



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

**CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE METALES PESADOS POR
Saccharomyces cerevisiae EN UN EFLUENTE MINERO DE
SHOREY, DISTRITO DE QUIRUVILCA, LA LIBERTAD**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(A) AMBIENTAL

AUTOR:

AMAYA BEJAR, ANTHONY

BAZÁN PAREDES, ESTÉFANNY

RUEDA FEIJOÓ, LESLIE

SOLANO CRUZ, ALEX RAÚL

ASESOR:

Ing. MISAEL YDILBRANDO VILLACORTA GONZALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

TRUJILLO – PERÚ

(2018)

JURADO EVALUADOR

Fernando Ugaz Odar
PRESIDENTE

Isidoro Valderrama Ramos
SECRETARIO

Misael Villacorta Gonzalez
VOCAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo; principalmente a Dios, pues reconozco que él fue quien me dio la fuerza de voluntad para seguir adelante y que todo el esfuerzo sea siempre bien recompensado; también dedico este trabajo a mis padres por su invalorable apoyo en todos los momentos de mi vida, quienes con su amor incondicional me han llevado a ser una mejor persona brindándome un mejor futuro.

Alex Solano Cruz.

Dedico este trabajo a mi mamá por ser el pilar más importante y mostrarme el apoyo incondicional día a día a pesar de las adversidades, a mi pequeña hermana Abril quien es mi motivación más grande para ser perseverante. A mis abuelitos, tíos y primos por siempre alentarme en cada momento y siempre querer lo mejor para mí. Y a Dios que me dio su fuerza espiritual para no rendirme en este vasto camino.

Estefanny Bazán Paredes.

Dedico esta tesis principalmente a Dios por ayudarme a forjar mi camino y guiarme en todo momento. A mis padres y hermana, su ayuda ha sido fundamental han estado conmigo en las situaciones más turbulentas, este proyecto no fue fácil, pero estuvieron motivándome y apoyándome hasta donde sus alcances lo permitían, les agradezco infinitamente. Y a mi abuelita Cipriana que a pesar de la distancia jamás dejó de ser un motivo para cumplir este sueño.

Leslie Rueda Feijoó.

Dedico todo este esfuerzo a mis padres María Bejar y Marco Amaya ya que con su amor incondicional en todo momento confiaron en mí y no dejaron de apoyarme. A los docentes que me orientaron en mi formación profesional y a todas las personas que de alguna manera apoyaron desinteresadamente a la investigación.

Anthony Amaya Bejar

AGRADECIMIENTO

A Dios por la bendición de la vida y por darnos fuerza y sabiduría para salir adelante.

Un agradecimiento mutuo a la Universidad Cesar Vallejo por brindarnos una educación democrática y de calidad; y por habernos formado con competencias personales y sobre todo humanas.

A nuestro asesores: Ing. Misael Villacorta Gonzales, Ing. Walter Moreno Eustaquio y Dr. Julio Chico Ruiz por su buena voluntad, disponibilidad y habernos dado la oportunidad de realizar la tesis.

Un especial reconocimiento a nuestros padres y hermanos, por ser quienes nos han motivado constantemente con sus consejos para ser mejores personas, ya que es a ellos que este sueño profesional se va haciendo realidad.

A nuestros amigos por los momentos de estudio, diversión y crecimiento mutuo.

RESUMEN

En la actualidad se ha registrado un aumento progresivo de la presencia de metales pesados en las aguas del río Moche a causa de las actividades de la minería ilegal intensiva que se realiza en la localidad de Shorey donde actualmente se arrojan directamente efluentes mineros al cauce natural del río, es por ello se propone un método eficiente y económico con el uso de *Saccharomyces cerevisiae* seca inerte, extraída de las lías de fermentación de la empresa vinícola Don Manuelito, Cascas, para la adsorción de estos iones metálicos, por tal motivo el desarrollo de esta investigación se basó en determinar la capacidad de adsorción de metales pesados por *Saccharomyces cerevisiae* en un efluente minero de Shorey, distrito de Quiruvilca, La Libertad. Previo al tratamiento se realizó un análisis general del efluente minero para ver la cantidad de metales que contenía, posteriormente se aplicaron tres tratamientos con diferentes concentraciones de levadura (3g, 5g y 10g por litro de muestra respectivamente) durante 7 tiempos para cada tratamiento. Estos procesos se realizaron con el fin de obtener la concentración ideal en que se adsorba la mayor concentración de iones metálicos del efluente y comparar con los Límites Máximos Permisibles del D.S. 010-2010 – MINAM, en la cual se obtuvo que la levadura adsorbió en gran mayoría más 50% de la concentración de metales pesados antes de los 40 minutos de aplicación, en el cual el tratamiento 3 fue el mejor, con 10g. En consecuencia, se pudo discernir que la levadura tiene mayor capacidad de adsorción en metales pesados como el plomo, cadmio, arsénico y níquel dando como resultados por debajo del límite máximo permisible.

Palabras clave: efluente minero, *Saccharomyces cerevisiae*, metales pesados, adsorción.

ABSTRACT

Today there has been a progressive increase in the presence of heavy metals in waters of Moche river, caused by the intensive illegal mining that takes place in the town of Shorey, where currently mining effluents are dumped directly to the natural course of the river. Therefore we proposed an efficient and economical method with the use of Inert dry *Saccharomyces cerevisiae* extracted from the lees of fermentation of the wine company “Don Manuelito”, Cascas for the adsorption of these metals ions, for this reason the development of this investigation was based on determining the adsorption capacity of heavy metals by *Saccharomyces cerevisiae* in a mining effluent of Shorey, district of Quiruvilca, La Libertad. Prior to the treatment was realized a general analysis of the mining effluent to determine how many metals were contained in the effluent, then three treatments were applied with different concentrations of leaven (3g/l, 5g/l y 10g/l respectively) for 7 time periods to each treatment.

This process was realized with the finality of get the best treatment which can adsorb the higher metals ions concentration of the effluent and to compare these concentrations with the Permissible Maximum Limits of D.S.010-2010 – MINAM, in which we looked that in the majority cases the leaven adsorbed the 50% of the heavy metals' concentration before the 40 minutes of the application, in which the treatment 3 was the best, with 10g. Finally, we were able to discern that the leaven has a great capacity to adsorb heavy metals such as lead, cadmium, arsenic and nickel resulting below the Permissible Maximum Limits of D.S.010-2010 – MINAM.

Keywords: mining effluent, *Saccharomyces cerevisiae*, heavy metals, adsorption.

INDICE

Dedicatoria
Agradecimiento
Resumen

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I. INTRODUCCIÓN. | 1 |
| 1.1. Realidad problemática. | 1 |
| 1.2. Trabajos previos..... | 3 |
| 1.3. Teorías relacionadas al tema. | 7 |
| 1.3.1. El Perú y la minería. | 7 |
| 1.3.2. Efluentes mineros. | 7 |
| 1.3.3. Metales pesados y su toxicidad. | 9 |
| 1.3.4. Distrito de Quiruvilca. | 10 |
| 1.3.5. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 11 |
| 1.4. Formulación del problema. | 13 |
| 1.5. Justificación del estudio. | 13 |
| 1.5.1. Justificación teórica. | 13 |
| 1.5.2. Justificación práctica. | 13 |
| 1.5.3. Justificación metodológica. | 13 |
| 1.6. Hipótesis. | 14 |
| 1.7. Objetivos..... | 14 |
| 1.7.1. Objetivo general. | 14 |
| 1.7.2. Objetivos específicos..... | 14 |
| II. MÉTODO | 15 |
| 2.1. Diseño de la investigación. | 15 |
| 2.2. Variables, operacionalización. | 16 |
| 2.3. Población, muestra y muestreo. | 16 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..... | 17 |
| 2.5. Métodos de análisis de datos. | 17 |
| 2.6. Tratamiento del efluente minero con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> seca inerte. . | 18 |
| III. RESULTADOS | 19 |
| 3.1. Caracterización de las lías de fermentación..... | 19 |
| 3.2. Adsorción de metales pesados por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> seca inerte en sus diferentes concentraciones | 19 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3. Comparación de los resultados obtenidos en los tratamientos con los Límites Máximos Permisibles (LMP)..... | 23 |
| IV. DISCUSIONES..... | 25 |
| V. CONCLUSIONES. | 29 |
| VI. RECOMENDACIONES. | 30 |
| VII. REFERENCIAS. | 31 |
| VIII. ANEXOS..... | 34 |
| Anexo 1: Ficha de observación..... | 34 |
| Anexo 2: Métodos de recolección de muestras en campo y tratamientos en laboratorio..... | 35 |
| Anexo 3: Adsorción de metales pesados por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> seca inerte. | 38 |
| Anexo 4: Tablas estadísticas..... | 45 |
| Anexo 5: Panel fotográfico. | 50 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Diseño de la investigación | 15 |
| Tabla 2: Matriz de Operacionalización de variables..... | 16 |
| Tabla 3: Caracterización de lías de fermentación de Don Manuelito – Cascas..... | 19 |
| Tabla 4: Capacidad de adsorción de metales pesados por <i>Saccharomyces cerevisiae</i> seca inerte..... | 20 |
| Tabla 5: Comparación del D.S. 010-2010 MINAM – Límites Máximos Permisibles de efluentes mineros metalúrgicos..... | 23 |
| Tabla 6: Prueba de normalidad (Shapiro Wilk)..... | 24 |
| Tabla 7: Prueba ANOVA (confiabilidad 95%)..... | 26 |
| Tabla 8: Prueba Tukey (Confiabilidad 95%)..... | 26 |
| Tabla 9: Prueba de significancia Kruskal Wallis (confiabilidad 95%)..... | 27 |
| Tabla 10: Método Tukey aplicados a los metales que presentan diferencias significativas en los tratamientos aplicados..... | 47 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---------------------------------------------|----|
| Figura 1: Adsorción de arsénico (As)..... | 21 |
| Figura 2: Adsorción de cadmio (Cd)..... | 21 |
| Figura 3: Adsorción de cromo (Cr)..... | 22 |
| Figura 4: Adsorción de hierro (Fe)..... | 22 |
| Figura 5: Adsorción de plomo (Pb)..... | 23 |
| Figura 6: Adsorción de plata (Ag)..... | 38 |
| Figura 7: Adsorción de aluminio (Al)..... | 38 |
| Figura 8: Adsorción de boro (B)..... | 38 |
| Figura 9: Adsorción de bario (Ba)..... | 39 |
| Figura 10: Adsorción de berilio (Be)..... | 39 |
| Figura 11: Adsorción de calcio (Ca)..... | 39 |
| Figura 12: Adsorción de cerio (Ce)..... | 40 |
| Figura 13: Adsorción de cobalto (Co)..... | 40 |
| Figura 14: Adsorción de cobre (Cu)..... | 40 |
| Figura 15: Adsorción de mercurio (Hg)..... | 41 |
| Figura 16: Adsorción de potasio (K)..... | 41 |
| Figura 17: Adsorción de litio (Li)..... | 41 |
| Figura 18: Adsorción de magnesio (Mg)..... | 42 |
| Figura 19: Adsorción de manganeso (Mn)..... | 42 |
| Figura 20: Adsorción de molibdeno (Mb)..... | 42 |
| Figura 21: Adsorción de sodio (Na)..... | 43 |
| Figura 22: Adsorción de níquel (Ni)..... | 43 |
| Figura 23: Adsorción de fósforo (P)..... | 43 |
| Figura 24: Adsorción de vanadio (V)..... | 46 |
| Figura 25: Adsorción de zinc (Zn)..... | 47 |

I.INTRODUCCIÓN.

1.1. Realidad problemática.

En la actualidad ahondar en la problemática de la contaminación ambiental es adentrarnos a una infinidad de medios y casos de contaminación, y no solo de un medio en específico sino en la relación que existe dentro del medio suelo-agua-aire como principales elementos receptores.

Dentro del conjunto que engloba a la problemática ambiental del país existe un problema que día a día se evidencia en la mayoría de nuestro territorio y es motivo de muchos lineamientos que como nación se impone para poder disminuir su incidencia y darle al ciudadano una mejor calidad de vida, todo ello se resuelve y apunta a la contaminación hídrica de nuestras cuencas hidrográficas, ríos, lagos, lagunas, humedales y cuerpos de agua en general.

El distrito de Quiruvilca por estar situado en la zona altoandina, a más de 3800 m.s.n.m. posee características y propiedades atractivas para el asentamiento de industrias mineras, tan igual como en las regiones vecinas de Cajamarca y Ancash, que en sus procesos de extracción, lixiviación y mantenimiento de sus equipos contribuye a la contaminación de algún cuerpo de agua aledaño al punto de actividad minera, ingresando gran cantidad de efluentes mineros conteniendo metales pesados nocivos a las aguas de algún río, lago o laguna que se encuentre en el medio ambiente, por la falta de un tratamiento y la mala disposición final que se les da a estos efluentes, teniendo como efecto grandes consecuencias ambientales.

Son constantes los vertimientos de efluentes mineros en esta zona de la sierra liberteña, tal como sucede en la cuenca alta del río Moche, en todo el distrito de Quiruvilca, así como en la localidad de Shorey en la que existe un grave caso de contaminación hídrica, por parte de la minera Quiruvilca S.A. y más de cientos de mineros ilegales que tienen tomado más del 50% de los cerros que dan cauce al nacimiento del río moche, comúnmente llamado río Shorey por los pobladores de la localidad.

Pasaron más de 80 años para que la gran minera Quiruvilca S.A. se declarara en quiebra para fines del año 2017 y con ello, la columna vertebral de la economía en Shorey decayera y los cerros aledaños sean tomados por los mineros ilegales, que en su mayoría pertenecen a ciudades como Huamachuco y Cajabamba teniendo al río Shorey como su principal punto de vertimiento de efluentes tan igual como Quiruvilca S.A.

“Hoy por hoy las instalaciones de Quiruvilca S.A. se encuentran abandonadas y Shorey

se encuentra en un estado de podredumbre” tal cual nos confesó un poblador de la zona. La localidad Shorey hasta hace más de una década atrás se caracterizaba por que tenía una población pequeña pero muy adinerada fruto de la buena relación con la industria minera, una relación que no tenía como socio al factor medio ambiental.

“En las dos escasas escuelas que existen dentro de toda la localidad de Shorey, a ninguna de ambas se les enseña cursos que puedan despertar el interés por el cuidado del medio ambiente”, así nos lo comentó Juan Quispe Salvador profesor de comunicación integral, poblador de Shorey.

Dentro de esta problemática que engloba en su totalidad a la localidad de Shorey, es la falta de agua potable una de los tantos problemas que agravia a la población y más que ello, el factor que hace mucho más pobre a la comunidad es la costumbre y la resignación en la que se encuentra lo que resta de la población.

Se encuentran en un estado de peligro ya que el agua que utilizan para su consumo, aseo personal, riego de algunas de sus parcelas y para la preparación de sus alimentos es simplemente resultado del bombeo mecánico de aguas del río Shorey, mismas aguas en las que se vierten los efluentes de las producción, hoy por hoy, artesanal de los minerales, que a esto se le suma la grave contaminación de aguas por efluentes dentro de la ciudad de Quiruvilca ubicada a 200 metros más arriba, ciudad en la que nace el río Moche como derivación de la “Laguna Grande” a más de 4050 m.s.n.m

Frente a esta problemática la población se ve expuesta a la ingesta de metales pesados como el Plomo, Cadmio, Hierro y hasta Mercurio teniendo consecuencias de bioacumulación de estos metales en su organismo poniendo en riesgo su salud.

Por otro lado, uno de los problemas que la población, empresas, industrias en general enfrenta a diario es la generación de residuos sólidos.

Existen residuos sólidos que se pueden reaprovechar y algunos otros que ya carecen que algún otro tipo de uso acabado su periodo de vida. Dentro de los residuos que tienen mayor capacidad de reutilización o de reaprovechamiento son las que tienen características y/o naturaleza orgánica, esto las dota del privilegio de poder transformarse en un periodo de tiempo y bajo influencia de uno o varios factores, ya sean físicos, químicos o microbiológicos.

El auge de la producción de bebidas alcohólicas ha obligado a las empresas a buscar los medios para facilitar y hacer más eficientes sus procesos productivos ya sea en los procesos de fermentación o maduración específicamente. Junto a la necesidad de hacer más productivos sus procesos es que se implementa la acción de microorganismos como

las levaduras, capaces de reproducirse en gran proporción y de fermentar efectivamente los compuestos azucarados de los cuales se tiene como fin, convertir en alcohol.

En su gran mayoría, las pequeñas y medianas empresas vinícolas o cerveceras en general tienden a desechar la biomasa de las diferentes levaduras luego de haber cumplido con el proceso de fermentación, destinando estos residuos a una mala disposición final por falta de conocimiento, sin embargo, levaduras como la *Saccharomyces cerevisiae* se pueden reutilizar con facilidad para diferentes fines como abono, alimento para animales, etc, debido a su gran cantidad de proteínas que alcanza más del 70 % de peso. En la localidad de Cascas, la empresa Don Manuelito, una de las empresas más rentables y reconocidas del lugar tiene como materia prima, en sus procesos productivos, a la levadura *Saccharomyces cerevisiae* que le da gran rentabilidad y facilidad para la elaboración de vino como producto principal.

Luego de los procesos de fermentación y filtración se generan dentro de esta empresa residuos de biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* con restos de pequeñas pepas o cascaras de uva mezclado con lo que se le atribuye el nombre de “lías de fermentación” el mismo que es desechado o en el mejor de los casos vendido a diferentes moradores de la zona.

Dentro de este contexto, muchos investigadores desarrollaron innumerables métodos para eliminar o reducir la concentración de metales pesados en los efluentes mineros antes de verterse al medio ambiente, pero debido a su costo y su proceso no son muy viables económica y ambientalmente, por lo que se propone un método eficiente y económico como el uso de biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* seca inerte, resultado de los residuos de los procesos de fermentación y/o filtrado de las empresa vinícola Don Manuelito en la localidad de Cascas , para la adsorción de metales pesados teniendo como base las diferentes investigaciones internacionales y nacionales, extranjeras en su gran mayoría, proponiendo una alternativa eficiente para el tratamiento de los efluentes mineros dentro de la localidad de Shorey, Quiruvilca, La Libertad.

1.2. Trabajos previos.

- Local.

Chiguala (2016), en su tesis “*Responsabilidad social y empresarial de la compañía minera Quiruvilca para el mejoramiento de las condiciones de vida del caserío Shorey, distrito de Quiruvilca*” tuvo como objetivo identificar las prácticas de responsabilidad social empresarial dentro de la compañía minera Quiruvilca S.A.; así mismo

describirlas para mejorar las condiciones de la vida de los pobladores del caserío de Shorey, distrito de Quiruvilca mediante dimensiones sociales, educativas y de salud como metodología aplicar encuestas y entrevistas a los actores sociales asociados y comprometidos, tomando en cuenta a la mayor parte de los trabajadores del área de recursos humanos y bienestar social. Los resultados obtenidos fueron que de la población encuestada en general como pobladores activos económicamente un total de 17,5% trabajan frecuentemente mientras que el 72,5% de las madres de familia son amas de casa y se dedican únicamente a cuidar a sus hijos, siendo sus parejas quienes apoyan económicamente en la familia; dando como conclusión que la compañía minera Quiruvilca S.A. gracias a la implementación de la política de responsabilidad social, realizó hasta el 2015 múltiples actividades comprometidos tanto social y ambiental con todos sus trabajadores y terceros, quiénes la mayor parte de éstos son del caserío de Shorey, los pobladores informaron que la empresa minera contribuyó a que sus condiciones de vida mejoraran.

