH 4.2; 5.2 y 6.2 unidades, reportando sus mejores resultados a pH 4.2, donde alcanzaron la remoción del 83.1% de plomo empleando biomasa bacteriana inerte; coincidiendo con Yayuan, H *et al*, (2019) en que el pH es el parámetro más importante a tener en cuenta en el proceso de adsorción para la remoción de metales pesados, ya que este afecta la solubilidad de los metales, como la actividad de los grupos

funcionales en la biomasa, por lo que la interacción de los cationes metálicos con los sitios de unión de la biomasa es muy sensible a los valores de este parámetro.

Con respecto a la dosis de biomasa de *Bacillus subtilis*, se alcanzó los mejores resultados en la remoción de Pb cuando se utilizó la dosis más alta (1.3 g/L), resultado que se asemeja a lo obtenido por SANGA, Javier (2016) en donde alcanzó remover 95,27% de Plomo con una concentración de biomasa de 1g/L empleando la cepa BMA 04 bacteria del género *bacillus*; concordando con lo expuesto por Guangming *et al*, (2015), quién señala que los índices de adsorción aumentan significativamente con el aumento de la concentración del biosorbente debido a la mayor área superficial, lo que a su vez aumenta el número de sitios de unión, asimismo la biomasa de *Bacillus subtilis* posee en sus paredes celulares compuestos de peptidoglucanos, ácido teicoico y grupos funcionales de carboxilos, fosfatos, hidroxilos y aminos, los cuales van a facilitar el proceso de adsorción (G. Wightman y B. Fein, 2005).

De acuerdo a la evaluación estadística (tabla 5), se observa que los porcentajes de remoción de Pb en los tratamientos 7 y 5, estadísticamente son iguales, ya que el (P valor > 0.05). Haciendo la comparación entre la variación de la concentración de Biomasa de *Bacillus subtilis*, velocidad de agitación y pH entre ambos tratamientos (tabla 4), se puede observar que sólo la velocidad de agitación difiere entre ambos (100 y 200 rpm) por lo tanto, el factor velocidad de agitación en la presente investigación, fue el que menor efecto tuvo en la remoción de plomo; coincidiendo con lo indicado por Nasser, (2018), quien señala que en un proceso de adsorción de metales se debe tener en cuenta los siguientes factores: Fuerza iónica, temperatura, pH, tiempo de contacto, velocidad de agitación, dosis del adsorbente, pero afirma que de todos los mencionados el pH es el factor principal que influye en la remoción de metales pesados.

La figura 2 muestra los resultados de la concentración final de Pb obtenidos por cada tratamiento lo cual indica que la biomasa de la bacteria *Bacillus subtilis* tiene capacidad para la remoción de Pb ya que logró reducir la concentración de este metal. Para Tejada, (2015) los microorganismos y las bacterias tienen la capacidad de remover metales pesados, por lo general, la extracción es atribuida a sus carbohidratos, proteínas y componentes fenólicos las cuales contienen grupos de fosfato, carboxilo, hidroxilo, sulfatos y amino. Asimismo, Romero *et al*, (2007) menciona que en los últimos años la remoción de metales pesados empleando bacterias y microorganismos ha emergido

como uno de los métodos más económicos, por tanto, representa una alternativa viable tanto por su capacidad de depuración como por el bajo coste que representa su aplicación, además de ser considerada una tecnología limpia en la eliminación de metales pesados.

V. CONCLUSIONES

- Las aguas de la quebrada Llaca Puquio, en el distrito de Quiruvilca, se encuentran contaminadas con plomo, presentando una concentración de 0.0986 g/L, debido a la minería informal que allí se desarrolla.
- Se logró determinar que la biomasa de *Bacillus subtilis* es eficaz en la remoción de plomo, ya que todos los tratamientos lograron remover más del 50 % de la concentración inicial de plomo.
- El tratamiento en el que se dio el mayor porcentaje de remoción de plomo es el tratamiento 5 (1.3 g/L de biomasa, 200 rpm y pH 4.5), donde se logró remover el 89.52% de Pb; sin embargo, el tratamiento 7 (1.3 g/L de biomasa, 100 rpm y pH 4.5) resultó ser el más recomendable, pues se utilizó menos energía que en el tratamiento 5 y se logró remover el 85.80% de Pb; resultados que estadísticamente no difieren.
- Todos los tratamientos aplicados lograron reducir la concentración de plomo hasta índices que se encuentran por debajo de lo establecidos en la normativa ambiental ECA para agua categoría 3, “riego de vegetales y bebida de animales” DS 004-2017-MINAM.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar pruebas en las que se someta a los tratamientos a distintas variaciones de temperatura.
- Se recomienda realizar pruebas a concentraciones de Plomo superiores, a fin de determinar el grado de resistencia del *Bacillus subtilis*.
- Es recomendable que la autoridad competente (ANA, OEFA), realicen monitoreos con mayor frecuencia en la cuenca alta del Río Moche.

REFERENCIAS

ALVARADO, Ana y GOMEZ, Denise. Estudio preliminar de la retención de plomo en agua a partir de cascara de musa *sapientum* (banano) utilizadas como filtro. Tesis de grado (Licenciatura en Química y Farmacia). San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador, 2013. 93 p. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5104/1/TESIS%20COMPLETA.pdf>

ÁLVAREZ, R y AMANCIO, F. Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la laguna Chinancocha - Llanganuco periodo 2012 – 2013. Tesis (Licenciados en Ingeniería Ambiental). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Facultad de Ciencias del Ambiente. 2014. 34 pp. Disponible en: https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Alvarez_y_Amancio_2014.pdf

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. [En línea]. El Peruano. 2017. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2019]. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-MINAM-1529835-2/>

ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales [En línea]. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Lima 2016. [Fecha de Consulta: 07 de Octubre de 2019]. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf

ANA. Resultado del monitoreo participativo de calidad de agua de la cuenca río Moche, La Libertad - Perú, 2016. Autoridad Nacional del Agua, Trujillo 2016.

