

## Eficiencia de *actinomyces* en la remoción de metales pesados presentes en suelos contaminados procedentes del distrito de Quiruvilca

Efficiency of *actinomyces* in the removal of heavy metals present in contaminated soils from the district of Quiruvilca

Gianella Solano Silva<sup>1</sup> | Ing. Jose Alfredo Cruz Monzón<sup>2</sup>

### RESUMEN:

La utilización de microorganismos como técnica de restauración ha logrado obtener resultados sorprendentes al aumentar el vigor de los suelos consecuente de la actividad minera. Por ende, esta investigación tuvo como objetivo demostrar la eficiencia de la concentración de actinomyces sobre la remoción de metales pesados en suelos contaminados. El experimento se realizó en la Universidad Nacional de Trujillo. Estuvo constituido por dos tratamientos actinomyces + suelo contaminado y un control. Los resultados mostrados de la caracterización del suelo se realizó mediante el método de ICP – OES, obteniéndose 23 metales, de los cuales 4 de estos presentan altas concentraciones: plomo(Pb) 747.60, zinc(Zn) 2717.4, arsénico(As) 1120.1 y cobre(Cu) 357.3, estos resultados fueron los valores iniciales antes del tratamiento en donde se emplearon dos diferentes concentraciones:  $3 \times 10^7$  y  $6 \times 10^9$  en un periodo de tiempo de 12h, 24h y 36h para evaluar la remoción de metales pesados presentes en suelo contaminado en los diferentes tratamientos. Se concluye que el tratamiento actinomyces + suelo contaminado se obtuvieron las mejores respuestas, demostrando que hubo mayor eficiencia a las 36h a una concentración de  $6 \times 10^9$  UFC/ml, siendo este el valor máximo de remoción Zn (77.41%), As (48.79%) y Pb (33.1%), y como valor mínimo Cu (7.54%).

**Palabras claves:** Biorremediación, Metales pesados, Inóculo, *Actinomyces*.

### ABSTRACT:

The use of microorganisms as a restoration technique has achieved surprising results by increasing the vigor of the soil resulting from mining activity. The objective of this research was to demonstrate the efficiency of the concentration of Actinomyces on the removal of heavy metals in contaminated soils.

The experiment was carried out at the National University of Trujillo. It was constituted by two actinomyces treatments + contaminated soil and one control. The results showed of the characterization of the soil was carried out by means of the ICP - OES method, obtaining 23 metals, of which 4 of them present high concentrations: lead (Pb) 747.60, zinc (Zn) 2717.4, arsenic (As) 1120.1 and copper (Cu) 357.3, these results were the initial values before the treatment in which two different concentrations were used:  $3 \times 10^7$  and  $6 \times 10^9$  in a period of time of 12h, 24h and 36h to evaluate the removal of heavy metals present in contaminated soil in the different treatments. It is concluded that the actinomyces treatment + contaminated soil obtained the best responses, showing that there was greater efficiency at 36h at a concentration of  $6 \times 10^9$  UFC/ml, this being the maximum removal value Zn (77.41%), As (48.79%) and Pb (33.1%), and as a minimum value Cu (7.54%).

**Key words:** Bioremediation, Heavy metals, Inoculum, *Actinomyces*.

<sup>1</sup> Universidad César Vallejo - Estudiante de Ingeniería Ambiental.  
E-mail: reyssisolano@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad César Vallejo - Docente y asesor de Ingeniería Ambiental.  
E-mail: jacruz@ucvvirtual.edu.pe

## 1. INTRODUCCIÓN:

La contaminación por metales pesados se genera a partir de la aplicación de agroquímicos, riego de aguas residuales con altas concentraciones de Cd, Cu, Cr, Mg, Hg, Ni, Pb y Zn, complementario a esto es el desinterés por conservar el medio ambiente por parte del estado, lo que indica una sobreexplotación de los recursos naturales asociado a los metales pesados que son nocivos para los ecosistemas y áreas agrícolas. Es por ello, que la biorremediación es una técnica que permite eliminar o inmovilizar contaminantes lo que hace de esta técnica una alternativa viable que transforma y degrada a niveles mínimos por emplear microorganismos que mejoran las condiciones fisicoquímicas del suelo, calidad para que de esta manera se esté contribuyendo al crecimiento y productividad del suelo. (Benavides et al., 2006, p.51). En la presente investigación se empleó actinomicetos para la remoción de metales pesados ya que tienen la capacidad de retener nitrógeno, permitiendo adaptarse mediante un intercambio gaseoso, lo que facilita el crecimiento de la bacteria y por ende la remoción de metales pesados.

Cuando las actividades de minería y fundición implican la obtención de minerales, a partir de la etapa preliminar, el traslado de los residuos y la disposición de los productos semi – procesados, atribuye a que las operaciones ejecutadas puedan producir una contaminación por la presencia de metales, a su vez el polvo que se genera puede ser precipitado en los suelos a incontables kilómetros de distancia. (Guzmán, 2007, p. 53).