- **Internacionales.**

Infante et al. (2013). En su estudio “*Remoción de los metales Plomo, Mercurio y Níquel utilizando la levadura Saccharomyces cerevisiae*” tuvo como finalidad utilizar levadura residual como un subproducto del proceso de fermentación de cerveza para la remoción de metales habitualmente encontrados en efluentes industriales contaminados, dicho estudio tuvo como objetivo evaluar cuantitativamente los efectos de las variables de pH, presencia de electrolitos, concentración y tratamiento de biomasa, en la biosorción de iones Pb^{2+} , Hg^{2+} y Ni^{3+} en soluciones artificiales sencillas, mediante el uso de *Saccharomyces cerevisiae* residual no - viva. Para el desarrollo de este estudio se realizó la preparación de soluciones sintéticas en las que abarcarían los metales a estudiar, las soluciones estuvieron en contacto con la levadura en una manera aceptable a distintas estipulaciones de pH, temperatura, aireación y agitación. Resultando finalmente que a través de los ensayos, *Saccharomyces cerevisiae* eliminó mayor porcentaje de Plomo con 86,4%, Mercurio con 69,7% y Níquel con 47,8%. Cuando el pH alcanzó 5 se obtuvo un efecto positivo para los tres metales. Concluyendo que las variables individuales y los efectos de interacción intervinieron significativamente durante la biosorción.

Tejada (2014) en su artículo “*Adsorción de metales pesados en aguas residuales utilizando materiales biológicos*”, su objetivo fue realizar un check general acerca de los problemas ambientales generados por el exuberante grado de contaminación a causa de los efluentes mineros. Por lo que, se presentó la bioadsorción como parte de la tecnología alternativa que facilita la remoción de estos metales utilizando como materia prima adsorbente la lignocelulosis. En el proceso utilizarán biomasa y agua, donde hay sustancias disueltas la cual ayudará en el proceso de adsorción, debe existir gran relación entre la cantidad de biomasa y los contaminantes, donde la biomasa deberá atraer al metal de distintas formas. Finalmente concluyó que la mayor presencia de metales pesados en efluentes mineros son: Pb, Cd, Cr, Zn, Ni y Hg. Parte de estos metales son potenciales devastadores de recursos naturales y la salud. La bioadsorción es un tratamiento de aguas eficiente, por el reducido costo de ampliación y mantenimiento a comparación de los tratamientos convencionales como la adsorción de metales pesados de efluentes acuosos.

Felipe et al. (2014) En su investigación “*Bioadsorción de Cobre (III) en soluciones acuosas con Saccharomyces cerevisiae*” tuvo como finalidad la utilización de *Saccharomyces cerevisiae* para la retención del metal mediante un proceso de bioadsorción, la investigación tuvo como objetivo la evaluación de la capacidad de adsorción de Cobre (III) mediante *Saccharomyces cerevisiae* en soluciones acuosas a diferentes concentraciones de cobre, se empleó una metodología que utilizaron fue la preparación de soluciones a diferentes concentraciones , 9 muestras de soluciones metálicas clasificados en dos grupos G1 y G2, posteriormente procedieron a inocular con 5 g/l de levadura y finalmente llevado a agitación en shaker, en la que se realizó cuantificación de cobre por espectrofotometría además se analizó la adherencia del Cobre a la estructura del microorganismo, los resultados que se obtuvieron fueron para el grupo G1 41% de adsorción y 37,44% para G2, con un promedio total de 39,22%, valores del resultado de la interacción mineral- superficie del microorganismo, el pH y temperatura no variaron durante el proceso de adsorción, concluyendo así que en relación con el tiempo de incubación sobre la bioadsorción de Cobre (III) por la biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* se encontró una bioadsorción significativa en un periodo de corto tiempo.

Cruz et al. (2015) en su tesis “*Evaluación de bioadsorción de Cobre en aguas utilizando la levadura Saccharomyces cerevisiae*” se analizó la bioadsorción de cobre con biomasa inerte de *Saccharomyces cerevisiae* en aguas contaminadas artificialmente con Sulfato de Cobre penta-hidrato ($\text{CuSO}_4 - 5\text{H}_2\text{O}$). El período de exposición de la levadura al metal fue de 3 horas, después se llevó a cabo el tomando muestras cada hora, realizando una evaluación de la bioadsorción a distintas concentraciones de cobre , donde se obtuvo como resultado que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* mostró que en todas las concentraciones y pH el contaminante fue removido, con el mejor desempeño de la bioadsorción a pH 5 con una adsorción del 22,1% a concentración de 150 mg/l Cu (II), con tiempo de contacto de 180 minutos. Se concluyó que la biomasa muerta de *Saccharomyces cerevisiae* tiene la capacidad de adsorber Cu (II) y así ser útil para remover este metal de aguas contaminadas, a mayor concentración de Cu (II) la levadura presentó una mayor remoción del metal en aguas a diferentes pH y que en el tiempo de contacto de 180 minutos, la biomasa muerta de *Saccharomyces cerevisiae* presenta la mayor remoción (22,1%) a pH 5.0 a una concentración de 150 mg/l de Cu (II).

Moreno et al. (2016), en su investigación “*Biosorción de Cadmio en solución acuosa utilizando levadura de panadería (Saccharomyces cerevisiae)*”, esta investigación fue realizada en la ciudad de México , tuvo la finalidad de aplicar un tratamiento para la reducción de Cadmio en soluciones ya que es un elemento tóxico para el medio ambiente y salud, el objetivo fue la biosorción de Cadmio utilizando levadura industrial como absorbente para la ejecución de la investigación utilizaron equipos como el espectrofotómetro de adsorción atómica y espectrofotómetro de infrarrojo, además elaboraron una solución de 1000 mg/l de Cd la cual se disolvieron con agua destilada para alcanzar concentraciones a utilizar de 5 y 10 mg/L, durante el proceso observaron que la levadura y el Cadmio entraron en contacto a los 5 minutos disminuyendo el metal hasta en 11 unidades, con ello se pudo concluir que para la remoción del metal dependió del pH en el que se encuentre la solución ya que a un pH 5.0 pudo remover aproximadamente el (76%) de Cadmio, debido a la presencia de los grupos carboxilo, amida y fosfatos que se encuentran presentes en la levadura con ello se concluyó que la lavadura de pan fue un gran absorbente de metales en este caso fue del Cadmio, a pesar de su gran absorción de este metal se requieren investigaciones pilotos para poder llevar el proyecto a gran escala.

1.3. Teorías relacionadas al tema.

1.3.1. El Perú y la minería.

La minería se encuentra dentro de las actividades que dan soporte a la economía de los países al nivel mundial, de los cuales el Perú no es un caso aislado, la cual pone como base de su desarrollo económico muy aparte de los conflictos que se puedan originar dentro de la nación.

Es tanto lo que puede aportar la minería dentro de nuestro sistema económico que, llega a ser el único aportador de divisas que supera el 60% de todos los ingresos que nos deja la exportación; sin embargo, también es generador de residuos muy peligrosos, que por alguna falta de tratamiento o manejo en sus disposición puede llegar a tener impactos no solo significativos, sino que también irreversibles para nuestro ecosistema. Para tratar de eliminar los contaminantes metálicos no solo se aplicaron métodos físicos, sino químicos; pero sin suerte alguna, todos presentan desventajas, dentro de estas su elevado costo, la generación de otros compuestos peligrosos derivados o su falta de eficacia frente a concentraciones por debajo de los 100 ppm (Rimarachin, 2015).

Hoy en día, dentro de los residuos más peligrosos desechados por la industria minera, los metales pesados son uno de los principales; mismo hecho que hace dificultoso que las personas que laboran dentro de las instalaciones de la planta, puedan tener un buen estado de salud como también afecta a los poblados cercanos a la mina y medio ambiente (Rimarachin, 2015).

1.3.2. Efluentes mineros.

Los efluentes de origen minero se caracterizan por tener gran cantidad de metales pesados (iones metálicos disueltos suspendidos) como: Mercurio, Cromo, Plomo, Fierro, etc dentro de su composición, alterando sus características fisicoquímicas, convirtiéndola en agua totalmente peligrosa para la salud de personas y el medio ambiente.

Los efluentes mineros pueden producirse en las distintas etapas a la que es sometido el mineral para obtener los metales presentes de forma más concentrada. Estos efluentes dependerán de las operaciones unitarias utilizadas en la extracción, en la concentración y en los procesos utilizados en el refinado para su posterior comercialización. En la actividad minera se utilizan grandes cantidades de recurso hídrico provocando un gran impacto ambiental. (Contreras y Gutiérrez, 2015).

Por otro lado, Gamarra-Castañeda (2015) manifestaron que los efluentes mineros se originan a causa de la manipulación de los productos mineros con agua o soluciones químicas que son utilizados para la extracción de minerales como Oro, Plata, Cobre, etc; siendo utilizadas estas en minerías auríferas o polimetálicas de manera controlada, pero en las minerías informales sucede todo lo contrario generando gran cantidad de estos efluentes traducidos en pasivos mineros. Para el caso de las minerías de actividades polimetálicas, podemos ejemplificar los siguientes procesos o actividades que producen diferentes tipos de efluentes mineros:

- En el proceso de extracción se producen drenajes y soluciones desgastadas cuando se realizan las actividades con procesos hidrometalúrgicos, originándose una lixiviación in situ. (Contreras y Gutiérrez, 2015).
- En el proceso de concentración, las actividades mineras utilizan en su gran mayoría el proceso de flotación selectiva, obteniendo un 32% de mineral. El efluente líquido resultado del proceso, se utiliza para trasladar los sólidos o ganga hasta la zona de disposición final. Una vez culminado el proceso, se realiza un análisis fisicoquímico del efluente para ver su grado de contaminación, determinándose si esta requiere de un tratamiento para una disposición final en las canchas relaveras o se reutiliza ingresándolo nuevamente al proceso (Contreras y Gutiérrez, 2015).
- Por otro lado; en la actividad de refinación, los procesos de electrolisis producen como residuo semisólido lodos anódicos. Estos se depositan al fondo de las celdas electrolíticas con partículas diminutas de minerales, lo cual hacen que estos pasen por otro proceso para la recuperación total del mineral o minerales que se encuentren presentes (Contreras y Gutiérrez, 2015).
- También de las actividades de fundición de los minerales resulta un efluente altamente ácido al lavarlo y enfriarlo para obtener un producto final. (Contreras y Gutiérrez, 2015).

Como se puede observar, todos los procesos y actividades que se realizan dentro de los establecimientos mineros generan efluentes convirtiéndola al recurso agua que utilizan totalmente inservible, porque las características fisicoquímicas que presentan no son las adecuadas para contribuir con el desarrollo de la vida natural conduciéndolas con un tratamientos convencionales y costosos previamente antes de disponerlas en tanques o canchas relaveras que con el paso del tiempo estas se convertirán en pasivos mineros.

1.3.3. Metales pesados y su toxicidad.

Los metales son elementos que se encuentran por la naturaleza en el suelo. Cumplen un rol de gran importancia en los organismos ya que son vitales para sus funciones bioquímicas y fisiológicas.

Además pueden llegar a comportarse como potentes tóxicos, ya sea para los seres humanos así también como para los ecosistemas, dependiendo de las vías de exposición, la cantidad absorbida, la naturaleza química del metal, etc. Es así como Duffus (2002) realizó una revisión de las definiciones que les han ido dando a los metales pesados a lo largo de la historia y llegó a la conclusión de que se puede llamar metal pesado o metal tóxico a un grupo de metales y semimetales (o metaloides) asociados a la contaminación y que tienen, ellos o sus compuestos, una gran toxicidad o ecotoxicidad. En la actualidad en uno de los términos más usados representado por La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC por sus siglas en inglés).

La comunidad puede resultar en peligro frente a estos contaminantes como fruto de su amplia expansión en el ambiente. Los metales difícilmente logran ser degradados y tienen la capacidad de introducirse en los seres humanos por medio del agua potable, sea por ingesta o absorción que ocurre en la piel durante el aseo. Así mismo pueden ser consumidos, inhalados o absorbidos dérmicamente en base a las partículas de polvo suspendidas de los suelos (Ferré-Huguet et al, 2007).

En general, la exposición a metales pesados por largos intervalos de tiempo es responsable de muchas de las afecciones neurológicas, respiratorias, sanguíneas, etc:

- Plomo: afecta al sistema nervioso, está asociado a anemia, esclerosis, fatiga y a cáncer de riñón
- Mercurio: asociado a alteraciones neurológicas, autismo, depresión, problemas del aparato respiratorio,
- Arsénico: está asociado a enfermedades vasculares, bronquitis, cáncer de esófago, de pulmón, laringe y vejiga, produce hepatotoxicidad. No es exactamente un metal, pero es un contaminante muy peligroso.
- Berilio: asociado a cáncer de pulmón y a la irritación de las mucosas y la piel
- Cromo: este metal pesado está asociado a cáncer de pulmón, hepatotoxicidad y nefrotoxicidad.
- Cadmio: está asociado a enfisema, cáncer de próstata, bronquitis, infertilidad, enfermedades vasculares, alteraciones neurológicas y toxicidad en riñones.
- Níquel: la exposición a largo plazo puede producir dolencias cardíacas, irritación de

la piel y daños en el hígado.

- Cobre: causa daño en el hígado, en los riñones, está asociado a anemia y a irritaciones del intestino delgado e intestino grueso.
- Manganeso: daña el páncreas, el hígado, el aparato respiratorio, los riñones, el sistema nervioso central y está asociado al Parkinson.
- Estaño: asociado a dolor de cabeza, irritación de mucosas y piel, daños en el sistema inmunológico, depresión, trastorno del sueño y daños hepáticos.
- Zinc: dolor de estómago e infección de las mucosas.

1.3.4. Distrito de Quiruvilca.

Se encuentra situado en la zona altoandina del cauce del Río Moche; en la Cordillera Occidental de los Andes, al norte de la provincia de Santiago de Chuco, Región La Libertad, bajo la administración política de la misma, Perú (Anexo 5).

La localidad de Quiruvilca, es uno de los 8 distritos que conforma la provincia y está ubicada en las coordenadas X= 796579.70 mE, Y= 9114522.41 mS (zona 17L) a una altitud aproximada de 4066 metros sobre el nivel del mar a 130 km de la ciudad de Trujillo (Carranza, 2011).

Se extiende hasta los 549,14 kilómetros cuadrados la cual se encuentra habitada por una población aproximadamente mayor a los 14 060 habitantes (censo 2007), quienes en su mayoría desarrollan actividades mineras, seguida de las actividades agrícolas y agropecuarias teniendo en cuenta que es una zona altoandina.

Durante la época de frío pueden llegar a alcanzar fácilmente los 3 °C presentando precipitaciones sólidas y lluvias intensas, mientras que durante el día o los días de sol llegar a los 14 °C.

En la localidad de Shorey alto, a pocos metros del pueblo de Quiruvilca, se encuentra el establecimiento de la empresa minera Quiruvilca, donde realizaban sus procesos de refinación del mineral que extraían. Esta empresa se ubicaba justo en la ribera del río Shorey en donde utilizaban el agua libremente vertiendo sus efluentes directamente al cuerpo natural de agua. Actualmente la empresa se encuentra inactiva y es ahí en donde nos enfrentamos a otra problemática que se viene desarrollando descontroladamente, la actividad minera informal. Esta actividad se desarrolla en la zona de Shorey Alto y ha ido creciendo significativamente en los últimos años por pobladores de la misma zona,

así como también de otras personas que no residen ahí. En el *Anexo 5* se puede apreciar el área crítica donde se han establecido para la extracción del mineral, especialmente la Pirita, mediante socavones en las faldas de los cerros sin ningún control ambiental por parte de las autoridades ni entidades fiscalizadoras (*Anexo 5*).

1.3.5. *Saccharomyces cerevisiae*.

Es una levadura (organismo unicelular) que pertenece al filo Ascomycota, a la clase hemiascomycetes, al orden Endomycetales, a la familia Saccharomycetaceae y al género *Saccharomyces*, en éstas levaduras se pueden presentar, en su estructura microscópica, células alargadas, de formas redondeadas a elipsoidales con gemaciones multilaterales, presentando una reproducción sexual (*Anexo 5*). En esta levadura existe un sólo núcleo diferencial, una vacuola ligeramente grande respecto a sus demás componentes y los organelos citoplasmáticos comunes. En esta levadura sólo está presente una mitocondria la cual es multirramificada (Palacios y Villalobos, 2007).

La levadura *Saccharomyces cerevisiae*, puede encontrarse de manera natural en algunos frutales como en las uvas por ejemplo, así como también se puede cultivar industrialmente en los laboratorios. Esta es llamada comúnmente, levadura de cerveza por tener la capacidad de la fermentación mediante el proceso redox para obtener productos alcohólicos (cerveza y vino), o de pan por tener la capacidad de esponjar a la masa del pan. Por otro lado es un hongo ambiental común, siendo un organismo eucariota como cualquier planta o animal multiplicándose rápidamente en cuestión de horas o días para ver colonias de levaduras mediante el proceso de germinación (reproducción asexual) (Palacios y Villalobos, 2007).

Las colonias de levaduras que crecen en agar glucosado de Sabouroad son de color crema o rosadas, blandas y glabras. Estas colonias de levaduras jóvenes que se crean en este medio mencionado anteriormente suelen ser húmedas y viscosas. Las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* se multiplican en los medios de cultivo como células aisladas individuales que se dividen logrando aumento en su número.

Un gran número de referencias bibliográficas revisadas han probado que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* puede remover metales tóxicos presentes en las aguas residuales mediante la adsorción, ya que presenta propiedades en sus paredes celulares enlaces de atracción de estos metales; además, recuperar metales preciosos y detoxificar sistemas acuosos contaminados con materiales radioactivos. Muchos investigadores

han reportado resultados positivos de remoción de metales pesados presentes en las aguas residuales y efluentes mineros como: Hierro, Cobre, Cromo, Mercurio, Cadmio, Plata, entre otros, etc. en procesos de adsorción por parte de esta levadura, con diferentes concentraciones de remoción de cada metal.

También, Palacios y Villalobos (2007) nos mencionaron que dentro de las ventajas de emplear la levadura *Saccharomyces cerevisiae* como alternativa de solución para remover los metales pesados podemos citar las siguientes:

- Se puede cultivar fácilmente a gran escala (industrialmente) y en medios de cultivo sencillos, por lo tanto se puede obtener una gran cantidad de biomasa en un tiempo corto.
- La biomasa puede ser obtenida de la industria de los alimentos, bebidas o de manera natural de los frutales. Es sencilla de obtener como subproducto de la industria de la fermentación.
- Es un microorganismo en el que se puede identificar con mucha facilidad el mecanismo de biosorción, las interacciones microorganismo-metal a nivel molecular, debido a las propiedades que presenta esta en sus paredes celulares.