BANO, Anna [*et al*]. Biosorption of heavy metals by obligate halophilic fungi. *Chemosphere Journal* [en line]. Vol.199, Mayo 2018. Pp. 218 - 222, [Fecha de consulta: 07 de Mayo 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653518302455> ISSN = 0045-6535

CASAMORIN, J. BENNETT, R. DEDELES, G. Biosorption of Cd (II) by Yeasts from Ripe Fruit Peels in the Philippines. (2014) *Journal of Health and Pollution*: Vol. 4, No. 7, pp. 14-74. [Fecha de consulta: 01 de Mayo de 2019].

Disponible en: <https://www.journalhealthpollution.org/doi/pdf/10.5696/2156-9614-4-7.14>
ISSN: 2156-9614.

CHERLYS, J. DENILES, M. Angulo, E. Removal of lead, mercury and nickel using the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Revista MVZ Córdoba*. [En línea]. 2014. Vol. 19, n° 2. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v19n2/v19n2a10.pdf>

CHUQUILIN, Roberto y ROSALES, Dyana. Estudio De La Biosorción De Cd (Ii) Y Pb (Ii) Usando Como Adsorbente *Nostoc Sphaericum* Vaucher. *Rev Soc Quím Perú*. [En línea]. 2016. Vol. 81, n° 1. [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v82n1/a06v82n1.pdf>

COPAJA, S. V. y MUÑOZ, F. J. Heavy metals concentration in sediment of lluta river basin. *J. Chil. Chem. Soc.* [Online]. 2018, vol.63, n.1 [05 de Mayo del 2019], pp.3878-3883. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-97072018000103878&lang=es
ISSN 0717-9707.

CUIZANO, N [et al]. Relevancia del pH en la adsorción de iones metálicos mediante algas pardas. *Rev Soc Quím Perú*. [En línea]. 2010. Vol. 76, n° 2. [Fecha de consulta: 02 de mayo]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v76n2/a02v76n2.pdf>

DABROWSKI, A. Adsorption-from theory to practice. *Advances in Colloid and Interface Science* [en línea]. Octubre 2001. [Fecha de consulta: 22 Mayo 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001868600000828?via%3Dihub>
ISSN: 0001-8686.

DEL CARPIO, Carla. Estudio de la bioadsorción de Pb (II) y Cd (II) usando como biomasa a *escherichia coli* aislada de las aguas contaminadas del río Huatanay de la Ciudad del Cusco. Tesis Para Optar al Grado Académico de DOCTOR EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS MEDIOAMBIENTALES, Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017. 176 P. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5361/CNDdecajic.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FERNÁNDEZ, Magda [et al]. The most influential factors on the adsorption of heavy metals by dry biomass the *K luyveromyces Marxianus* CCEBI 2011 [en línea]. Vol.38, Mayo 2018, [Fecha de consulta: 21 de Noviembre 2019]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000200011
ISSN = 2224-6185.

GARCIA, Rocío [et al]. Biosorption of cd, cr, mn, and pb from aqueous solutions by *bacillus sp* strains isolated from industrial waste activate sludge. *Revista especializada en Ciencias Químicas-Biológicas* [en línea]. Vol. 19 N° 1, Enero–Junio 2016. Pp. 5-14, [Fecha de consulta: 09 Mayo 2019] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1405888X16000024>

GONZALES, Francisco y CAMPRUBI, Antoni. La pequeña minería en México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* [en línea]. 2010 vol. 62, n° 1. pp 100-108 [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/bsgm/v62n1/v62n1a6.pdf>
ISSN: 1405-3322.

GONZALO, Alejandro y GUERRA, Julio. Influencia de la velocidad de agitación y la temperatura sobre la adsorción de plomo (Pb) y Zinc (Zn) con cascara de plátano (*Musa Sapientum*), en las aguas residuales de laboratorio de análisis químico, Trabajo de titulación (para Optar el Título Profesional Ingeniero Metalurgista). Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo, 2016. 86 p.

GUANGMING, Ren [et al]. Characteristics of *Bacillus sp.* PZ-1 and its biosorption to Pb (II). *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea]. V. 117, Julio 2015. Pp. 141-148, [Fecha de consulta: 08 de Mayo 2019] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651315001323>
ISSN = 0147-6513.

GUTIÉRREZ Moreno, Susana. Estudio de la biosorción de cadmio y plomo con biomasa de *Serratia marcescens* M8a-2T, a nivel de laboratorio. Tesis (Doctor en Ciencias Biológicas). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Unidad de Posgrado. 2015. 99 pp. Disponible en: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4126/Guti%C3%A9rrez_ms.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HE, Yayuan [*et al.*]. Efficient removal of Pb (II) from aqueous solution by a novel ion imprinted magnetic biosorbent: Adsorption kinetics and mechanisms. National Institutes of Health [en línea]. Vol. 14, Marzo 2019. Pp. 1-17, [Fecha de consulta: 04 de Mayo 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/332047056_Efficient_removal_of_PbII_from_aqueous_solution_by_a_novel_ion_imprinted_magnetic_biosorbent_Adsorption_kinetics_and_mechanisms
DOI = 10.1371journal.pone.0213377.

HÉRNANDEZ, Sampieri; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la Investigación [en línea]. Quinta edición. México D.F., México: McGRAW-HILL, 2010. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

ISBN: 978-607-15-0291-9.