1.3.5.1. Mecanismo de adsorción de la *Saccharomyces cerevisiae* inerte.

Dentro de los tratamientos más eficientes, destacan: la biosorción por células microbianas. Los sistemas de remediación convencional a comparación de los métodos biológicos con fines de depuración de metales pesados mediante soluciones diluidas, resultan menos eficientes y en su mayoría conllevan a un costo elevado. (Cañizares-Villanueva, 2009)

Además, la bioacumulación en microorganismos es uno de los métodos más eficientes en la disminución de metales pesados en soluciones diluidas externas, ya que estos seres microscópicos brindan una mejor opción a los sistemas tradicionales para remover o recuperar metales. (Cañizares-Villanueva, 2009).

Así mismo, Cherlyns (2014) describe que *Saccharomyces cerevisiae* posee grupos fosfato, amino, carboxilo e hidroxilo en su pared celular, por lo que puede existir el fenómeno de bioadsorción de elementos con carga negativa, es por ello que se genera la adhesión de metales pesados presentes en un algún cuerpo de agua contaminada.

1.4. Formulación del problema.

¿Cuál es la capacidad de adsorción de metales pesados por diferentes concentraciones de *Saccharomyces cerevisiae* en un efluente minero de Shorey, distrito de Quiruvilca, La Libertad?

1.5. Justificación del estudio.

1.5.1. Justificación teórica.

La propuesta de adsorción de metales pesados en un efluente minero de la localidad de Shorey, mediante *Saccharomyces cerevisiae* se fundamentó en primer lugar en la búsqueda de alternativas de solución eficaces que puedan contrarrestar la contaminación por metales pesados en los cuerpos de agua, todo ello debido a la problemática de efluentes, relaves y pasivos mineros dentro de la sociedad, de la cual el distrito de Quiruvilca no es ajena. Y en segundo lugar, de que la idea de adsorción de metales pesados por medio de esta levadura recae en el conocimiento de las propiedades de las paredes celulares de estos microorganismos, capaces de tener un gran índice de adsorción de elementos nocivos; dentro de ellos, los metales pesados.

1.5.2. Justificación práctica.

Este método para reducción de concentración de metales pesados en efluentes producto de la actividad minera, fue de gran beneficio tanto económico como amigable con el medio ambiente por tal su práctica como tratamiento para aguas contaminadas con metales pesados no tiene impactos ambientales ya que además de que redujo las concentraciones de estos elementos, también contribuyó con la cultura del reúso de insumos industriales debido a que utilizamos como tratamiento a la levadura *Saccharomyces cerevisiae* a partir de los residuos orgánicos de la industria vinícola que generan en sus procesos de fermentación y filtración.

1.5.3. Justificación metodológica.

Desde el punto de vista metodológico, la realización de proyecto es justificable puesto que conocemos la metodología y la secuencia de pasos para los diferentes objetivos que nos planteamos. Por otro lado, el proyecto tuvo la facilidad de poder adaptarse tanto en laboratorio como en campo, quiere decir que al igual que se desarrolla en un laboratorio con fines de investigación, este mismo se puede emplear y adecuar al campo para la población afectada.

1.6. Hipótesis.

H₁: La capacidad de adsorción de metales pesados por *Saccharomyces cerevisiae* en un efluente minero de Shorey, es mayor del 50% en todas las concentraciones evaluadas.

H₀: La capacidad de adsorción de metales pesados por *Saccharomyces cerevisiae* en un efluente minero de Shorey, no es mayor del 50% en todas las concentraciones evaluadas.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo general.

Determinar la capacidad de adsorción de metales pesados por *Saccharomyces cerevisiae* en un efluente minero de Shorey, distrito de Quiruvilca, La Libertad.

1.7.2. Objetivos específicos.

- Caracterizar la muestra de lías de fermentación de la vinícola “Don Manuelito”.
- Realizar un análisis químico pre y pos tratamiento de la concentración de metales pesados presentes en los efluentes después de haber sido tratados por diferentes concentraciones de biomasa celular (3g/l; 5g/l; 10 g/l).
- Analizar los resultados obtenidos de los tratamientos en los efluentes mineros frente a los Límites Máximos Permisibles (LMP) de metales pesados para la industria minera y metalúrgica del Decreto Supremo 010-2010 Ministerio del Ambiente (MINAM).

II. MÉTODO.

2.1. Diseño de la investigación.

El diseño de investigación fue cuasi experimental, en el que estuvo conformado por un grupo control y tres grupos experimentales derivados de un mismo análisis de línea base. Se aplicaron tres tratamientos, uno para cada grupo experimental además se tomaron muestras en siete tiempos determinados para todos los grupos experimentales a lo largo del tratamiento. Además, los tratamientos se realizaron por triplicado para obtener resultados más exactos en la investigación planteada.

Tabla 1. Diseño de la investigación.

| | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | |
|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Gc | | --- | -- | --- | --- | --- | --- | --- | |
| G1 | Oo | X1 | O1 | O2 | O3 | O4 | O5 | O6 | O7 |
| G2 | | X2 | O8 | O9 | O10 | O11 | O12 | O13 | O14 |
| G3 | | X3 | O15 | O16 | O17 | O18 | O19 | O20 | O21 |

Fuente: Propia.

En donde:

- Gc: Grupo Control.
- G1, G2, G3: Grupos experimentales.
- X1, X2, X3: Tratamientos 3 g/l; 5 g/l y 10 g/l (g de *Saccharomyces cerevisiae* seca inerte por Litro de efluente).
- T1, T2,... T7: Tiempos determinados para la toma de muestra por grupo experimental.
- Oo: Análisis de línea base del fluente.
- O1, O2,... O21: Concentraciones de metales pesados en la muestra.

2.2. Variables, operacionalización.

Tabla 2. Matriz de Operacionalización de Variables.

| Variables | definición conceptual | definición operacional | indicadores | escala de medición |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Independiente: Biomasa de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> seca inerte. | Es una levadura heterótrofa, que tiene en su pared celular propiedades de adsorción de iones con carga positivas debido a sus grupos hidroxilos, carboxilos, amino, fosfato, etc. (Suarez, 2018) | Separado y secado de la levadura inerte, en las lías de fermentación, recuperada y medida en gramos. | Peso | de razón |
| Dependiente: Capacidad de adsorción de metales pesados. | Se dice de la capacidad de adsorción como el alcance de adherencia de algunas impurezas de alguna sustancia en la superficie del sorbente. | Análisis directo por foto-espectrometría de emisión atómica y comparación de valores pre y pos tratamiento. | porcentaje (%) de adsorción | de razón |

Fuente: Propia

2.3. Población, muestra y muestreo.

- Población.

La población objetiva de la investigación fue todo el volumen de efluentes mineros producidos por la minería informal en Shorey.

- Muestra.

La muestra estuvo conformada por 15 litros de los efluentes mineros que se generan en la localidad de Shorey Alto en las coordenadas (*Figura 5*).

$$X= 795570.00 \text{ mE.}$$

$$Y= 9113714.00 \text{ mS.}$$

- Muestreo.

Para el muestreo de los efluentes mineros producto de las actividades mineras en actualidad en la localidad de Shorey se tomó como modelo el Protocolo nacional para

el monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales según la Resolución Jefatural N-° 010-2016-ANA para la toma de muestras considerando todo lo estipulado para cuerpos de agua lóticos, mas no se tomaron en cuenta los parámetros a analizar para las actividades en mención (minera-metalúrgicas) puesto que se tomaron los parámetros descritos en el DS 010-2010 MINAM , Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de actividades minero metalúrgicas.

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

- Técnicas e instrumentos.

La técnica que se desarrolló dentro de la investigación fue la observación, puesto que esta técnica nos permitió obtener datos necesarios para el estudio del problema sin necesidad de hacer pruebas orales y escritas. Esta técnica es fundamental para recolectar datos de un fenómeno en tiempo real. Lo cual el instrumento de recolección de datos fue una ficha de observación la cual se utilizó para conocer la manera como se describe, detallada y ordenada los resultados de los análisis realizados.

- Validez y confiabilidad.

El grado de validez fue de contenido porque el instrumento refleja el dominio específico de lo que se pretende medir.

2.5. Métodos de análisis de datos.

Se realizaron pruebas estadísticas paramétricas ya que se basan en una forma determinada de la distribución de valores, generalmente la distribución normal, en la población de la que se obtiene la muestra experimental.

Se utilizaron las pruebas estadísticas de Shapiro Wilk (prueba de normalidad) para comprobar que los resultados de cada tratamiento presenten un comportamiento de distribución normal, ANOVA con el fin de determinar la varianza que existe dentro de los valores que registra cada tratamientos y finalmente la prueba Tukey para hallar cuál de los tres tratamientos en investigación es el mejor para la adsorción de metales pesados.

2.6. Tratamiento del efluente minero con *Saccharomyces cerevisiae* seca inerte.

Para el desarrollo de la etapa de biorremediación mediante adsorción por *Saccharomyces cerevisiae* se requirió que el pH de la muestra del efluente sea de aproximadamente de 5 y este previamente filtrada para evitar la presencia de material sólido como arena, arcilla, metales sedimentados, etc, para poder realizar nuestra primera toma de muestra para el análisis de espectrofotometría de emisión atómica la cual nos ayudó a determinar las condiciones iniciales del efluente identificando metales pesados y su concentración.

- La muestra de efluente a ser tratada se repartió en 5 jarras a 1 L para cada tratamiento; sin embargo, el tratamiento de biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* seca, fue diferente para todas. Se experimentó con 3 diferentes dosis: 3 g, 5 g y 10 g de biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* seca inerte por litro de efluente.
- Las jarras con muestras de efluentes y una concentración de biomasa distinta para cada una fueron colocadas en un “Test de Jarras” a 100 rpm y se tomaran 7 muestras de 250 ml a 7 tiempos distintos una vez iniciado el tratamiento con el test de jarras.
- Los tiempos de toma de muestra fueron de: 2; 7; 18; 35; 60; 90 y 120 minutos.
- Cada muestra fue colocada en tubos cónicos para que la *Saccharomyces cerevisiae* sedimente y se pueda decantar para enviar las muestras al laboratorio.
- Finalmente se procedió a realizar los análisis respectivos de espectrofotometría de emisión atómica del total de 21 muestras pequeñas junto con el análisis inicial, para determinar cómo se describen las curvas de adsorción de metales pesados por biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* (Tabla 3).

III. RESULTADOS.

3.1. Caracterización de las lías de fermentación.

Tabla 3. Caracterización de lías de fermentación de Don Manuelito, Cascas.

| Porcentaje de biomasa y humedad de las lías de fermentación. | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|
| | Porcentaje de biomasa | | Porcentaje de humedad |
| Promedio | 24.16% | | 75.84% |
| pH de la muestra de las lías de fermentación. | | | |
| pH | 3.6 | | |
| Recuento en placa de unidades formadas de colonias (UFC) de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> de lías de fermentación | | | |
| Diluciones | Unidades Formadas de Colonias a 24 h | Unidades Formadas de Colonias a 48 h | |
| 10^{-1} | Incontable | Incontable | |
| 10^{-2} | Incontable | Incontable | |
| 10^{-3} | 164 | Incontable | |
| 10^{-4} | 21 | Incontable | |
| 10^{-5} | 3 | 297 | |
| Peso total, de residuos y de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> de lías de fermentación | | | |
| Peso total de la muestra de lías de fermentación | 1 612.31 g | Peso residuos sólidos (pepas, cascarras, etc.) | 319.52 g |
| | Peso de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> seca | | 95.89 g |

Interpretación.

La tabla 3, nos muestra que la biomasa en lías de fermentación que se logró obtener fue de 24.16% y de humedad 75.84%. El medio de *Saccharomyces cerevisiae* presentó un pH 3.6 con un recuento de 164, 21 y 3 UFC de lías de fermentación contables en la dilución de 10^{-3} 10^{-4} y 10^{-5} a las 24 horas y la dilución 10^{-5} a las 48h con 297 UFC. Por lo que el resultado de la obtención de *Saccharomyces cerevisiae* seca fue de 95.89 g de una muestra de aproximado 1 612 g, de las lías de fermentación de Don Manuelito, Cascas.

3.2. Adsorción de metales pesados por *Saccharomyces cerevisiae* seca inerte en sus diferentes concentraciones

El métodos de análisis de metales nos arrojó registro de 32 metales, sin embargo en este apartado de la investigación se mostrarán los resultados y las figuras de adsorción de los metales pesados que el DS 010-2010 MINAM considera dentro del reglamento para efluentes minero metalúrgicos, la descripción y resultados de los metales restantes se encuentran en el apartado de anexos respectivamente.

Los 8 metales que considera el DS 010-2010 MINAM son: Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Hierro, Mercurio, Plomo y Zinc, los cuales a lo largo de las siguientes tablas, se encontraran resaltados.

Tabla 4. Capacidad de adsorción de metales pesados por *Saccharomyces cerevisiae* seca inerte.

| CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS | | | |
|--------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| METALES | TRATAMIENTO 1 | TRATAMIENTO 2 | TRATAMIENTO 3 |
| Plata (Ag) | --- | --- | --- |
| Aluminio (Al) | 97.50% | 97.50% | 97.50% |
| Arsénico (As) | 96.43% | 96.43% | 96.43% |
| Boro (B) | 3.19% | 10.28% | 69.15% |
| Bario (Ba) | 6.67% | 6.67% | 46.67% |
| Berilio (Be) | --- | --- | --- |
| Calcio (Ca) | INDETERMINADO | INDETERMINADO | INDETERMINADO |
| Cadmio (Cd) | 61.32% | 83.76% | 99.98% |
| Cerio (Ce) | --- | --- | --- |
| Cobalto (Co) | 2.40% | 15.77% | 22.40% |
| Cromo (Cr) | 18.75% | 52.08% | 75.00% |
| Cobre (Cu) | INDETERMINADO | INDETERMINADO | INDETERMINADO |
| Hierro (Fe) | 44.53% | 66.16% | 86.90% |
| Mercurio (Hg) | --- | --- | --- |
| Potasio (K) | 97.60% | 97.60% | 97.60% |
| Litio (Li) | -8.33% | 5.56% | 0.00% |
| Magnesio (Mg) | 25.19% | 35.57% | 72.91% |
| Manganeso (Mn) | INDETERMINADO | INDETERMINADO | INDETERMINADO |
| Molibdeno (Mo) | --- | --- | --- |
| Sodio (Na) | 26.01% | 38.72% | 58.31% |
| Níquel (Ni) | 7.94% | 78.52% | 98.92% |
| Fósforo (P) | 99.91% | 99.91% | 99.91% |
| Plomo (Pb) | 99.87% | 99.87% | 99.87% |
| Antimonio (Sb) | --- | --- | --- |
| Selenio (Se) | 1.90% | 3.81% | 7.62% |
| Silice (SiO ₂) | 5.86% | 2.90% | 24.37% |
| Estaño (Sn) | --- | --- | --- |
| Estroncio (Sr) | 10.21% | 16.78% | 70.66% |
| Titanio (Ti) | 0.00% | 3.03% | 6.06% |
| Talio (Tl) | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| Vanadio (V) | --- | --- | --- |
| Zinc (Zn) | INDETERMINADO | INDETERMINADO | INDETERMINADO |

Interpretación.

Dentro de los 32 metales que se analizaron en un inicio, 8 de ellos estuvieron por debajo del límite de detección del método (Emisión Atómica): Plata, Berilio, Cerio, Mercurio, Molibdeno, Antimonio, Estaño y Vanadio; dado motivo por el cual no existió adsorción de ningún tratamiento. Además, dentro de los resultados existentes también se resaltan capacidades de adsorción “indeterminadas” ya que la concentración de metales en el efluente excedió el límite máximo de detección del método razón por la cual no se pudo

determinar el porcentaje de adsorción de los tratamientos para cada uno de estos iones metálicos: Calcio, Cobre, Manganeso y Zinc.

Por otra parte, los resultados de la tabla 4 se encuentran resaltados los 8 metales pesados que el Decreto Supremo 010-2010 Ministerio del Ambiente, especifica y regula como contaminantes en efluentes de actividades minero-metalúrgicas en las cuales fija límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de estos contaminantes al medio ambiente.

Dentro de los resultados de las tablas y en acorde a la introducción de este apartado, se presentan a continuación 5 figuras de los metales pesados que contempla la norma DS 010-2010 MINAM, ya que los 3 metales pesados restantes no tuvieron registro de adsorción por inexistencia dentro del efluente o por exceder el límite de detección.

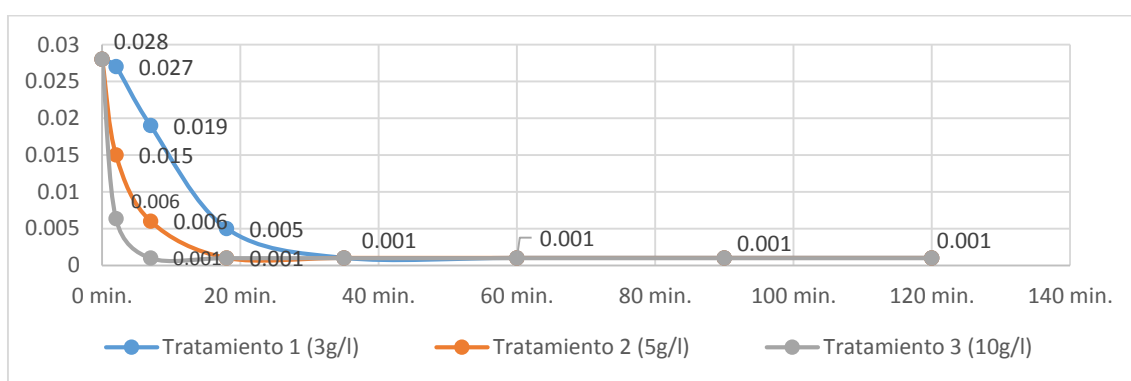


Figura 1. Adsorción de arsénico (As)

Interpretación.

En la figura 1 se muestran resultados de adsorción de iones metálicos de Arsénico en sus tres tratamientos, en donde se puede observar que el tratamiento 3 con 10 g/l de levadura obtuvo el mejor valor de 0,01 ppm del total, antes de cumplir los 20 minutos, mientras que el tratamiento 1 registro su mejor resultado cerca de los 40 minutos de aplicación con un valor de 0,01 ppm también.

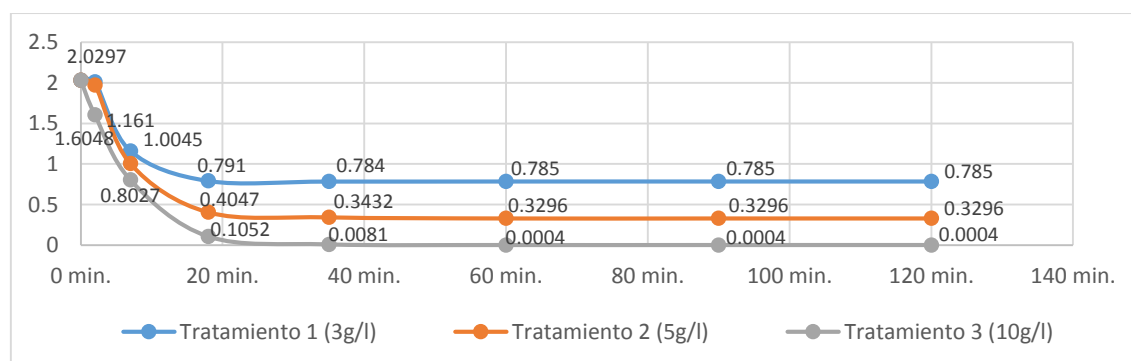


Figura 2. Adsorción del cadmio (Cd).

Interpretación.

En la figura 2, se muestra los resultados de adsorción del ión metálico Cadmio posterior a la aplicación de biomasa en tres tratamientos, donde podemos mencionar que su mayor adsorción fue antes de los 20 minutos obteniendo los siguientes valores: 0.791

ppm; 0,405 ppm y 0,105ppm, sin embargo a partir de los 60 minutos los valores son constantes) sosteniendo que todos los tratamientos aplicados adsorbieron más del 50% de cadmio en el tiempo mencionado.

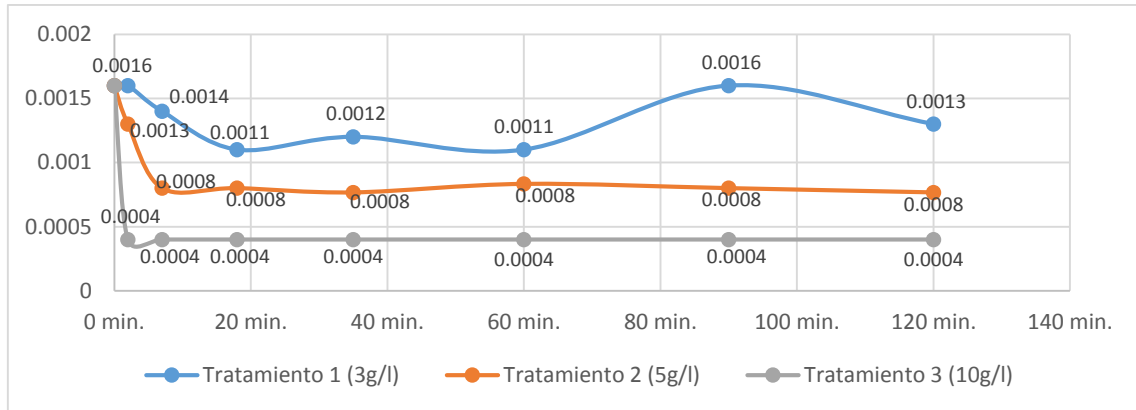


Figura 3. Adsorción de cromo (Cr).

Interpretación.

La presente figura nos detalla resultados obtenidos del Cromo, donde se puede discernir que en el tratamiento 1 la adsorción no se desarrolló con normalidad durante todo el proceso ya que presenta valores que no cumplen una tendencia normal de adsorción entendiéndose como una desorción del metal en varios puntos de tiempo establecido. Por otro lado se puede observar que el tratamiento 3 alcanza su mínima concentración del metal en el efluente quedando en 0,0004 ppm antes de los 10 minutos aproximadamente.

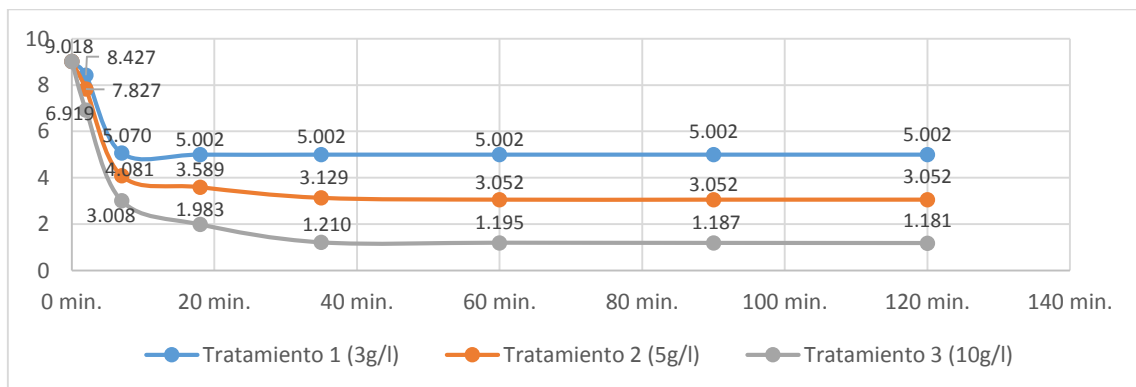


Figura 4. Adsorción de hierro (Fe).

Interpretación.

La adsorción del Hierro fue aproximadamente del 50% en todos los tratamientos aplicados antes de los 60 minutos del metal obteniendo los siguientes valores de concentración final del efluente: 5,002 ppm; 3,115 ppm y 1,200 ppm respectivamente hasta el tiempo indicado (fig. 4).

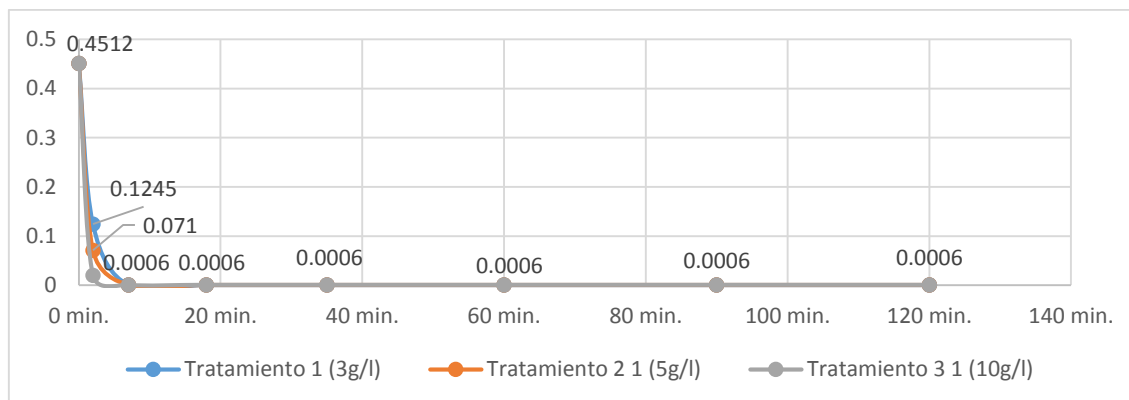


Figura 5. Adsorción de plomo (Pb)

Interpretación.

Los valores obtenidos de concentración de Plomo en el efluente, siendo 0,0006 ppm la concentración final del metal a partir de los 10 minutos de iniciados los 3 tratamientos, donde podemos decir que la adsorción que mostró la levadura fue más del 90% en el efluente (fig.5).

3.3. Comparación de los resultados obtenidos en los tratamientos con los Límites Máximos Permisibles (LMP).

Tabla 5. DS 010-2010 MINAM - Límites Máximos Permisibles de Efluentes Minero Metalúrgicos.

| Metales | Unidad | Parámetros Iniciales | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Tratamiento 3 | LMP |
|---------------|--------|----------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| Arsénico (As) | mg/L | 0.028 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.1 |
| Cadmio (Cd) | mg/L | 2.0297 | 0.785 | 0.33 | 0.0004 | 0.05 |
| Cromo (Cr) | mg/L | 0.0016 | 0.0013 | 0.0008 | 0.0004 | 0.1 |
| Cobre (Cu) | mg/L | >50 | >50 | >50 | >50 | 0.5 |
| Hierro (Fe) | mg/L | 9.018 | 5.002 | 3.052 | 1.181 | 2 |
| Mercurio (Hg) | mg/L | - | - | - | - | 0.002 |
| Plomo (Pb) | mg/L | 0.4512 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0006 | 0.2 |
| Zinc (Zn) | mg/L | >50 | >50 | >50 | >50 | 1.5 |

Interpretación.

En la tabla 5, se observa los resultados obtenidos de los tratamientos con *Saccharomyces cerevisiae* de los metales que comprende el Decreto Supremo, podemos deducir que los metales arsénico, cromo, se encuentran debajo de los LMP establecidos, sin embargo hay metales como Cadmio, Hierro, Plomo que sostienen una concentración más alta que el LMP. Por ejemplo en el caso del cadmio su concentración inicial 2.0297 se encuentra por encima del LMP 0.05, sin embargo después que se le aplicó los tratamientos la concentración del metal fue disminuyendo quedando así aceptable para el LMP. Por otro lado hay metales como el Cobre y Zinc que su concentración fue tan alta que el límite máximo detección no pudo cuantificarlos.

3.4. Tablas estadísticas.

Los resultados estadísticos que se presentan a continuación pasaran respectivamente por una prueba de normalidad Shapiro Wilk (tabla 8) y la prueba de homogeneidad de Levine (tabla 9), para proceder a la prueba de ANOVA y Tukey en caso resultaran ser paramétricas o de caso contrario si fuesen no paramétricas se aplicó la prueba Kruskal Wallis para hallar si existen diferencias entre las medias.

Tabla 6. Prueba ANOVA (confiabilidad 95%).

| METALES | Valores "P" | Estado |
|----------------------------|-------------|----------------|
| Boro (B) | 8.79997E-10 | Hay diferencia |
| Bario (Ba) | 0.000455166 | Hay diferencia |
| Cadmio (Cd)* | 1.78393E-11 | Hay diferencia |
| Cobalto (Co) | 3.58453E-07 | Hay diferencia |
| Cromo (Cr)* | 0.006767309 | Hay diferencia |
| Hierro (Fe)* | 6.99385E-11 | Hay diferencia |
| Magnesio (Mg) | 2.21682E-16 | Hay diferencia |
| Sodio (Na) | 2.89017E-14 | Hay diferencia |
| Níquel (Ni) | 6.92682E-15 | Hay diferencia |
| Silice (SiO ₂) | 1.90166E-07 | Hay diferencia |
| Estroncio (Sr) | 7.87316E-08 | Hay diferencia |

Interpretación.

La tabla 6 demuestra que todos los tratamientos de los metales que resultaron paramétricos en la prueba de Shapiro Wilk (anexo tabla 8) tienen diferencias significativas entre si ya que sus valores "P" son menores a 0.05 de significancia en la prueba de ANOVA.

Tabla 7. Prueba Tukey (confiabilidad 95%)

| Metales | Medias | Diferencia de Medias | Mejor Tratamiento |
|---------------------|--------|----------------------|-------------------|
| Cadmio (Cd)* | T3 | 1.000 | A |
| | T2 | 0.838 | B |
| | T1 | 0.613 | C |
| Cromo (Cr)* | T3 | 0.75 | A |
| | T2 | 0.521 | B |
| | T1 | 0.188 | B |
| Hierro (Fe)* | T3 | 0.869 | A |
| | T2 | 0.662 | B |
| | T1 | 0.445 | C |

Interpretación.

En la tabla 7, se puede observar solamente los metales que están dentro del reglamento DS 010-2010 MINAM que presentan diferencias significativas en donde se puede discernir que de los tres tratamientos aplicados el más óptimo para los iones metálicos de cadmio, cromo y arsénico es el tratamiento 3 (T₃), que consta de 10g/l de levadura seca inerte.

IV. DISCUSIONES.

La caracterización de las lías de fermentación nos dio una idea de aproximadamente cuanto de *Saccharomyces cerevisiae* inerte seca se puede recuperar de una muestra determinada de lías de fermentación (95.89 g por 1.612 kg de muestra) (Tabla 3). De modo que se puede determinar cantidades aproximadas de levaduras inertes que se pueden recuperar de los lías que genera el proceso de fermentación de alguna empresa vinícola, en este caso la empresa “Don Manuelito”, además, la caracterización tuvo como finalidad también conocer el pH ya que con ello podemos deducir que la levadura se desarrollaba en un medio ácido 3.6 y que en el análisis de cultivo en placa de agar Sabouroad nos ayudó a corroborar la existencia de esta levadura dentro de los residuos que nos planteábamos realizar. Los resultados de biomasa y humedad de estas lías (24.16% y 75.84% respectivamente) representan claramente que el mayor compuesto de las lías es agua y esto como producto de la gran cantidad de jugo de uva que existe en el residuo, mientras que en menor proporción se encontró los restos principalmente de levadura como *Saccharomyces cerevisiae* y algunos otros residuos como el orujo en poca cantidad.

Se utilizaron estos residuos ya que se buscaba dentro de la investigación implementar una cultura de reciclaje y reutilización, es por ello que se sometió a la muestra de lías de fermentación en procesos de filtración y lavado para en primer lugar separar elementos más grandes y finalmente el lavado con agua destilada a la levadura cuyo proceso (White, 2016) requiere de 4 veces el volumen de agua respecto al volumen de lías de fermentación y luego brindar un tiempo prudente de reposo para posteriormente decantar.

El análisis inicial del efluente minero, determinó la presencia de 26 metales de los cuales solo 6: Plomo, Arsénico, Cadmio, Níquel, Cromo y Cobre han registrado investigaciones con este tipo de microorganismo.

Los resultados son muy variables tales como la adsorción de Plomo (Infante, 2013) en donde el tratamiento de *Saccharomyces cerevisiae* pudo adsorber cerca del 86.4% mientras que metales como el Talio presentan cantidades de 0% de remoción en cualquiera de los tratamientos (Tabla 4); sin embargo la mayoría de tratamientos presentan una distribución normal con respecto al metal contrastado, el cual nos da una idea de que tanto el tratamiento 1, 2 y 3 tuvieron un comportamiento proporcionado para la mayoría de metales, cada uno con capacidades diferentes de adsorción para el metal

debido a algunos índices de afinidad por metal como lo describió (Moreno,2016) en su conclusión de más de 76% de adsorción de Cadmio, así como (Tejada, 2014) planteo su investigación con metales a las cuales el microorganismo tiene mucho más afinidad a metales como Plomo, Cadmio, Cromo, Zinc, Mercurio y Níquel.

Los resultados presentan un alto índice de adsorción en metales como el Magnesio, Hierro, Potasio, Fosforo, etc.; se puede inferir que este fenómeno se debe a la afinidad natural que tiene el microorganismos con estos elementos puesto que el Fósforo, Magnesio, Potasio y Zinc son minerales presentes en alimentos como la uva (Baviera, 2017).

Gran parte de los metales que presentaron adsorción por parte de *Saccharomyces cerevisia* tienden a completar casi todo su proceso de adsorción en los primero 40 minutos mientras que el tiempo restante describe un periodo de equilibrio en la adsorción tal como Dimas en el 2011 dentro de su tesis concluyó que la adsorción de metales pesados (Plomo, Cadmio, Cromo y Zinc) con levadura de pan y cerveza culmino parcialmente a los 50 minutos de iniciado el tratamiento.

Dentro de las pruebas estadísticas se aplicaron Shapiro Wilk, prueba que nos detalló cuales de los metales tuvieron una distribución normal dentro de los resultados de sus 3 tratamientos y cuáles no, en donde metales como Boro, Bario, Cadmio, Cobalto, Cromo, Hierro, Magnesio, Sodio, Níquel, Sílice y Estroncio resultaron paramétricos mientras que metales como Litio, Selenio y Titanio tuvieron una distribución anormal y con características no paramétricas, una de las razones por la cual el resto de metales no obtuvieron valor alguno dentro de la prueba de Shapiro Wilk fue debido a que no registraron mismos valores en los 3 tratamientos para el mismo metal esto corresponde a que las cantidades de estos metales fueron muy bajas llegando al punto de que los 3 tratamientos los adsorbieran en su totalidad o por el contrario ninguno de los tratamientos pudo adsorber algún miligramo del contaminante.

La causa del comportamiento no paramétrico de algunos metales se debió a que los resultados de adsorción de estos, fueron negativos o nulo en algunos casos, ellos propicio a que la distribución no tenga una distribución normal; estos datos con resultados incongruentes es posible que se deben a la carencia de afinidad del metal con la *Saccharomyces cerevisiae*, procesos de desorción o error en el método de análisis de

datos.

La segunda prueba fue la de Levene (Tabla 9) en el que se registró que todos los metales presentan homogeneidad sin embargo paramétricos y no paramétricos tuvieron que hacer un análisis de varianza con pruebas diferentes, en el caso de los paramétricos se utilizó la prueba de varianza ANOVA mientras que en los no paramétricos como Litio, Selenio y Titanio pasaron la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 11) en el que se determinó que los 3 metales no presentaron diferencias significativas, por otro lado, la prueba ANOVA arrojó valores menores a 0.05 para todos los metales paramétricos (Tabla 6).

El conglomerado de casos de adsorción de metales confirman, según las pruebas Tukey realizadas, que el tratamiento 3 (10 g por litro de muestra) es el que mejor media de adsorción posee y con ello se ratifica que es el mejor tratamiento de los 3 aplicados. Por otro lado, hubieron inconvenientes con algunos metales como el Aluminio, Arsénico, Fósforo y Plomo ya que el ANOVA no arrojó diferencias significativas esto debido a que en los primeros 15 min de tratamiento, la adsorción se encontraba finalizada debido a la poca concentración de estos metales en el efluente y el alto índice de afinidad con la levadura inerte; por ello se propone para futuras investigaciones realizar estudios con estos metales en concentraciones mayores para poder evaluar su comportamiento frente a la adsorción que propone la levadura.

Algunos metales como el Cerio, Sílice, Selenio y Titanio presentan capacidades de adsorción negativas, nulas y positivas de baja diferencia (Tabla 2), esto se asume que se debe a una falla de lectura de metales del método ya que en promedio no existe adsorción de ningún tipo en estos metales, es por ellos como los resultados Shapiro Wilk determinaban que no tenían una distribución normal con respecto a los tratamientos y en las pruebas ANOVA no existía varianzas significativas y con ello no poder determinar cuál es el mejor tratamiento.

Se planteó la comparación de nuestros datos finales de adsorción de cada metal con el DS 010-2010 MINAM, para efluentes minero metalúrgico, con ello se pudo determinar que 5 metales (Arsénico, Cadmio, Cromo, Hierro y Plomo) se pudieron adecuar a los límites máximos permisibles que establece el decreto supremo, todos ellos se ajustan con el tratamiento 3 (T₃).

Se puede estimar que la gran parte de los metales tuvieron porcentajes de adsorción por encima del 50 %, sin embargo debemos analizar y tomar en cuenta que no todos los metales partieron en el tratamiento con la misma concentración, algunos con cantidades de 4 mg/l mientras que otros con 0,0016 mg/l es por ello que existe la interrogativa de cuál tratamiento adsorbió más metales. En la Tabla 12 en el apartado de anexos se puede observar que a pesar de la buena capacidad de adsorción que *Saccharomyces cerevisiae* presenta en algunos metales como Arsénico, Plomo, Cadmio, etc; los metales que más fueron adsorbidos, sin tener en cuenta el porcentaje que estos representan, son el Sodio, Hierro, Fósforo y Magnesio, ya que son los que más mg fueron adsorbidos para cada tratamiento: entonces, cabe resaltar que la capacidad de adsorción expresada en porcentajes depende mucho de la concentración en la que se encuentre el metal y deja un amplio campo para investigar temas como la afinidad del metal, el tiempo y la cantidad de este en un medio.