ILINÁ, A [*et al.*]. Biosorción de arsénico en materiales derivados de maracuyá. *Rev. Int. Contam. Ambient.* [En línea]. 2009. Vol. 25, n° 4, pp 201-216. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v25n4/v25n4a1.pdf>

LAVADO, Carmencita y ORE, Franklin. Estudio de la biosorción de plomo divalente de soluciones acuosas usando biomasa modificada de marlo de maíz (*Zea mays*). *Rev Soc Quím Perú.* [En línea]. 2016. Vol. 82, n° 4. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v82n4/a03v82n4.pdf>

MEDALLÍN, Nahum [*et al.*]. Bioadsorción de plomo (II) presente en soluciones acuosas sobre residuos de fibras naturales procedentes de la industria ixtlera (*agave lechuguilla torr.* y *Yucca carnerosana (trel.) mckelvey*). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [en línea]. Vol. 33 N° 2: 269-280, 2017. [Fecha de consulta: 05 Mayo 2019]. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.02.08/46661>

ISSN 0188-4999.

MESTANZA, María. Estudio de materiales adsorbentes para el tratamiento de aguas contaminadas con colorantes. Tesis doctoral. Madrid, España: Universidad Complutense de

Madrid, 2012. 318 p. Disponible en:
<http://eprints.ucm.es/15692/1/T33799.pdf>

MINAM. (2010). Contaminación Por Mercurio En Madre De Dios (Situación Actual del Río Madre de Dios). Madre de Dios.

Minería ilegal en La Libertad: Los estragos de El Toro. [En línea]. El Comercio. 02 de enero del 2017. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2019]. Disponible en:
<https://elcomercio.pe/peru/la-libertad/mineria-ilegal-libertad-estragos-toro-156768>

MOROSANU, Irina [*et al*]. Biosorption of lead ions from aqueous effluents by rapeseed biomass. *New Biotechnology journal* [en línea]. Vol.39, Octubre 2017.pp. 110 - 124, [Fecha de consulta: 28 de Abril] Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871678416323809>
ISSN = 1871-6784.

Naciones Unidas, ONU-DAES. 2015. Disponible en:
<https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/index.shtml>

NASSER, Mohamed. Performance of *Streptomyces rimosus* biomass in biosorption of heavy metals from aqueous solutions. *Microchemical Journal* [en línea]. Abril-Mayo 2018. [Fecha de consulta: 06 Mayo 2019]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X18305228>
ISSN: 0026-265X.

OSORES, Fernando; ROJAS, Eduardo y LARA, Carlos. Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: Un problema de salud pública. *Acta Médica Peruana* [en línea]. Enero - marzo, 2012. Vol. 29, n° 1 [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v29n1/a12v29n1.pdf>
ISSN: 1728-5917.

REYES, Y [*et al*]. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo* [en línea]. Vol. 16 N° 2, Julio-Diciembre 2016. pp. 66-77, Sogamosa-Boyaca. Colombia. [Fecha de consulta: 02 de Mayo 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>
ISSN: 2422-4324.

RODRIGUEZ, M [et al]. Efectos de las condiciones de operación sobre la Biosorción de pb²⁺, cd²⁺ y cr³⁺ en solución por *Saccharomyces cerevisiae* residual. *Información Tecnológica*. [En línea]. 2008. Vol. 19, n° 6. [Fecha de consulta: 02 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v19n6/art06.pdf>

ROMERO, Gonzáles [et al]. Biosorption of pb (II) by *agave tequilana weber* (agave azul) biomass. *Revista Mexicana De Ingeniería Química*. [En línea]. 2007. Vol. 6, n° 3, pp 295-300. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v6n3/v6n3a9.pdf>

SANGA, Javier. Biosorción de Plomo por biomasa inactiva de bacterias aisladas en sedimentos de lixiviados del botadero de Haquira – Cusco, Trabajo de titulación (para Optar el Título Profesional de Biólogo). Cusco, Perú: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, 2016. 130 p.

SINGH, Anita [et al]. Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. *International Society for Tropical Ecology*. [En línea]. Vol. 51, n° 2 pp 375-387. 2010. Disponible en: <http://environmentportal.in/files/Risk%20assessment%20of%20heavy%20metal%20toxicity.pdf>

ISSN: 0564-3295.

SOLÍS, Pacheco [et al]. Ability of *phanerochaete chrysosporium* and *trametes versicolor* to remove Zn²⁺, cr³⁺, pb²⁺ metal ions. *Revista Terra Latinoamericana*. [En línea]. 2015. vol. 33, n° 3. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57341186001>

TAM, Jorge; VERA, Giovanna; OLIVEROS, Ricardo. Tipos, métodos y estrategias de investigación científica. *Pensamientos y Acción*. [En línea]. Vol. 5: 145-154, 2008. [Fecha de consulta: 04 Mayo 2018]. Disponible en: http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj_modela_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf

T.A.H. Nguyen. Applicability of agricultural waste and by-products for adsorptive removal of heavy metals from wastewater. *Bioresource Technology journal* [en línea. Vol.148. Julio-agosto 2013. [Fecha de consulta: 02 mayo 2019]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852413013758>

ISSN = 0960-8524.

TEJADA, Candelaria; VILLABONA, Ángel y GARCES, Luz. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *TecnoL.* [Online]. 2015, vol.18, n.34 [06 mayo 2019], pp.109-123. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012377992015000100010&lang=es

ISSN 0123-7799.

TUR-NARANJO [et al]. Bioadsorción de plomo (II) por biomasa microbiana seca efecto del pH [en línea]. *Revista Cubana de Química*, Santiago de Cuba: Cuba 2012. [Fecha de consulta: 05 abril 2019]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/4435/443543730010.pdf>

ISSN: 0258-5995.