Finalmente se pudo inferir que no todos los tratamientos adsorben más del 50% de las concentraciones de los metales por razones como la carencia de afinidad de algunas metales como el Selenio, Sílice, Titanio, Talio, etc., y porque existió mucha competencia de metales en el proceso de adsorción, caso que no se daba en antecedentes citados y que estos trabajaban con soluciones acuosas controladas en las que el investigador podía fácilmente elegir los metales a analizar. El resultado final de levadura con metales adsorbidos nos da opción a brindarle algún tipo de disposición final, dentro de ellos se puede aplicar la disposición de estos en algún relleno de seguridad o mediante procesos de desintoxicación, darle uso en obras de construcción como cemento, ladrillos, grava, etc o catalogarlos como residuo cancerígeno y mutagénico (por la presencia de los metales pesados adsorbidos) dispuesto adecuadamente en un relleno de seguridad.

V. CONCLUSIONES.

- Las lías de fermentación de la empresa “Don Manuelito” presentaron aproximadamente 75.84% de humedad dentro de los residuos, de los cuales en una muestra de 1.612 kg se obtuvo cerca de 95.89 g de levadura seca inerte.
- Se realizaron 3 tratamientos de adsorción de metales pesados con *Saccharomyces cerevisiae* seca inerte, de las cuales estadísticamente en su mayoría indican que el tratamiento 3 (10g/l) es mejor a comparación del tratamiento 1 y 2 (3g/l y 5g/l respectivamente) teniendo mejor capacidad de adsorción en metales como el aluminio, arsénico, cadmio, hierro, plomo, fosforo, potasio y níquel, por encima del 80%.
- Dentro de las concentraciones finales del efluente tratado con 3 diferentes concentraciones, se consiguió reducir la concentración de 5 metales de los 8 metales pesados que el DS 010-2010 MINAM pretende controlar (arsénico, cadmio, cromo, hierro y plomo) sin embargo los 3 restantes (cobre, mercurio y zinc) ya estaban debajo del límite antes del tratamiento o no fueron detectados por el método ya que estuvieron muy por debajo o por encima de los límites de detección del método.

VI. RECOMENDACIONES.

- Para un mejor resultado de los metales a tratar se recomienda hacer los análisis en equipos sofisticados que tengan su límite de detección más amplio para la identificación de metales como el Zinc y Cobre y Calcio.

- Catalogar a la biomasa como un residuo peligroso después de ser utilizado en el proceso de adsorción (por la presencia de metales mutagénicos y cancerígenos) y dar una adecuada disposición final al residuo peligroso a un relleno de seguridad.

- Investigar sobre otros tipos de levaduras para adsorción de metales pesados en muestras reales.

VII. REFERENCIAS.

- ACEITUNO, Laura. Plomo, Hierro Y Manganese Mayores Contaminantes Del Agua En Comunidades De Ojojona, Santa Ana Y San Buenaventura Determinaron Estudiantes De La UNAH. *Presencia.unah.edu.hn* [En línea]. 2018. [Fecha de consulta: 25 abril 2018]. Disponible en: <https://presencia.unah.edu.hn/facultades/articulo/plomo-hierro-y-manganese-mayores-contaminantes-del-agua-en-comunidades-de-ojojona-santa-ana-y-san-buenaventura-determinaron-estudiantes-de-la-unah>
- CAÑIZARES-VILLANUEVA, Rosa. Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Revista Latinoamericana de Microbiología*. [En línea]. 2009, 42(3) [Fecha de consulta: 10 de mayo 2018]. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2000/mi003f.pdf>. ISSN: 0034-9771.
- CARRANZA, Ramiro. Propuesta de un sistema de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios mediante un modelo de mejora continua en el distrito de Quiruvilca. [En línea]. Tesis (Doctorado). Universidad Nacional de Trujillo, 2011. [Fecha de consulta: 17 de mayo 2018]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5151/Tesis%20Doctorado%20-%20Ezaine%20Carranza%20Rengifo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CHERLYS, J. Remoción de plomo, mercurio y níquel utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. *Revista MVZ Córdoba*. [En línea]. Diciembre 2013, 19(2). [Fecha de consulta: 20 de mayo 2018]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v19n2/v19n2a10.pdf>. ISSN: 0122-0268.
- CONTRERAS, Katheryn y GUTIERREZ, Tania. Remoción de plomo de las aguas del efluente minero de Yauli La Oroya utilizando el coagulante de maguey (*Agave Americana* L.) a nivel de laboratorio. [En línea]. Tesis. Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015. [Fecha de consulta: 06 de mayo 2018]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3730/Contreras%20Sanabria-Gutierrez%20Mayta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DIAMAS RIVERA, Gloria. Estudio de la interacción de metales pesados (Pb, Cd, Zn y Cr) en solución, en el proceso de biosorción por tres tipos de biomasa. [En

línea]. Tesis (Maestría). Universidad Autónoma Nuevo León, 2011 [Fecha de consulta: 09 de setiembre 2018]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/5682/>

- FELIPE, J. GARCIA C. Bioadsorción de Cobre (III) en soluciones acuosas con *Saccharomyces cerevisiae*. [En línea]. 10 de diciembre de 2014. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2018]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/324596853_BIOADSORCION_DE_COBRE_III_EN_SOLUCIONES_ACUOSAS_CON_SACCHAROMYCES_CEREVISIAE. 2011-3331
- FERRÉ HUGUET, Nuria. Metales Pesados y Salud. [En línea]. Tesis. Universidad de Rovira I Virigili, 2007. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2018]. Disponible en <https://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/prev-ma/revista-seguridad/n108-programa-hra-metales-pesados.pdf>
- GAMARRA CASTAÑEDA, Roció. Eficacia de la tecnología de membranas para convertir efluentes mineros, en aguas para riego [En línea]. Tesis (Maestría). Universidad de Piura, 2015 [Fecha de consulta: 06 de mayo 2018]. Disponible en https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2777/MAS_GAA_022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- INFANTE, J. DE ARCO, R. Removaol of lead, Mercury and Nickel using the yeast *Saccharomyces Cerevisiae*. [En línea]. Revista. Universidad del Atlántico, 2013, Vol. II.
- PALACIOS, Erika. Biosorción de metales pesados en soluciones acuosas mediante biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* [En línea]. Tesis. Disponible en : Disponible en: http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lcf/palacios_r_e/portada.html
- PAURO, J. CHOQUE, M. POCCHOHUANCA, R. Estudios de Bioadsorción de Plomo. [En línea] 2009. Tesis. Universidad del Altiplano [Citado el: 23 de 04 de 2018.] https://www.researchgate.net/publication/28320343_Estudios_de_bioadsorcion_de_plomo_por_Saccharomyces_cereviceae_en_soluciones_acuosas.

- RIMARACHIN, Paolo. Tratamiento de aguas de efluentes minero metalúrgicos utilizando, métodos pasivos y activos en sistemas experimentales. [en línea]. Tesis (Licenciamiento). Universidad Nacional de Trujillo, 2015. [Fecha de consulta: 06 mayo 2018]. Disponible en:<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4505/Rimarachin%20Varas%2c%20Paolo%20Yordano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- RODRIGUEZ, María [et al]. Efectos de las Condiciones de Operación Sobre la Biosorción de Pb²⁺, Cd²⁺ y Cr³⁺ en Solución por *Saccharomyces cerevisiae* Residual. Revista Scielo [en línea]. 2012, vol. 19, no. 06. pp. 47-55 [fecha de consulta: 09 de setiembre 2018]. ISSN 0718-0764. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642008000600006&lng=en&nrm=iso&tlng=en

- SUAREZ, C. GARRIDO, N. GUEVARA, C. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. [En línea] 2018. Artículo. Instituto Cubano de Investigaciones 2016 [Citado el: 20 de 04 de 2018.] <http://www.redalyc.org/html/2231/223148420004/>.

- SUAZO,E. MORALES,L. CRISTIANI,M. CRISTIANI,E. Efecto del pH sobre la biosorción de níquel (II) POR *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus*. [En línea] 2010. [Citado el: 26 de abril de 2018.] <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181620500024.1015-8553>

- TEJADA-TOVAR, Candelaria [et al]. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. Revista ION [en línea]. 2015, vol. 18, no. 34. pp. 109-123 [fecha de consulta: 03 de julio 2018]. ISSN-e 0123-7799. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5062883>

VIII. ANEXOS.

Anexo 1: Ficha de observación.



CÓDIGO: UCV-PDT-001

FICHA DE OBSERVACION

“CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE METALES PESADOS POR *Saccharomyces cerevisiae* EN UN EFLUENTE MINERO DE SHOREY, DISTRITO DE QUIRUVILCA, LA LIBERTAD”

Introducción:

La siguiente ficha se ha diseñado bajo el estudio de las diferentes variables puestas en análisis. Previamente se necesita asegurarse que los instrumentos de medición estén correctamente calibrados puesto que cualquier variación influirá en los resultados. Cabe resaltar que los datos descritos en los siguientes cuadros serán tomados en un periodo no mayor a las 24 h desde la toma de muestra de efluentes mineros.

Tabla 1: Datos generales.

| Datos Generales | |
|----------------------------------|--|
| Fecha de recolección de muestra. | |
| Fecha de entrega de la muestra. | |
| Solicitante. | |
| Encargado de laboratorio. | |

Tabla 2: Medición de los parámetros de pH, conductividad eléctrica y turbidez de la muestra de efluentes mineros antes y después de los tratamientos en laboratorio.

| Parámetros | Inicio |
|--------------------------|--------|
| pH | |
| Conductividad eléctrica. | |
| Turbidez. | |

Tabla 3: valores de temperatura, revoluciones por minuto, tiempo y pH establecidos para los tratamientos a diferentes concentraciones de *Saccharomyces cerevisiae*.

| Parámetros | Valores |
|--------------------------|---------|
| Temperatura. | |
| Revoluciones por minuto. | |
| Tiempo | |

Anexo 2: Métodos de recolección de muestras en campo y tratamientos en laboratorio.

A. Muestreo de efluentes mineros.

Para la recolección del efluente minero se realizaron viajes a la localidad de Shorey, distrito de Quiruvilca, La Libertad; se tuvo como punto de muestreo las siguientes coordenadas UTM: X= 795570.00 mE, Y= 9113714.00 mS en el que se procedió la toma de 15 litros de muestra de la siguiente manera:

Antes del muestreo:

- Verificamos todos los materiales que se van a utilizar antes, durante y después del muestreo: Cooler, frascos de plástico y vidrio, guantes descartables, mascarillas, GPS, cámara fotográfica, agua destilada, etiquetas, registro de datos de campo, cadena custodia, mapas, zapatos de seguridad, guardapolvo, lentes de seguridad, lapiceros, cintas adhesivas, papel, entre otros materiales de campo.
- La persona que realizó el muestreo, usó todo su EPI (equipo de protección individual) mencionados anteriormente.
- Se realizó el reconocimiento del entorno donde se va a realizar el muestreo.
- Se codificó georreferencialmente el punto de muestreo con un GPS mediante coordenadas UTM en estándar geodésico WGS84.

Durante el muestreo:

- Se procedió a rotular y etiquetar los frascos donde se recolectó el efluente.
- Se retiró la tapa y contratapa del recipiente sin tocar la parte interna de los frascos.
- Se enjuagó como mínimo dos veces los frascos con agua destilada.
- Se tomó el recipiente por debajo del cuello, y se sumergió en dirección opuesta al caudal del efluente minero.
- Se consideró un espacio alrededor del 1% aproximadamente de la capacidad del envase, para evitar que se derrame al momento de cerrarlo.

Después del muestreo:

- Se colocó la muestra en un cooler en forma vertical debidamente embalados y se conservó con un ice pack a una temperatura que oscile los 3 °C y 5 °C.
- Se transportaron las muestras a la ciudad de Trujillo al Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Cesar Vallejo – sede Moche para sus respectivos tratamientos y análisis.

- Se realizó un análisis de línea base al efluente para ver las condiciones en la que se encuentra.

Nota: Si el caudal del efluente es menor a 5 m de profundidad, la toma de muestra fue superficial.

B. Recolección, caracterización y tratamiento de levadura *Saccharomyces cerevisiae* residual en lías de fermentación.

Sobre la recolección:

- Para la recolección de la lías de fermentación con levadura residual de *Saccharomyces cerevisiae*, viajamos a la ciudad de Cascas, provincia de Gran Chimú La Libertad.
- La empresa vinícola “Don Manuelito” puso a nuestra disposición sus residuos levadura desechada luego de su proceso de fermentación.
- Para la toma de muestra de levadura residual se consideró mascarillas tapa boca, guantes de látex, casco de seguridad, lentes, etc.
- Para la toma de levadura residual se utilizó 1 frasco de primer de vidrio de 2 litros, hasta llenar aproximadamente el 90% de su capacidad.
- Las muestras se refrigeraron en un “Cooler” a 3 °C y 5 °C aproximadamente hasta su tratamiento de secado.

Sobre la caracterización:

- Se utilizó el laboratorio de microbiología de la sede de Moche de la Universidad César Vallejo – Trujillo.
- Se utilizó guardapolvo, guantes de látex y mascarillas tapa boca.
- Para el inicio de la caracterización por conteo de unidades formadas de colonias UFC se esterilizaron los materiales necesarios como placas Petri, pipetas, probetas, etc.
- Con los materiales esterilizados se procedió a realizar análisis de pH, porcentaje de humedad, porcentaje de biomasa, y recuento en placa de *Saccharomyces cerevisiae*.
- Se utilizó el pH-metro para evaluar el grado de pH que presenta cada muestra.
- El porcentaje de humedad de la muestra fue determinado mediante la diferencia de

pesos antes y después del proceso de secado de la muestra en la estufa a 105 °C por 5 horas en 3 muestras de 3g, 5g y 10g cada una.

- Se consideró como porcentaje de biomasa al peso resultante después del proceso de secado.
- Para la identificación de microorganismos por conteo de Unidades Formadas de Colonias en placas se aplicó Agar Saburoad.
- Las diluciones en las que se inoculó las placas fueron en 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} y 10^{-5} para las placas de Agar Saburoad.

Sobre el tratamiento de secado:

- Los residuos de levadura “lías de fermentación” contenidos en frascos de vidrio esterilizados fueron tamizados para separar los cuerpos solidos del residuo, tales como pepas, cascaras, etc.
- Después de la separación, los residuos de lías de fermentación fueron lavados con agua destilada 2 veces.
- Luego de haber lavado la levadura, el cuerpo acuoso resultante se dejó reposar para que el material suspendido precipite y forme una capa debajo del envase que lo contenía.
- Finalmente se procedió a decantar y separar ambas fases del envase, obteniendo el residuo que queda precipitado el cual se sometió a un periodo de deshidratación, 70 °C por 24 horas.
- El material de levadura seca de *Saccharomyces cerevisiae* se mantuvo en frascos de vidrio herméticamente cerrados a temperatura ambiente hasta su utilización para los respectivos tratamientos de efluentes.

Anexo 3: Adsorción de metales pesados por *Saccharomyces cerevisiae* seca inerte.

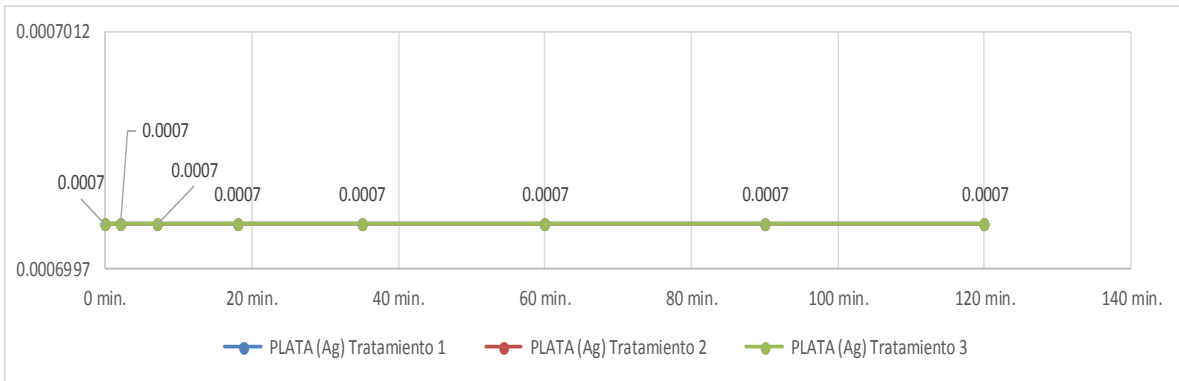


Figura 6. Adsorción de plata (Ag)

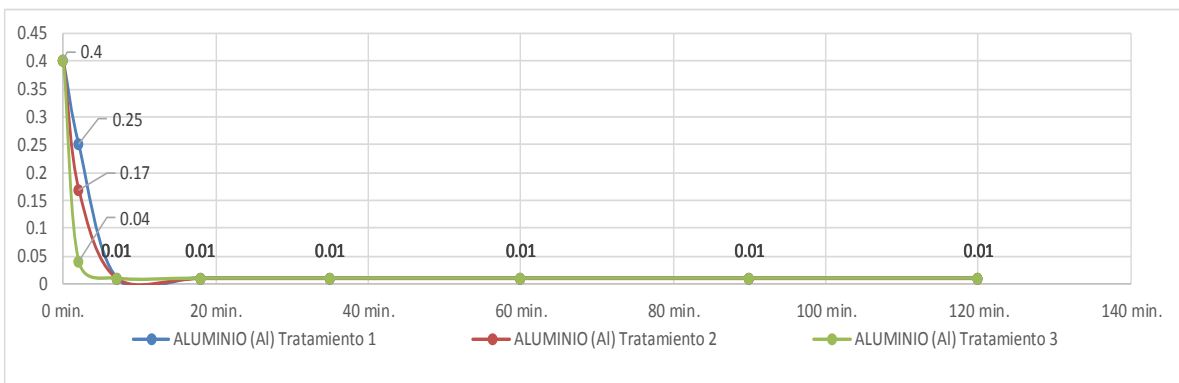


Figura 7. Adsorción de aluminio (Al)

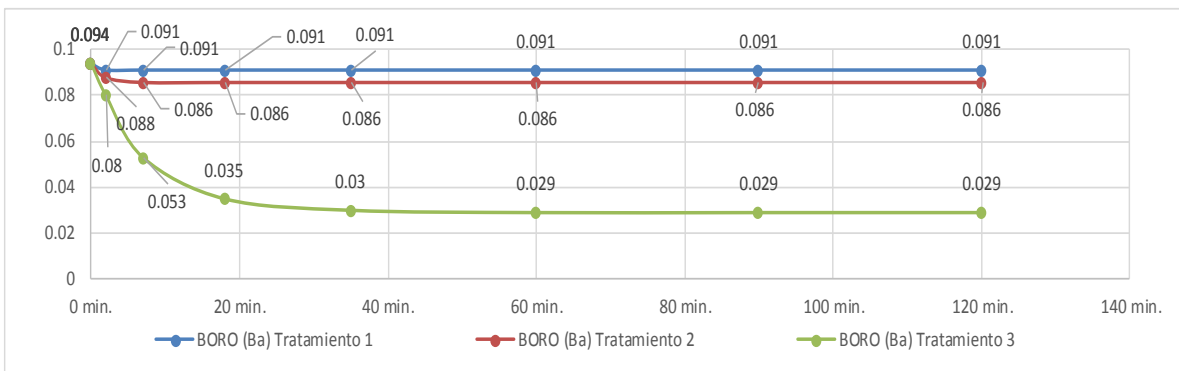


Figura 8. Adsorción de boro (B).