VERDUGO, José. Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cascara de mandarina (*Citrus reticulata* Var. *Clementina*). Tesis de pregrado (Para obtener el título de ingeniero ambiental). Cuenca: Universidad Politécnica salesiana, 2017. 115 p. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14249/1/UPS-CT007003.pdf>

VIZCAINO, Lisette; FUENTES, Natalia y González, Harold. Adsorción De Plomo (II) En Solución Acuosa Con Tallos Y Hojas De *Eichhornia Crassipes*. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. [En línea]. 2016. Vol. 20, n° 2, pp 435-444. [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n2/v20n2a21.pdf>

WIGHTMAN, Peter y B, Fein. Iron adsorption by *Bacillus subtilis* bacterial cell Walls. *Chemical Geology* [en línea]. Vol. 2016 N° 3, Marzo 2005. Pp. 177-189, [Fecha de consulta: 05 de Mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0009254104004620>

ISSN = 0009-2541.

ANEXOS

ANEXO N° 1: Anexo de Tablas

Tabla 6: Ficha técnica.

FICHA TÉCNICA DE REGISTRO DE DATOS				Código		
				Versión 01		
				Fecha		
				Página		
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN						
"Remoción de Plomo empleando biomasa de <i>Bacillus subtilis</i> en aguas contaminadas de la quebrada Llac Puquio, Quiruvilca-2019."						
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN						
Calidad y gestión de los recursos naturales						
DATOS GENERALES						
Facultad de Ingeniería		Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental		Universidad César Vallejo		
Investigadores:		CASTAÑEDA ZA VALETA, Kevin Raymond				
		GRANDEZ ZOTO, Wincler Iban				
DEPARTAMENTO		PROVINCIA			DISTRITO	
La Libertad		Santiago de Chuco			Quiruvilca	
pH inicial:		Concentración Pb inicial:		tiempo de incidencia:		
temperatura:						
DATOS DE LOS TRATAMIENTOS						
Tratamiento	Concentración de biomasa (g)	Velocidad de agitación (rpm)	pH	Remoción de Pb (%)		
				Repeticiones		
				1	2	3
1	1,3	200	5,5			
2	0,8	200	5,5			
3	1,3	100	5,5			
4	0,8	100	5,5			
5	1,3	200	4,5			
6	0,8	200	4,5			
7	1,3	100	4,5			
8	0,8	100	4,5			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Resultados de concentración final de Plomo por repeticiones según tratamientos.

Tto.	Cc de biomasa (g/L)	Velocidad de agitación (rpm)	pH	Cc inicial de Pb (ml/L)	1ra Repetición	2da Repetición	3ra Repetición	Media De Cc final de Pb
1	1,3	200	5,5	0,0986	0,031	0,029	0,028	0,029
2	0,8	200	5,5		0,043	0,038	0,040	0,040
3	1,3	100	5,5		0,029	0,032	0,031	0,031
4	0,8	100	5,5		0,042	0,040	0,047	0,043
5	1,3	200	4,5		0,012	0,010	0,009	0,010
6	0,8	200	4,5		0,018	0,022	0,018	0,019
7	1,3	100	4,5		0,013	0,015	0,014	0,014
8	0,8	100	4,5		0,021	0,025	0,022	0,023

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Porcentaje de remoción de Plomo por tratamiento.

Tratamiento	% Primera Repetición	Segunda Repetición	Tercera Repetición	Media
1	68.56 %	70.59 %	71.60 %	70.25 %
2	56.39 %	61.46 %	59.43 %	59.09 %
3	70.59 %	67.55 %	68.56 %	68.90 %
4	57.40 %	59.43 %	52.33 %	56.39 %
5	87.83 %	89.86 %	90.87 %	89.52 %
6	81.74 %	77.69 %	81.74 %	80.39 %
7	86.82 %	84.79 %	85.80 %	85.80 %
8	78.70 %	74.65 %	77.69 %	77,01 %

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 2: Anexo de Tablas estadísticas

Tabla 9. Prueba de normalidad realizada a la variable de respuesta porcentaje de remoción de Pb.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PORCENTAJE DE REMOCION DE PLOMO	,102	24	,200*	,953	24	,315
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración propia

H_0 : Los datos se distribuyen de forma normal.

H_1 : Los datos no se distribuyen de forma normal.

En la tabla 6 se muestran los resultados de la prueba de Shapiro Wilk para normalidad con un valor encontrado de ($p > 0,05$) asumiendo el supuesto de que los datos numéricos de la variable de estudio siguen una distribución normal. (Se acepta H_0).

Tabla 10. Prueba de homogeneidad de varianzas de error^a

Prueba de homogeneidad de varianzas			
PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE PLOMO			
Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
1,303	7	16	,311

Fuente: Elaboración propia

H_0 : Las varianzas entre grupos son iguales.

H_1 : Las varianzas entre los grupos son diferentes.

En la tabla 7 se muestran los resultados del test de Levene para homogeneidad de varianzas, obteniendo el valor ($p > 0,05$), con lo cual se asume que las varianzas entre los grupos a comparar son iguales, o muy parecidas. (Se acepta H_0).

Cumplidos los pre requisitos para aplicar pruebas paramétricas; se procede a realizar el análisis de varianza (ANOVA) de un factor.

Tabla 11. Análisis de varianza ANOVA

ANOVA					
PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE PLOMO					
	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2999,751	7	428,536	90,178	,000
Dentro de grupos	76,034	16	4,752		
Total	3075,785	23			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Comparaciones múltiples HSD TUKEY

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE PLOMO							
	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	T1	T2	11,15667*	1,77991	,000	4,9944	17,3190
		T3	1,35000	1,77991	,993	-4,8123	7,5123
		T4	13,86333*	1,77991	,000	7,7010	20,0256
		T5	-19,27000*	1,77991	,000	-25,4323	-
		T6	-10,14000*	1,77991	,001	-16,3023	-3,9777
		T7	-15,55333*	1,77991	,000	-21,7156	-9,3910
		T8	-6,76333*	1,77991	,026	-12,9256	-,6010
		T1	-11,15667*	1,77991	,000	-17,3190	-4,9944
	T2	T3	-9,80667*	1,77991	,001	-15,9690	-3,6444
		T4	2,70667	1,77991	,786	-3,4556	8,8690
		T5	-30,42667*	1,77991	,000	-36,5890	-
		T6	-21,29667*	1,77991	,000	-27,4590	-
		T7	-26,71000*	1,77991	,000	-32,8723	-
							20,5477

		T8	-17,92000*	1,77991	,000	-24,0823	- 11,7577
	T3	T1	-1,35000	1,77991	,993	-7,5123	4,8123
		T2	9,80667*	1,77991	,001	3,6444	15,9690
		T4	12,51333*	1,77991	,000	6,3510	18,6756
		T5	-20,62000*	1,77991	,000	-26,7823	- 14,4577
		T6	-11,49000*	1,77991	,000	-17,6523	-5,3277
		T7	-16,90333*	1,77991	,000	-23,0656	- 10,7410
		T8	-8,11333*	1,77991	,006	-14,2756	-1,9510
		T4	T1	-13,86333*	1,77991	,000	-20,0256
	T2		-2,70667	1,77991	,786	-8,8690	3,4556
	T3		-12,51333*	1,77991	,000	-18,6756	-6,3510
	T5		-33,13333*	1,77991	,000	-39,2956	- 26,9710
	T6		-24,00333*	1,77991	,000	-30,1656	- 17,8410
	T7		-29,41667*	1,77991	,000	-35,5790	- 23,2544
	T8		-20,62667*	1,77991	,000	-26,7890	- 14,4644
	T5		T1	19,27000*	1,77991	,000	13,1077
		T2	30,42667*	1,77991	,000	24,2644	36,5890
		T3	20,62000*	1,77991	,000	14,4577	26,7823
		T4	33,13333*	1,77991	,000	26,9710	39,2956
		T6	9,13000*	1,77991	,002	2,9677	15,2923
		T7	3,71667	1,77991	,461	-2,4456	9,8790
		T8	12,50667*	1,77991	,000	6,3444	18,6690
		T6	T1	10,14000*	1,77991	,001	3,9777
	T2		21,29667*	1,77991	,000	15,1344	27,4590
	T3		11,49000*	1,77991	,000	5,3277	17,6523
	T4		24,00333*	1,77991	,000	17,8410	30,1656
	T5		-9,13000*	1,77991	,002	-15,2923	-2,9677
	T7		-5,41333	1,77991	,108	-11,5756	,7490
	T8		3,37667	1,77991	,571	-2,7856	9,5390
	T7		T1	15,55333*	1,77991	,000	9,3910
		T2	26,71000*	1,77991	,000	20,5477	32,8723
		T3	16,90333*	1,77991	,000	10,7410	23,0656
		T4	29,41667*	1,77991	,000	23,2544	35,5790
		T5	-3,71667	1,77991	,461	-9,8790	2,4456

		T6	5,41333	1,77991	,108	-,7490	11,5756
		T8	8,79000*	1,77991	,003	2,6277	14,9523
	T8	T1	6,76333*	1,77991	,026	,6010	12,9256
		T2	17,92000*	1,77991	,000	11,7577	24,0823
		T3	8,11333*	1,77991	,006	1,9510	14,2756
		T4	20,62667*	1,77991	,000	14,4644	26,7890
		T5	-12,50667*	1,77991	,000	-18,6690	-6,3444
		T6	-3,37667	1,77991	,571	-9,5390	2,7856
		T7	-8,79000*	1,77991	,003	-14,9523	-2,6277
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.							

En la tabla 12 se muestran las múltiples comparaciones que se realizaron para determinar diferencia significativa entre cada tratamiento por pares a un nivel de sig. De 0,05.