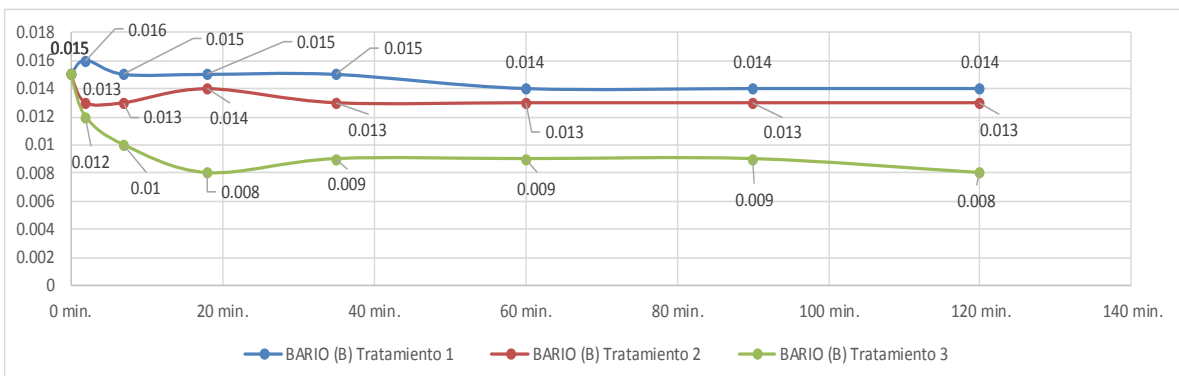


Figura 9. Adsorción de bario (Ba).

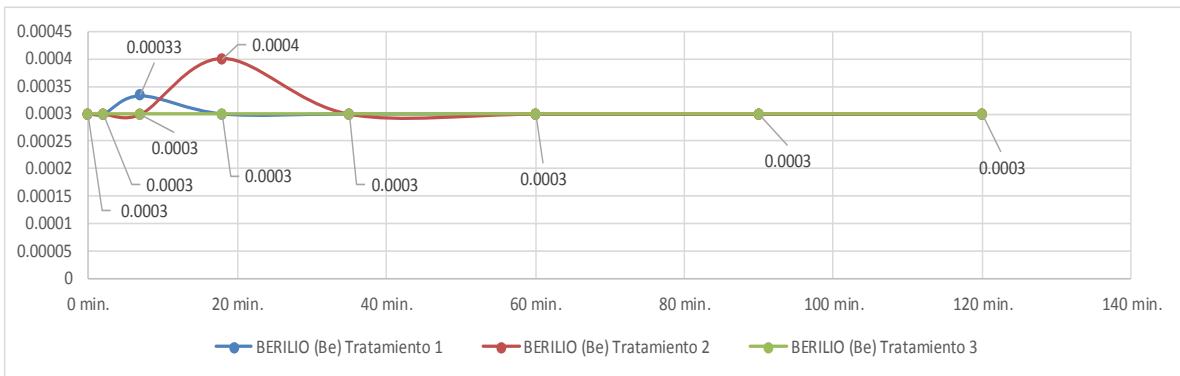


Figura 10. Adsorción de berilio (Be).

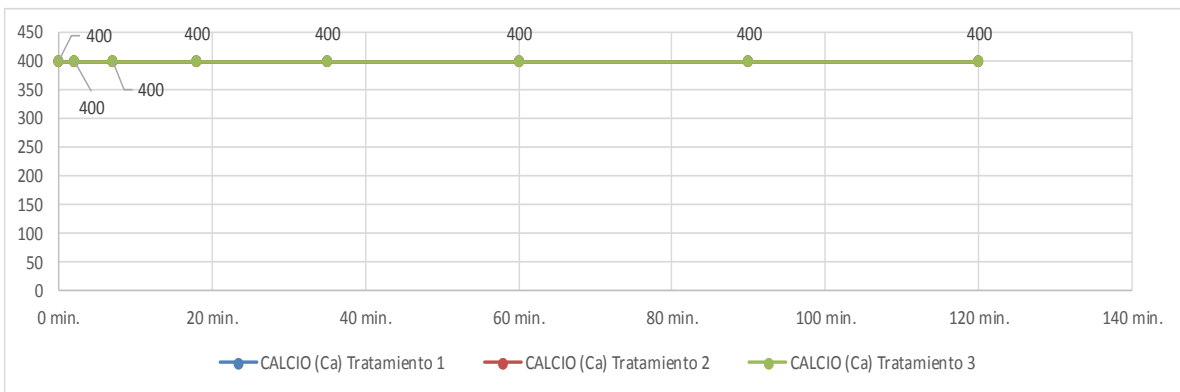


Figura 11. Adsorción de calcio (Ca).

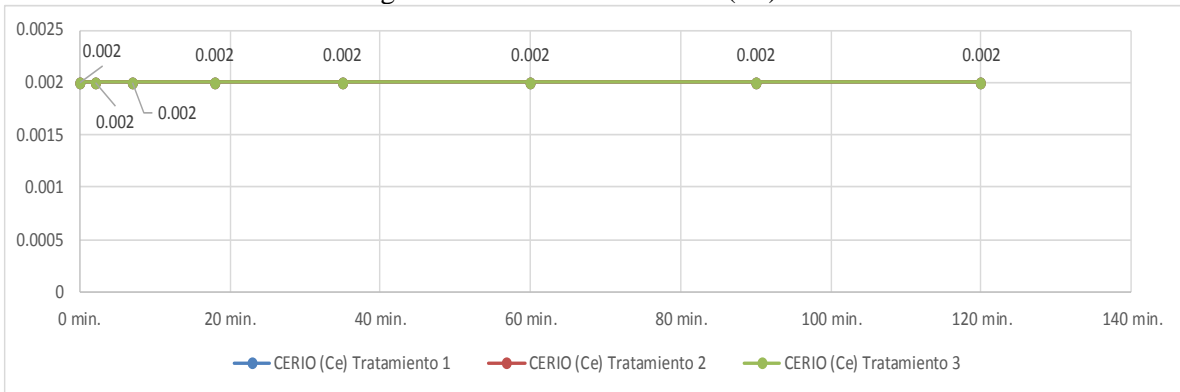


Figura 12. Adsorción de cerio (Ce).

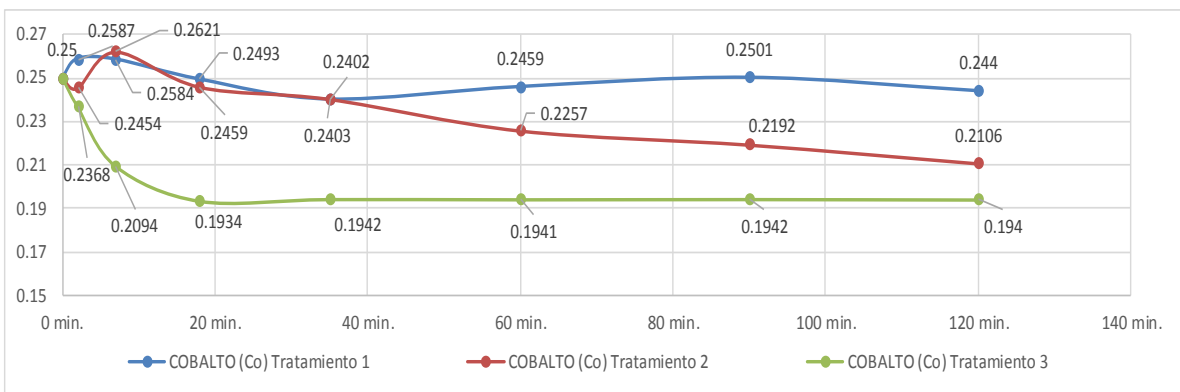


Figura 13. Adsorción de cobalto (Co).

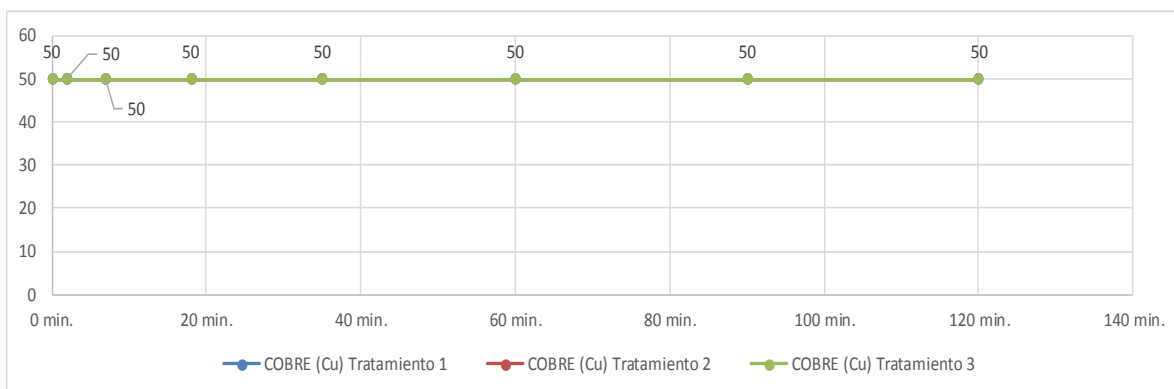


Figura 14. Adsorción de cobre (Cu).

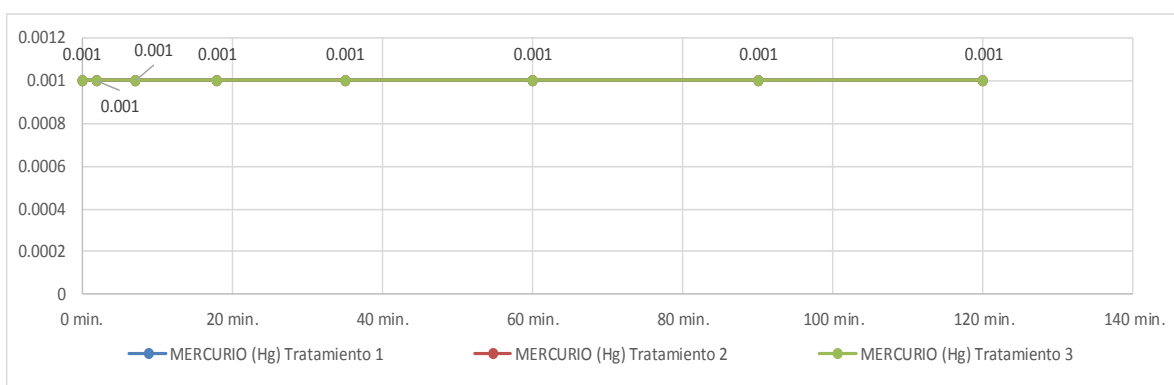


Figura 15. Adsorción de mercurio (Hg).

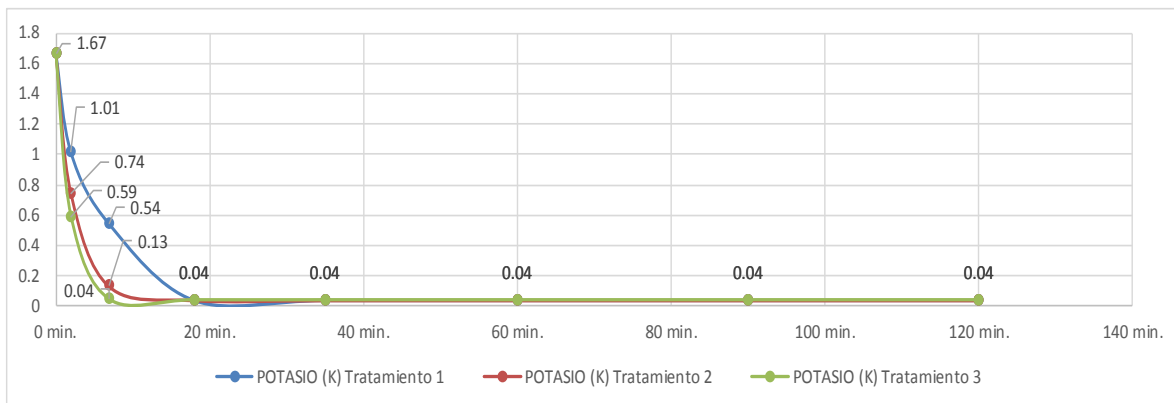


Figura 16. Adsorción de potasio (K).

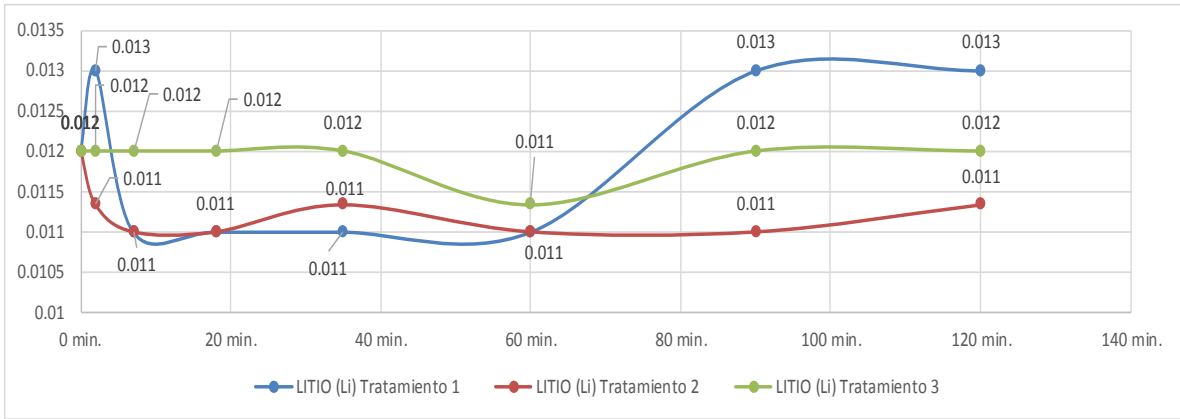


Figura 17. Adsorción de litio (Li).

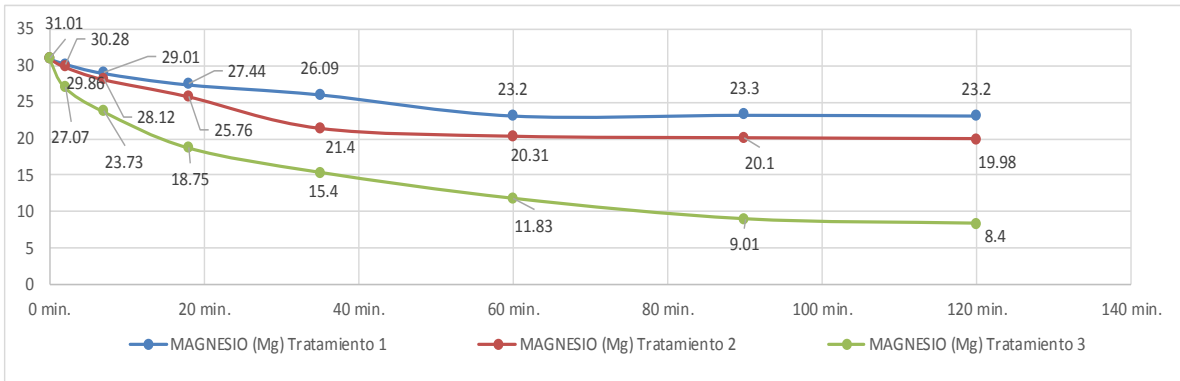


Figura 18. Adsorción de magnesio (Mg).

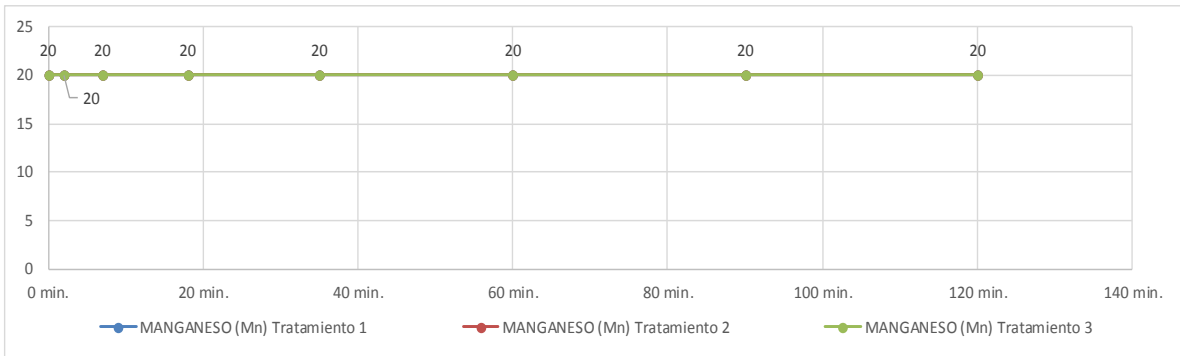


Figura 19. Adsorción de manganeso (Mn).

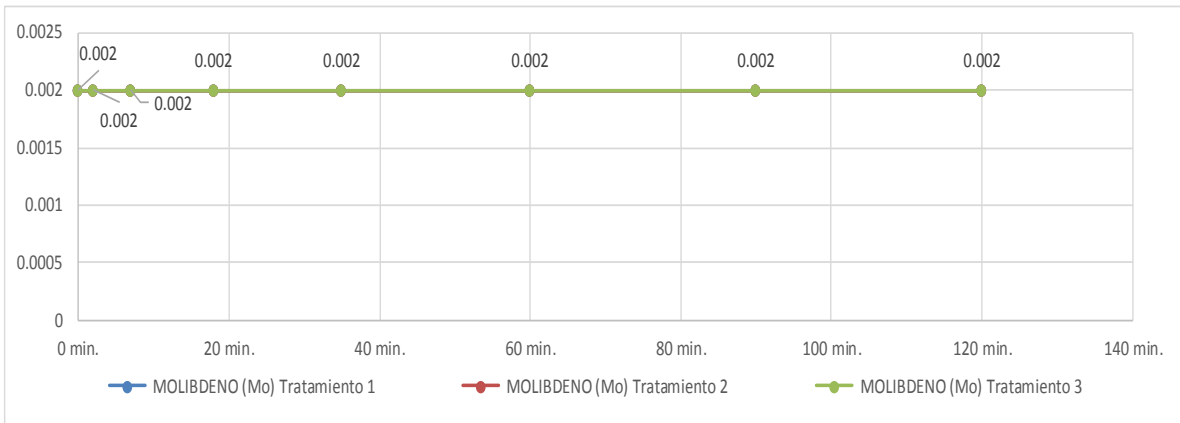


Figura 20. Adsorción de molibdeno (Mb).