ANEXO N° 3: Anexo de figuras



Figura 3: Diagrama de flujo del procedimiento

Fuente: Elaboración propia



Figura 4: Toma de muestra en la Quebrada Llaca Puquio – Quiruvilca

Fuente: Elaboración propia

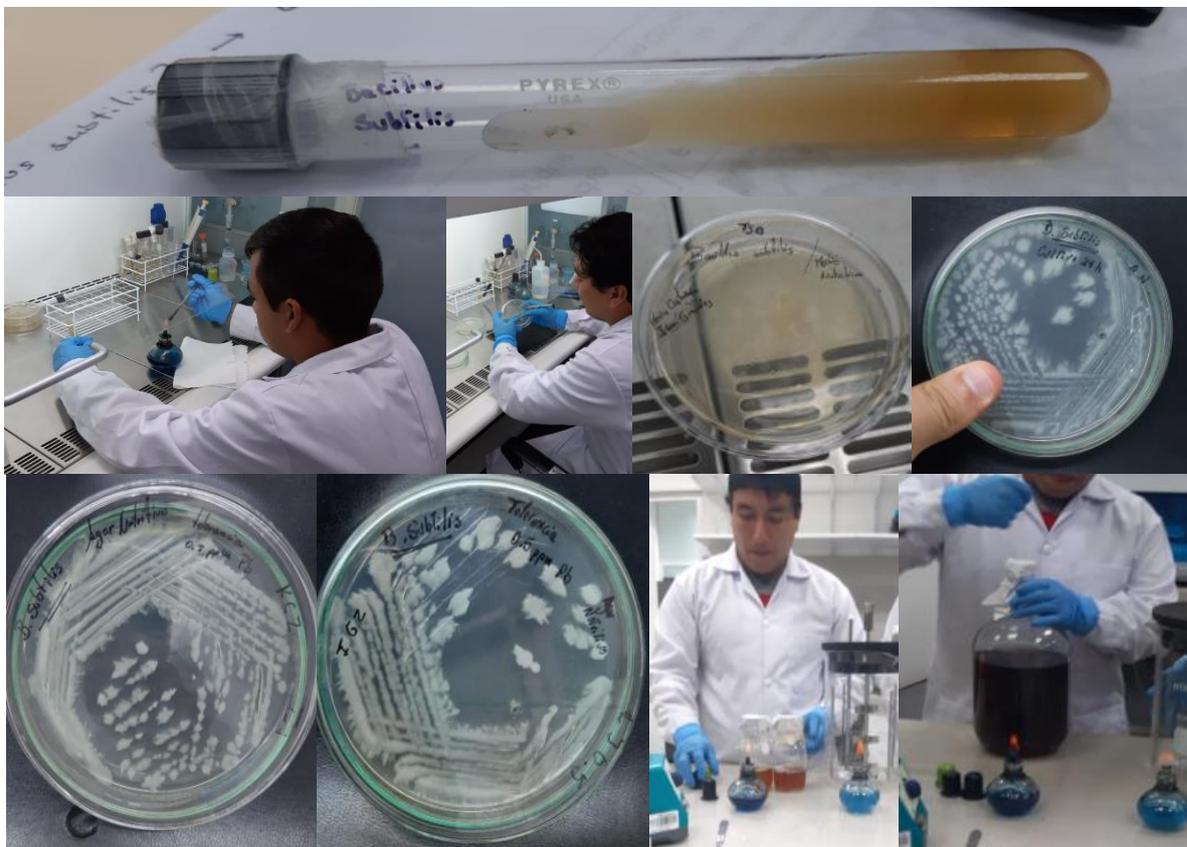


Figura 5. Siembra y Cultivo de *Bacillus subtilis*.

Fuente: Elaboración propia



Figura 6: Cultivo de biomasa de *Bacillus subtilis* en biorreactor

Fuente: Elaboración propia

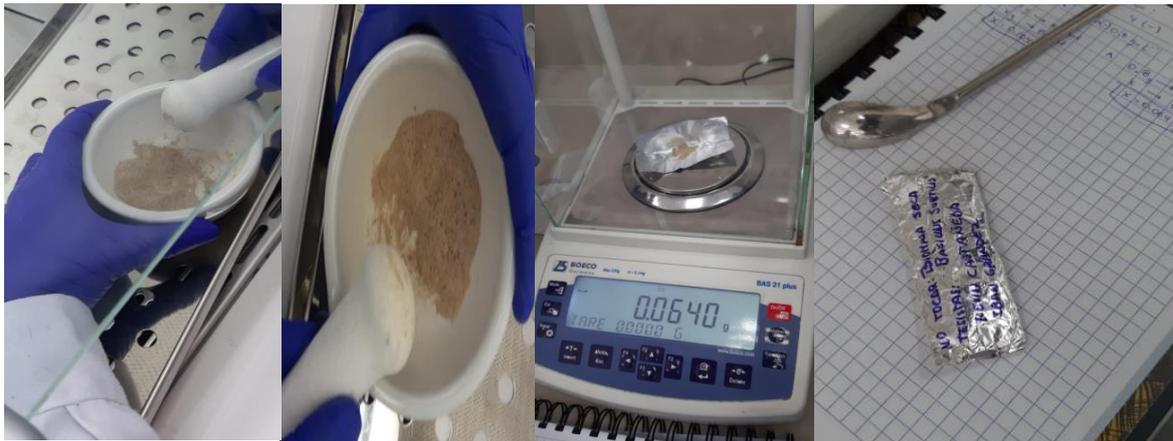


Figura 7. Obtención de biomasa seca

Fuente: Elaboración propia

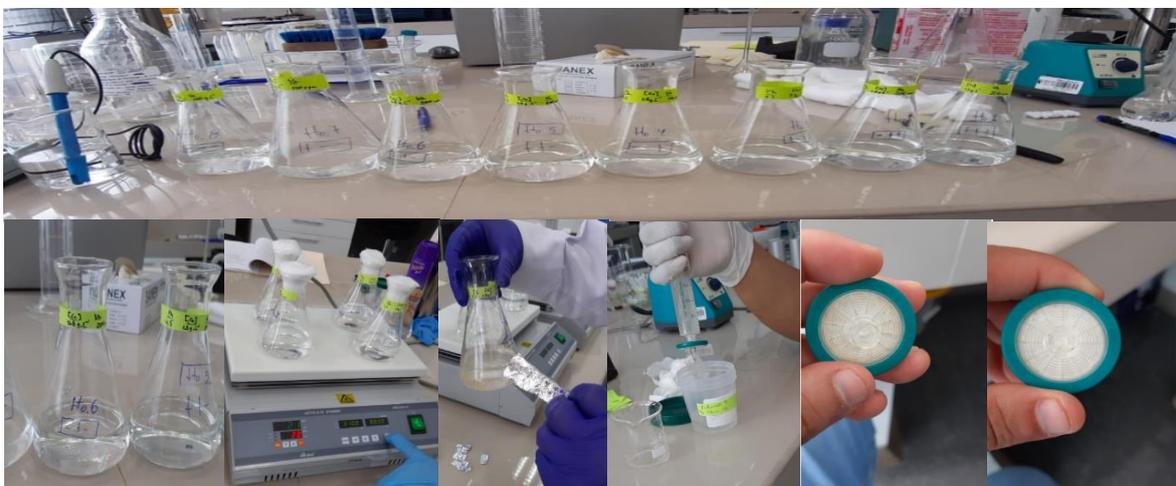


Figura 8: Aplicación de tratamientos.

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 4: Anexo de Instrumentos



a. Toma de muestras en ríos o quebradas con bajo caudal

Es aplicable para ríos de bajo caudal o de poca profundidad, donde exista fácil acceso de ingreso al río. Se deberá evitar la contaminación de las muestras por disturbar los sedimentos del fondo o de la orilla del cauce.

Procedimiento:

- (a.1). El personal responsable deberá colocarse las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.
- (a.2). Ubicarse en un punto medio de la corriente principal, donde la corriente sea homogénea, evitando aguas estancadas y poco profundas.
- (a.3). Medir los parámetros de campo directamente en el río o tomando un volumen adecuado de agua en un balde limpio y evitar hacer remoción del sedimento. Seguir los procedimientos indicados en el ítem 6.14 y registrar las mediciones en el formato de registro de datos de campo (anexo I).



- (a.4). Coger un recipiente, retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- (a.5). Antes de coleccionar las muestras, los frascos se deben enjuagar como mínimo dos veces, a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos.

■ 49

Figura 9: Protocolo para la toma de muestra

Tabla 13: Estándares de calidad Ambiental para agua - Categoría 3.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Niquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24



Cuadro N° 9. Resultados de los parámetros de calidad de agua

Fecha		29/04/2016	29/04/2016	29/04/2016	29/04/2016	30/04/2016	30/04/2016	30/04/2016	30/04/2016	30/04/2016	30/04/2016	30/04/2016	30/04/2016
Hora de Muestreo		01:20 p.m.	02:10 p.m.	03:15 p.m.	04:10 p.m.	02:15 p.m.	02:45 p.m.	11:15 a.m.	12:00 m.	09:20 a.m.			
Punto de Muestreo	Limite de Cuantificación	Unidad	ECA- Cat3 Riego de vegetales	ECA- Cat3 Bebida de animales	RSCat1	Q9Fcat1	RMoch1	RMoch2	RMoch3	RMoch4	RMoch10	RChot1	RChot1
Acidez y	1	mg/L	5	10	ND(<1)	ND(<1)	ND(<1)	ND(<1)	ND(<1)	ND(<1)	ND(<1)	ND(<1)	ND(<1)
Cianuro Wad	0.004	mg/L	0.1	0.1	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.004)
Conductividad		us/cm	2500	5000	100	400	1570	700	320	280	60	260	50
DBO5	3	mg/L	15	15	ND(<3)	ND(<3)	3	8	ND(<3)	ND(<3)	ND(<3)	ND(<3)	ND(<3)
Fenoles	0.0007	mg/L	0.002	0.01	ND(<0.0007)	ND(<0.0007)	ND(<0.0007)	ND(<0.0007)	ND(<0.0007)	ND(<0.0007)	ND(<0.0007)	ND(<0.0007)	ND(<0.0007)
Oxígeno		mg/L	4	5	4.6	4.79	5.28	5.66	5.41	5.46	5.80	5.86	5.82
pH			6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	7.62	7.02	3	3.24	4.13	5.04	7.74	5.34	7.64
Sulfatos	0.5	mg/L	1000	1000	16.12	7.3	527.7	249	117.5	99.4	4.1	107	4.7
Temperatura		°C			16.6	14.5	15.9	15.4	18.7	18.9	14.3	15.6	12.6
Aluminio	0.005	mg/L	5	5	0.138	0.03176	6.923	3.760	2.697	2.118	0.159	1.78	0.212
Arsénico	0.007	mg/L	0.1	0.2	ND(<0.007)	ND(<0.007)	1.242	0.4818	0.277	0.207	ND(<0.007)	0.161	ND(<0.007)
Antimonio	0.006	mg/L			ND(<0.006)	ND(<0.006)	0.01312	0.01312	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)	ND(<0.006)
Bario Total	0.001	mg/L	0.7	**	0.02186	0.00881	0.0096	0.01067	0.024	0.025	0.015	0.025	0.008
Berilio Total	0.0005	mg/L	0.1	0.1	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)	ND(<0.0005)
Boro Total	0.008	mg/L	1	5	0.0068	0.02073	0.07548	0.0613	0.036	0.036	0.012	0.034	ND(<0.008)
Cadmio	0.00018	mg/L	0.01	0.05	0.000687	ND(<0.00018)	0.0282	0.020891	0.01281	0.01079	ND(<0.00018)	0.00658	ND(<0.00018)
Cobre Total	0.002	mg/L	0.2	0.5	0.01508	ND(<0.002)	3.298	1.602	1.098	0.828	ND(<0.002)	0.834	ND(<0.002)
Cobalto Total	0.001	mg/L	0.05	1	ND(<0.001)	ND(<0.001)	0.01849	0.01089	0.006	0.006	ND(<0.001)	0.004	ND(<0.001)
Cromo Total	0.001	mg/L	0.1	1	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)
Hierro Total	0.003	mg/L	5	**	0.1472	0.03988	79.8	36.48	12.27	10.28	0.302	7.431	0.379
Litio Total	0.001	mg/L	2.5	2.5	ND(<0.001)	0.00165	0.01979	0.01389	0.007	0.007	ND(<0.001)	0.007	ND(<0.001)
Magnesio	0.004	mg/L	**	250	1.856	1.079	19.6	9.075	5.896	5.508	1.955	6.029	2.625
Manganeso	0.001	mg/L	0.2	0.2	0.302	0.0082	20.18	10.2	4.166	3.607	0.027	3.381	0.046
Mercurio Total	0.0001	mg/L	0.001	0.01	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)	ND(<0.0001)
Níquel Total	0.002	mg/L	0.2	1	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)
Plomo Total	0.001	mg/L	0.05	0.05	ND(<0.001)	ND(<0.001)	0.1289	0.06445	0.036	0.025	ND(<0.001)	0.108	ND(<0.001)
Selenio Total	0.0004	mg/L	0.02	0.05	ND(<0.0004)	ND(<0.0004)	ND(<0.0004)	ND(<0.0004)	ND(<0.0004)	ND(<0.0004)	ND(<0.0004)	ND(<0.0004)	ND(<0.0004)
Calcio Total	0.006	mg/L			12.47	6.363	110.2	46.1	24.44	25.25	8.918	31.96	9.267
Estafío Total	0.003	mg/L			ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)	ND(<0.003)
Estroncio	0.0007	mg/L			0.09639	0.04739	0.31916	0.1566	0.1363	0.1365	0.0811	0.1538	0.0817
Fósforo Total	0.01	mg/L			ND(<0.01)	ND(<0.01)	0.6552	0.2104	0.17	0.13	0.02	0.096	0.02
Molibdeno	0.002	mg/L			ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)
Plata Total	0.002	mg/L			ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)	ND(<0.002)
Potasio Total	0.02	mg/L			0.4214	0.2989	1.94	1.03	0.86	0.9	0.51	0.93	0.4
Sodio Total	0.02	mg/L			3.22	2.73	5.51	3.34	4.52	4.65	4.44	4.73	4.19
Talio Total	0.00015	mg/L	0.05	0.05	ND(<0.00015)	ND(<0.00015)	0.030746	0.011675	0.00489	0.00491	ND(<0.00015)	0.00495	ND(<0.00015)
Titanio Total	0.001	mg/L			ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	0.002	0.003	0.004	0.002	0.006
Vanadio	0.001	mg/L	0.05		ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)	ND(<0.001)
Zinc Total	0.004	mg/L	2	24	0.1281	0.0056	19.57	8.797	4.897	3.79	0.005	2.993	0.011
Num. Coliformes Termotolerantes	1.8	NMP/100 mL	1000	1000	ND(<1.8)	2	ND(<1.8)	4.5	ND(<1.8)	ND(<1.8)	49	ND(<1.8)	330
Num. Escherichia Coli	1.8	NMP/100 mL	100	100	ND(<1.8)	2	ND(<1.8)	4.5	ND(<1.8)	ND(<1.8)	33	ND(<1.8)	330