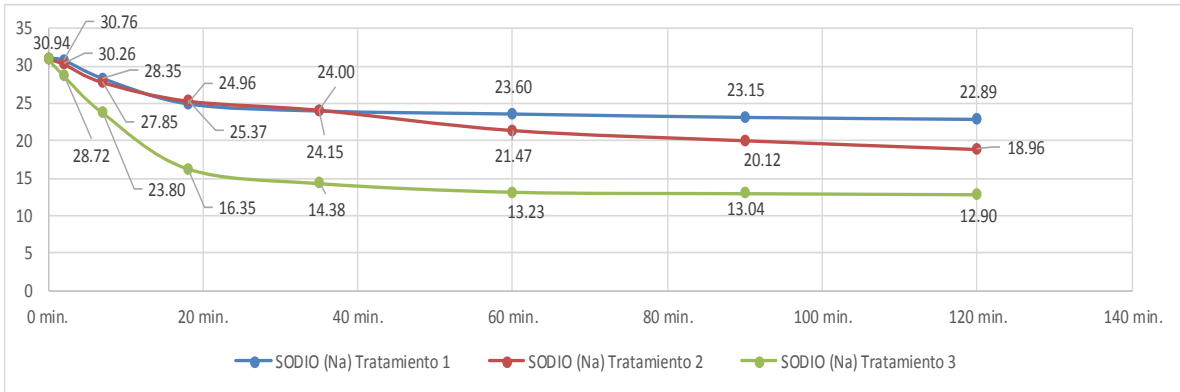


Figura 21. Adsorción de sodio (Na).

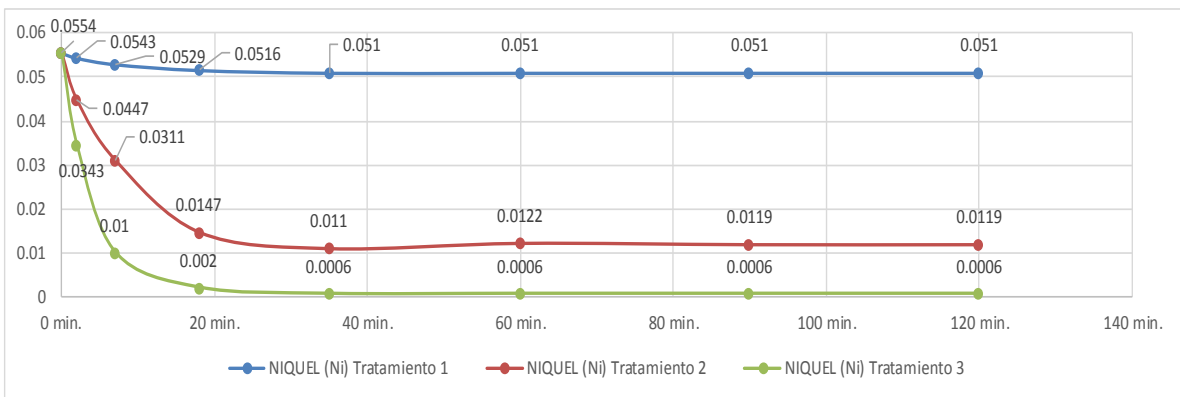


Figura 22. Adsorción de níquel (Ni).

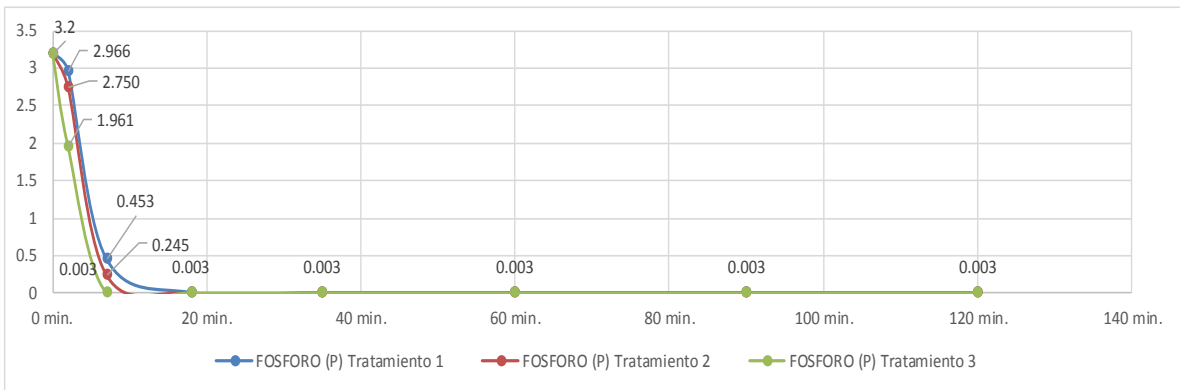


Figura 23. Adsorción de fósforo (P)

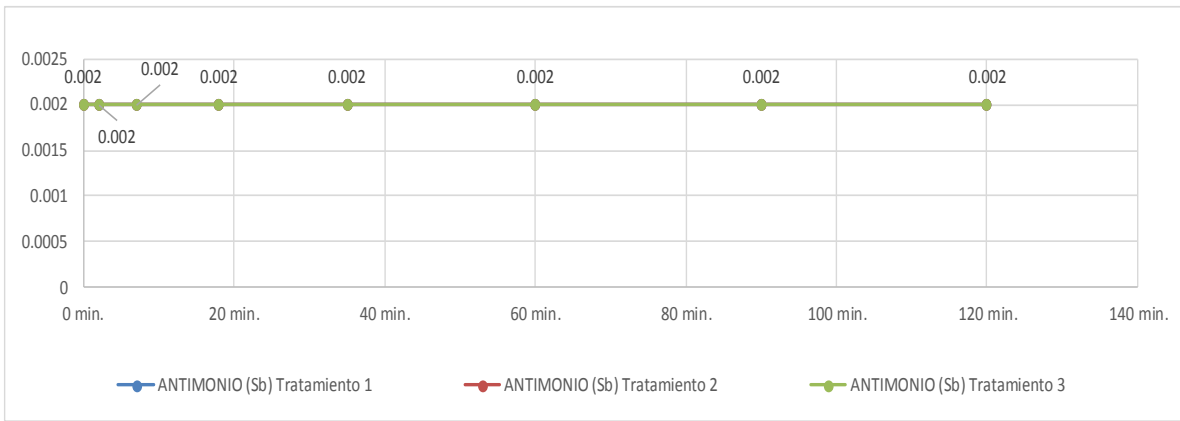


Figura 24. Adsorción de antimonio (Sb).

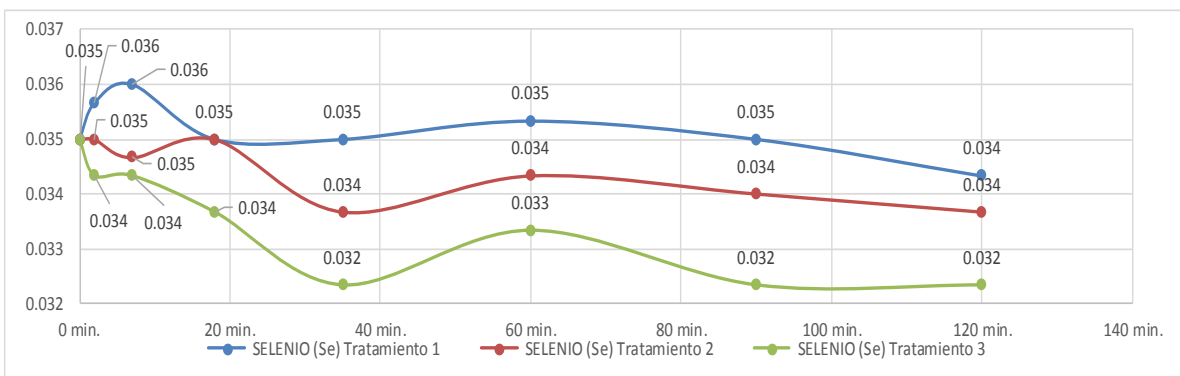


Figura 25. Adsorción de Selenio (Se).

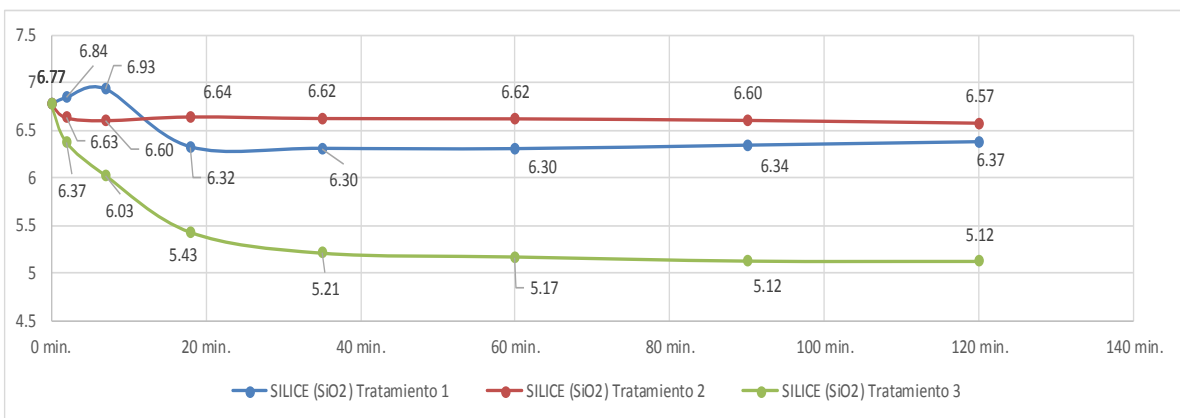


Figura 26. Adsorción de sílice (Si).

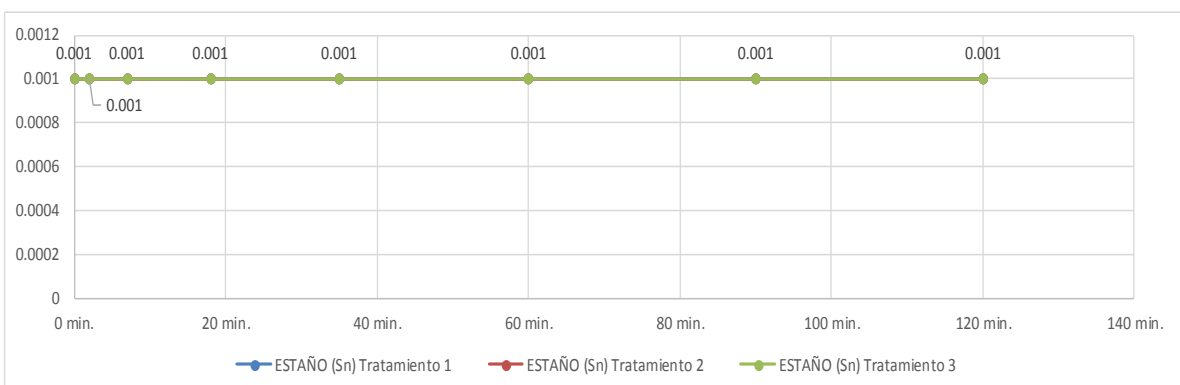


Figura 27. Adsorción de estaño (Sn).

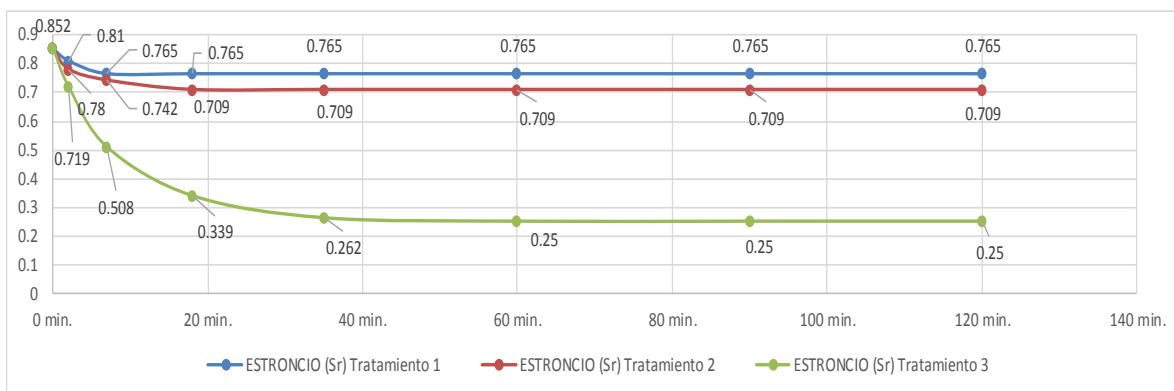


Figura 28. Adsorción de estroncio (Sr).

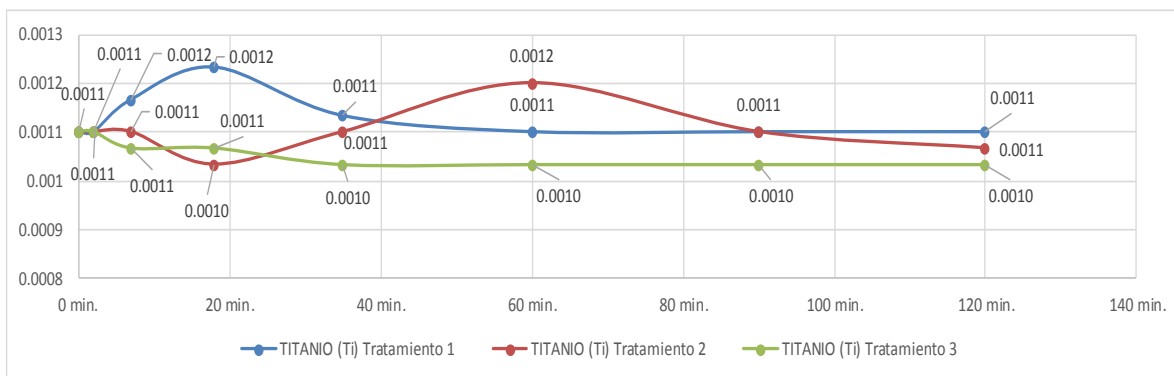


Figura 29. Adsorción de titanio (Ti).

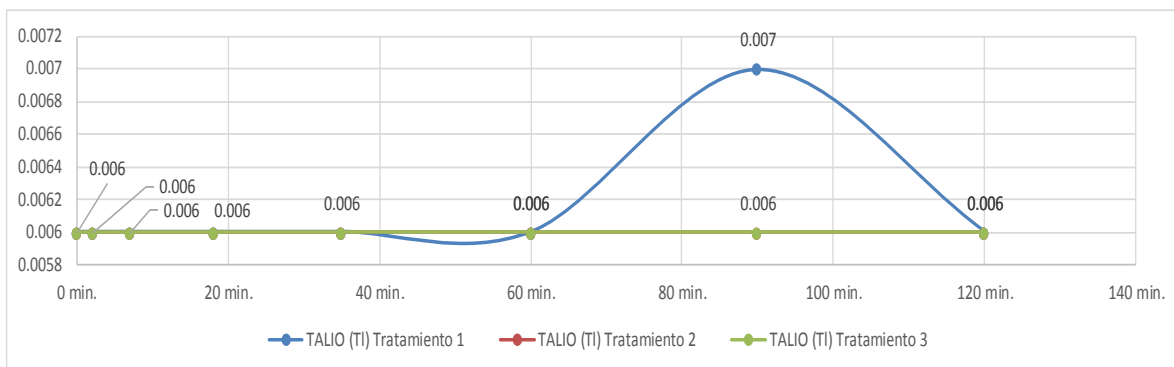


Figura 30. Adsorción de talio (Tl)

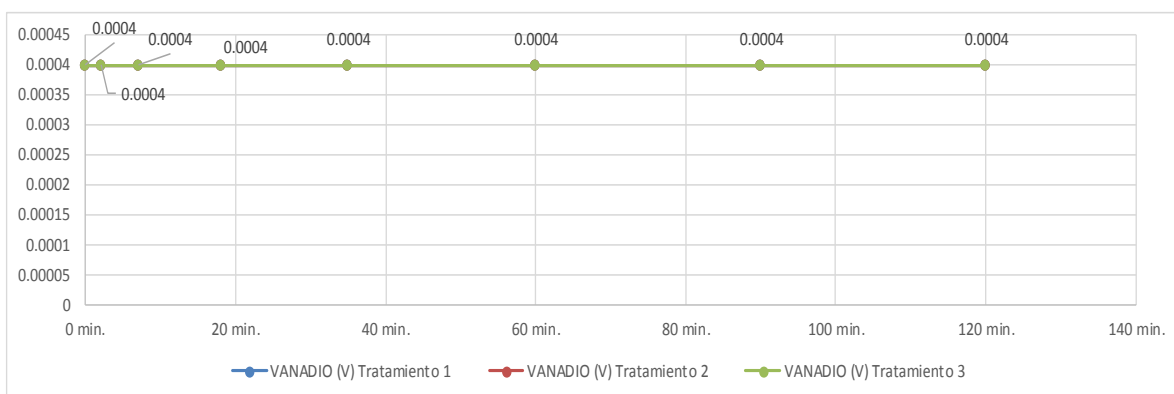


Figura 31. Adsorción de vanadio (V).

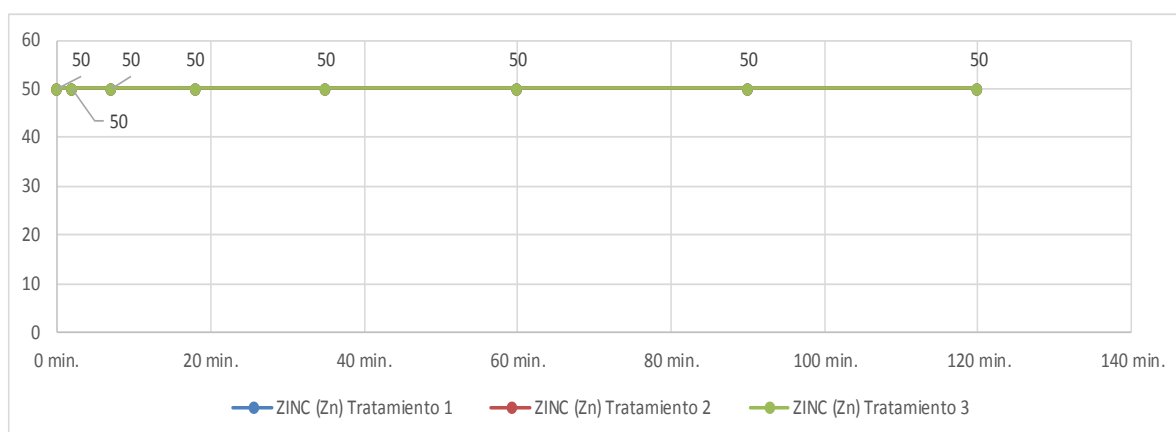


Figura 32. Adsorción de zinc (Zn).

Anexo 4: Tablas estadísticas.