Figura 10 : Informe técnico - ANA del resultado del monitoreo participativo de calidad de agua de la cuenca del río Moche, La Libertad - Perú.

ANEXO 5: Anexo de resultado del análisis de Plomo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



INFORME DE ANÁLISIS

LASACI

SOLICITANTE	: KEVIN CASTAÑEDA, IBAN GRANDEZ
MUESTRA	: AGUA CONTINENTAL
PROCEDENCIA	: QUEBRADA LLOCA PUQUIO - QUIRUVILCA
FECHA DE INGRESO	: 08 DE OCTUBRE DEL 2019
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA INICIAL:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.0986

TRUJILLO, 11 DE OCTUBRE DEL 2019



Ing. Carlos A. Valqui

DIRECTOR LASACI

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Figura 11. Resultados del análisis inicial de la Muestra.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



INFORME DE ANÁLISIS LASACI

SOLICITANTE	: KEVIN CASTAÑEDA IBAN GRANDEZ
MUESTRA	: AGUA CONTINENTAL
PROCEDENCIA	: QUEBRADA LLACA PUQUIO - QUIRUVILCA
FECHA DE INGRESO	: 12 DE OCTUBRE DEL 2019
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA 1:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.031

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 2:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.043

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 3:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.029

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 4:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.042

Margen de error: 0.05%



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - C

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Figura 12. Resultados del análisis de plomo de la primera repetición.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

MUESTRA 5:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.012

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 6:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.018

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 7:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.013

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 8:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.021

Margen de error: 0.05%

TRUJILLO, 14 DE OCTUBRE DEL 2019



Ing. Carlos A. Valqui Mendoza
DIRECTOR LASACI

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Figura 13. Resultados del análisis de plomo de la primera repetición.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

INFORME DE ANÁLISIS
LASACI

SOLICITANTE	: KEVIN CASTAÑEDA IBAN GRANDEZ
MUESTRA	: AGUA CONTINENTAL
PROCEDENCIA	: QUEBRADA LLACA PUQUIO - QUIRUVILCA
FECHA DE INGRESO	: 21 DE OCTUBRE DEL 2019
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA 1:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.029
<i>Margen de error: 0.05%</i>		

MUESTRA 2:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.038
<i>Margen de error: 0.05%</i>		

MUESTRA 3:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.032
<i>Margen de error: 0.05%</i>		

MUESTRA 4:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.04
<i>Margen de error: 0.05%</i>		



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Figura 14. Resultados del análisis de plomo de la segunda repetición.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



MUESTRA 5:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.01

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 6:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.022

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 7:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.015

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 8:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.025

Margen de error: 0.05%

TRUJILLO, 25 DE OCTUBRE DEL 2019


Ing. Carlos A. Valqui Mendoza
 DIRECTOR LASACI



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Figura 15. Resultados del análisis de plomo de la segunda repetición.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

INFORME DE ANÁLISIS LASACI

SOLICITANTE	: KEVIN CASTAÑEDA IBAN GRANDEZ
MUESTRA	: AGUA CONTINENTAL
PROCEDENCIA	: QUEBRADA LLACA PUQUIO - QUIRUVILCA
FECHA DE INGRESO	: 23 DE OCTUBRE DEL 2019
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA 1:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.028

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 2:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.04

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 3:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.031

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 4:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.047

Margen de error: 0.05%

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - C

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA



Figura 16. Resultados del análisis de plomo de la tercera repetición.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



MUESTRA 5:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.009

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 6:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.018

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 7:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.014

Margen de error: 0.05%

MUESTRA 8:

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Plomo	Pb mg/L	0.022

Margen de error: 0.05%

TRUJILLO, 26 DE OCTUBRE DEL 2019


Ing. Carlos A. Valqui Mendoza
 DIRECTOR LASACI



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Figura 17. Resultados del análisis de plomo de la tercera repetición.