Tabla 8. Pruebas de normalidad (Shapiro Wilk)

| Metales | Tratamiento | Shapiro-Wilk | | |
|----------|-------------|--------------|----|-------|
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| Aluminio | 1 | . | 3 | . |
| | 2 | . | 3 | . |
| | 3 | . | 3 | . |
| Arsénico | 1 | . | 3 | . |
| | 2 | . | 3 | . |
| | 3 | . | 3 | . |
| Boro | 1 | . | 3 | . |
| | 2 | ,964 | 3 | ,635 |
| | 3 | 1,000 | 3 | 1,000 |
| Bario | 1 | 1,000 | 3 | ,999 |
| | 2 | 1,000 | 3 | ,999 |
| | 3 | 1,000 | 3 | ,999 |
| Cadmio | 1 | . | 3 | . |
| | 2 | ,958 | 3 | ,604 |
| | 3 | . | 3 | . |
| Cobalto | 1 | ,794 | 3 | ,100 |
| | 2 | ,996 | 3 | ,878 |
| | 3 | ,893 | 3 | ,363 |
| Cromo | 1 | ,750 | 3 | ,000 |
| | 2 | ,964 | 3 | ,637 |
| | 3 | . | 3 | . |
| Hierro | 1 | ,964 | 3 | ,637 |
| | 2 | ,888 | 3 | ,349 |

| | | | | |
|-----------|---|-------|---|-------|
| | 3 | ,964 | 3 | ,637 |
| Potasio | 1 | . | 3 | . |
| | 2 | . | 3 | . |
| | 3 | . | 3 | . |
| Litio | 1 | ,750 | 3 | ,000 |
| | 2 | ,750 | 3 | ,000 |
| | 3 | . | 3 | . |
| Magnesio | 1 | . | 3 | . |
| | 2 | ,998 | 3 | ,915 |
| | 3 | ,885 | 3 | ,339 |
| Sodio | 1 | ,953 | 3 | ,583 |
| | 2 | 1,000 | 3 | 1,000 |
| | 3 | . | 3 | . |
| Níquel | 1 | 1,000 | 3 | 1,000 |
| | 2 | . | 3 | . |
| | 3 | . | 3 | . |
| Fosforo | 1 | . | 3 | . |
| | 2 | . | 3 | . |
| | 3 | . | 3 | . |
| Plomo | 1 | . | 3 | . |
| | 2 | . | 3 | . |
| | 3 | . | 3 | . |
| Selenio | 1 | ,750 | 3 | ,000 |
| | 2 | ,750 | 3 | ,000 |
| | 3 | ,750 | 3 | ,000 |
| Sílice | 1 | ,835 | 3 | ,202 |
| | 2 | ,925 | 3 | ,472 |
| | 3 | 1,000 | 3 | ,981 |
| Estroncio | 1 | ,985 | 3 | ,763 |
| | 2 | ,844 | 3 | ,225 |
| | 3 | ,999 | 3 | ,942 |
| Titanio | 1 | . | 3 | . |
| | 2 | ,750 | 3 | ,000 |
| | 3 | ,750 | 3 | ,000 |

1

¹ Los filas resaltadas son de los metales que están descritos en el D.S. 010 – MINAM, Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de actividades minero metalúrgicas.

Tabla 9. Prueba de Homogeneidad de los resultados que presentan distribución de datos

| PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS AL 95% | | |
|-------------------------------------------------------|--------------|---------------|
| METAL | VALOR | ESTADO |
| Boro | 0.2520 | Homogéneo |
| Bario | 1.000 | Homogéneo |
| Cadmio | Incalculable | - |
| Cobalto | 0.541 | Homogéneo |
| Cromo | 0.536 | Homogéneo |
| Hierro | 0.273 | Homogéneo |
| Litio | 0.533 | Homogéneo |
| Magnesio | 0.355 | Homogéneo |
| Sodio | 0.552 | Homogéneo |
| Níquel | Incalculable | - |
| Selenio | 0.897 | Homogéneo |
| Sílice | 0.591 | Homogéneo |
| Estroncio | 0.264 | Homogéneo |
| Titanio | 0.630 | Homogéneo |

Tabla 10. Método Tukey aplicados a los metales que presentan diferencias significativas en los tratamientos aplicados.

| Metales | Medias | Diferencia de Medias | Mejor Tratamiento |
|---------------------|---------------|-----------------------------|--------------------------|
| Boro (B) | T3 0.691 | A | |
| | T2 0.103 | B | Tratamiento 3 (T3) |
| | T1 0.032 | C | |
| Bario (Ba) | T3 0.467 | A | |
| | T2 0.067 | B | Tratamiento 3 (T3) |
| | T1 0.067 | B | |
| Cadmio (Cd)* | T3 1.000 | A | |
| | T2 0.838 | B | Tratamiento 3 (T3) |
| | T1 0.613 | C | |
| Cobalto (Co) | T3 0.224 | A | |
| | T2 0.158 | B | Tratamiento 3 (T3) |
| | T1 0.024 | C | |
| Cromo (Cr)* | T3 0.75 | A | |
| | T2 0.521 | A | Tratamiento 3 (T3) |
| | T1 0.188 | B | |

| | | | | | |
|---------------------------------|----|-------|---|---|--------------------|
| Hierro (Fe)* | T3 | 0.869 | A | | |
| | T2 | 0.662 | | B | Tratamiento 3 (T3) |
| | T1 | 0.445 | | C | |
| Magnesio (Mg) | T3 | 0.729 | A | | |
| | T2 | 0.356 | | B | Tratamiento 3 (T3) |
| | T1 | 0.252 | | C | |
| Sodio (Na) | T3 | 0.583 | A | | |
| | T2 | 0.387 | | B | Tratamiento 3 (T3) |
| | T1 | 0.26 | | C | |
| Níquel (Ni) | T3 | 0.989 | A | | |
| | T2 | 0.785 | | B | Tratamiento 3 (T3) |
| | T1 | 0.079 | | C | |
| Sílice (SiO₂) | T3 | 0.244 | A | | |
| | T2 | 0.059 | | B | Tratamiento 3 (T3) |
| | T1 | 0.029 | | C | |
| Estroncio (Sr) | T3 | 0.707 | A | | |
| | T2 | 0.168 | | B | Tratamiento 3 (T3) |
| | T1 | 0.102 | | C | |

Tabla 11. Prueba de significancia Kruskal Wallis (confiabilidad 95%)

| Metales | Significancia | Estado |
|----------------|---------------|-------------------|
| Litio | 0,29178 | No hay diferencia |
| Selenio | 0,10443 | No hay diferencia |
| Titanio | 0,06081 | No hay diferencia |

Tabla 12. Miligramos de metales adsorbidos por los tratamiento de *Saccharomyces cerevisiae*

| METALES | mg adsorbidos T1 | mg adsorbidos T2 | mg adsorbidos T3 |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Plata (Ag) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Aluminio (Al) | 0.0975 | 0.0975 | 0.0975 |
| Arsénico (As) | 0.0068 | 0.0068 | 0.0068 |
| Boro (B) | 0.0007 | 0.0024 | 0.0163 |
| Bario (Ba) | 0.0003 | 0.0003 | 0.0018 |
| Berilio (Be) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Calcio (Ca) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Cadmio (Cd) | 0.3112 | 0.4250 | 0.5073 |
| Cerio (Ce) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

| | | | |
|----------------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Cobalto (Co) | 0.0015 | 0.0099 | 0.0140 |
| Cromo (Cr) | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 |
| Cobre (Cu) | INDETERMINADO | INDETERMINADO | INDETERMINADO |
| Hierro (Fe) | 1.0040 | 1.4915 | 1.9593 |
| Mercurio (Hg) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Potasio (K) | 0.4075 | 0.4075 | 0.4075 |
| Litio (Li) | -0.0003 | 0.0002 | 0.0000 |
| Magnesio (Mg) | 1.9525 | 2.7575 | 5.6525 |
| Manganeso (Mn) | INDETERMINADO | INDETERMINADO | INDETERMINADO |
| Molibdeno (Mo) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Sodio (Na) | 2.0117 | 2.9950 | 4.5100 |
| Níquel (Ni) | 0.0011 | 0.0109 | 0.0137 |
| Fósforo (P) | 0.7993 | 0.7993 | 0.7993 |
| Plomo (Pb) | 0.1127 | 0.1127 | 0.1127 |
| Antimonio (Sb) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Selenio (Se) | 0.0002 | 0.0003 | 0.0007 |
| Silice (SiO ₂) | 0.0992 | 0.0492 | 0.4125 |
| Estaño (Sn) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Estroncio (Sr) | 0.0218 | 0.0358 | 0.1505 |
| Titanio (Ti) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Talio (Tl) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Vanadio (V) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Zinc (Zn) | INDETERMINADO | INDETERMINADO | INDETERMINADO |
| TOTAL | 6.8275 mg | 9.2017 mg | 14.6624 mg |

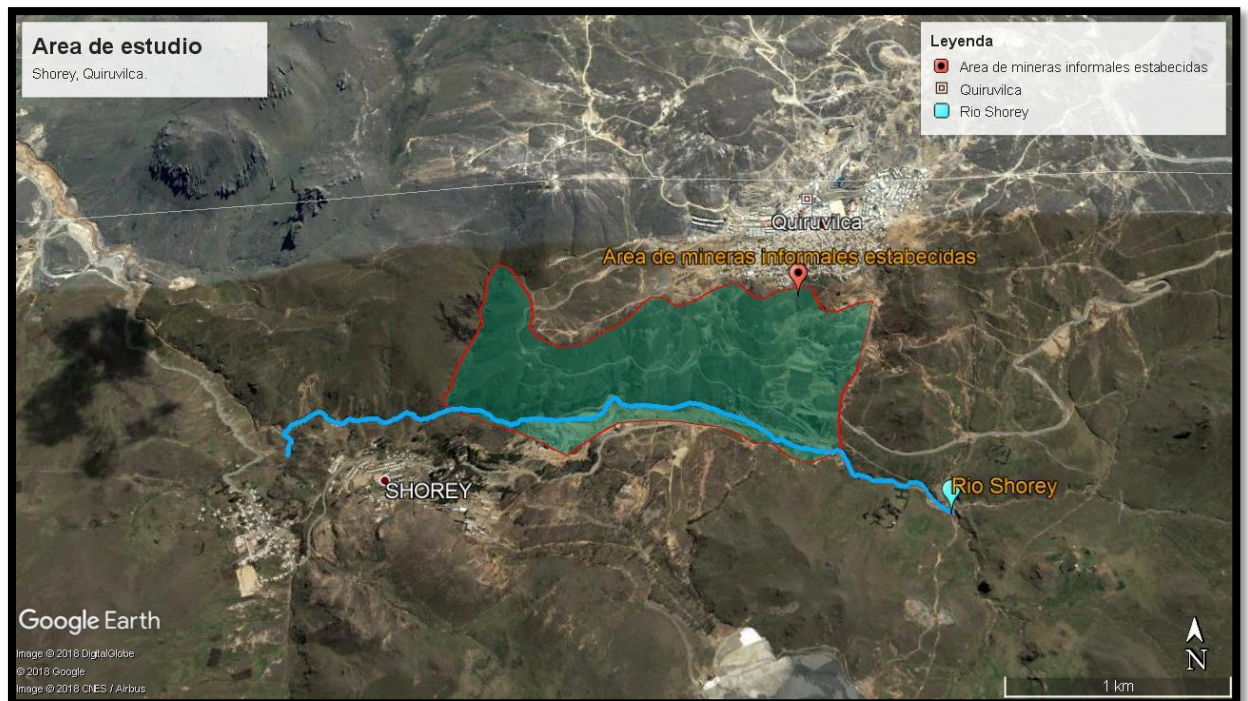
Anexo 5: Panel fotográfico.

Ubicación de la localidad de Shorey.



Fuente: Google Earth.

Área de la minería informal establecida en la localidad de Shorey.



Fuente: Google Earth.

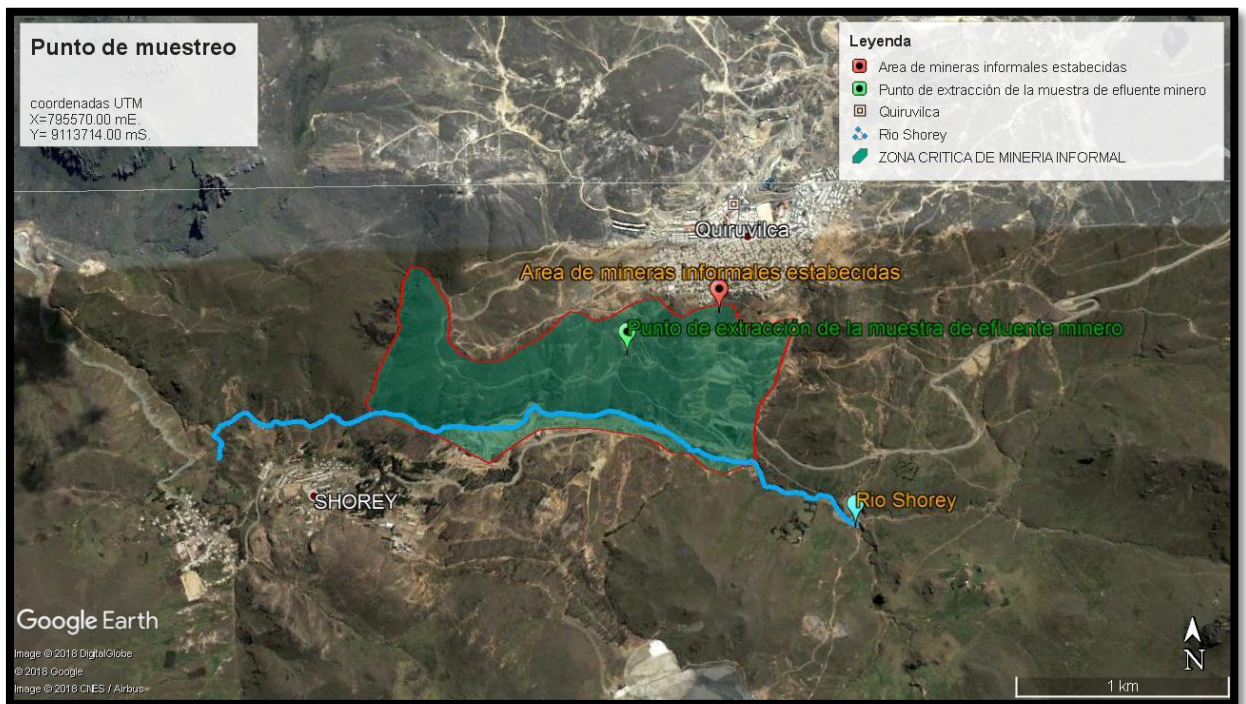
Morfología de *Saccharomyces c.*



Colonias de *Saccharomyces c.* en medio de cultivo.

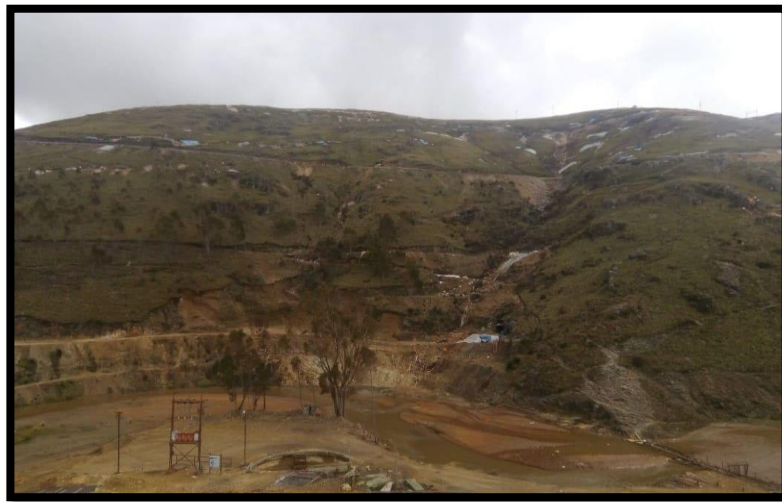


Punto de muestreo del efluente.



Fuente: Google Earth.

Visita a la localidad de Shorey.

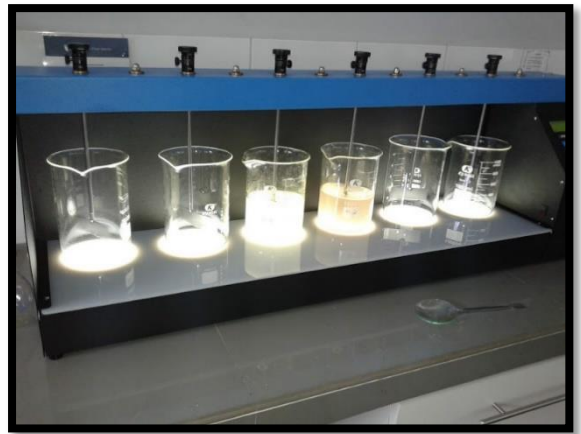
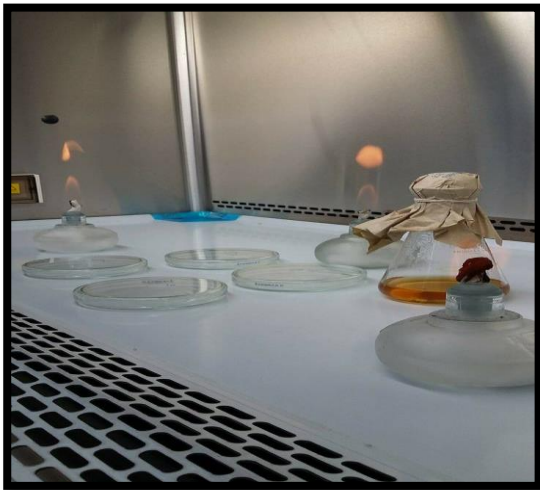


Caracterización de la levadura y análisis del efluente en el laboratorio de Biotecnología de la UCV.





Caracterización de la levadura y análisis del efluente en el laboratorio de Biotecnología de la UCV.





Límites Máximos Permisibles (LMP) de metales pesados para la industria minera y metalúrgica - Decreto Supremo 010-2010 Ministerio del Ambiente.

| LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--|-----------------------------|-------------------------------|
| Parámetro | Unidad | | Límite en cualquier momento | Límite para el Promedio anual |
| pH | | | 6 - 9 | 6 - 9 |
| Sólidos Totales en Suspensión | en mg/L | | 50 | 25 |
| Aceites y Grasas | mg/L | | 20 | 16 |
| Cianuro Total | mg/L | | 1 | 0,8 |
| Arsénico Total | mg/L | | 0,1 | 0,08 |
| Cadmio Total | mg/L | | 0,05 | 0,04 |
| Cromo Hexavalente(*) | mg/L | | 0,1 | 0,08 |
| Cobre Total | mg/L | | 0,5 | 0,4 |
| Hierro (Disuelto) | mg/L | | 2 | 1,6 |
| Plomo Total | mg/L | | 0,2 | 0,16 |
| Mercurio Total | mg/L | | 0,002 | 0,0016 |
| Zinc Total | mg/L | | 1,5 | 1,2 |