Los actinomicetos son actinobacterias Gram positivas, las cuales están presentes en el medio ambiente, y tienen propiedades quitinolíticas, debido a su alto contenido de guanina y citosina dentro de su DNA, esto las diferencia de otras bacterias y hongos Gram positivas. (Arroyo, 2002, p. 60). Parte del rendi-

miento en su crecimiento dependerá de la temperatura entre 25°C a 30°C, no obstante, al ser expuesta a temperaturas mayores a 55°C solo algunas especies se adaptan, entre ellas tenemos: *Streptomyces sp*, *Thermoactinomyces sp* y *Thermomonospora sp*, pero existe el riesgo que al ser expuestas pueden ser dañadas por la presencia de humedad. (Adegboye et al, 2012, p. 42). El periodo de incubación de la bacteria expuesto a un medio sólido tarda entre 3 a 4 días, pero dependiendo de las condiciones en que la bacteria se encuentra, por lo que en otros casos este proceso suele tardar de 7 a 14 días para el desarrollo de micelos aéreos maduros con esporas. (Bergey, 2000, p. 73). Como la remoción de metales sucede por la capacidad metabólica que ejerce el actinomiceto, debido a sus enzimas extracelulares las cuales generan (ligninolíticas e hidrolíticas), haciendo que la capacidad de esta bacteria asimile gran parte del compuesto a degradar o descomponer aquellas sustancias recalcitrantes derivadas del compuesto contaminante procedente de la muestra de suelo contaminado. (Sylvia et al., 2005, p. 35). Considerando que dentro de los procesos de biorremediación de ambientes contaminados con metales pesados, que consiste en agregar bacterias con capacidad biodegradante a las que se les agregan sustancias nutritivas para propiciar su crecimiento, entre las cuales se encuentra: agar nutritivo, agar sangre, entre otros, de allí que nace la inquietud de conocer cómo es que influye la concentración de actinomicetos en la remoción de metales pesados presentes en suelos contaminados procedentes del distrito de Quiruvilca. A nivel internacional la contaminación del suelo que está expuesto a metales en el campo de la minería, como la realizada por Herrera, quien evaluó la tolerancia de diferentes especies como: *Bacillus lentus*, *Sphingomonas*, *Bacillus cereus* y *Actinomyces* removiendo los compuestos metálicos a partir de una cepa de *actinomyces*.

Por otro lado, Rueda et al., (2009, p. 5), también reporto que la capacidad de resistencia y detoxificación a partir de la aplicación del gen mer y actinomicetos, son eficientes ya que estimulan la biodegradación de metales, pues cuando se usó concentraciones  $3,68 \times 10^{-3}$  mM y 10 mM de HgCL<sub>2</sub>. Por lo que, la cepa KH7 resulto teniendo mayor resistencia al metal, evaluando un adecuado desarrollo en el crecimiento del microorganismo, lo que indica que estos resultados sugieren que el actinomiceto podría remover la mayoría del metal considerando el tiempo de exposición en el suelo, la temperatura y la concentración bacteriana.

Ugarte (2016, p.5), evaluó la capacidad lixiviante con 24 cepas de actinomicetos los cuales fueron aislados de relaves mineros y concentrados. Para ello, se utilizaron cepas en medio Almidón Caseína líquido 1/10 a diferentes niveles de pH, donde se aplicó hierro ferroso(10ppm) y tiosulfato de sodio(1g/L), el cual permitió que las cepas pudieran crecer a pH 7, obteniéndose como resultado 1% arsénico del relave que fueron solubilizadas por las cepas, mientras que la prueba de lixiviación a una concentración de 500 mL perteneciente a la cepa E1 y AB5 lixiviaron 16.61% y 13.45% del mismo metal, concluyendo que las cepas E1 y AB5 resultando ser eficientes para su adecuación en tratamientos con minerales siendo una alternativa viable para el tratamientos.

Pacheco (2016, p.20), evaluó la capacidad biofertilizante del actinomiceto en plantas frente a metales pesados, donde se utilizaron 24 cepas de actinomicetos aplicando pruebas bioquímicas en las cuales se seleccionaron 5 cepas del genero *Streptomyces* por su buen rendimiento, poniendo a prueba la aplicación de los tratamientos con semillas de *Lactuca sativa*(lechuga) y *Medicago sativa*(alfalfa) en, Cd Fe, Cu y Zn a 10, 50, 100 y 200 ppm, obte-

niéndose 80% de remoción de Zn a comparación del Cu con 15% en restauración de suelos contaminados por metales pesados.

Como se puede ver, existe mucho interés en la biorremediación de suelos contaminados por presencia de metales pesados y se han ensayado varios sustratos, en la que evaluaron la influencia del tiempo en el crecimiento del actinomiceto a diferentes concentraciones, encontrando que a mayor concentración  $6 \times 10^9$  se removio un 77%, mientras que a  $3 \times 10^7$  se obtuvo la menor producción.

En la presente investigación se propuso la aplicación de actinomicetos para remover los metales pesados presentes en suelos contaminados, como alternativa viable a fin de mejorar la calidad del suelo de Quiruvilca.

En esta investigación el principal beneficiado es el suelo, ya que restaurara parte de los efectos ocasionados por la minería; así mismo las empresas mineras que apliquen esta biotecnología, tendrán más posibilidades de que la empresa obtenga mejores resultados en el tratamiento de suelos producto de sus actividades.

Finalmente se abordó la aplicación del actinomiceto para remover el Pb, As, Cu, Zn presente en los suelos contaminados. Dicha experiencia, representa un gran aporte para tratamientos de suelo que ayudará a revisar y adaptar el protocolo del aislamiento y cultivo de diferentes bacterias que tengan esas características de remover y puedan ser aplicadas a otro tipo de suelo que haga vulnerable a los microorganismos y propiedades físicas y químicas.

Se planteó como objetivo general: Demostrar la eficiencia de la concentración de actinomicetos sobre la remoción de metales pesados presentes en suelos contaminados procedentes del distrito de Quiruvilca y como objetivos específicos; caracterizar los metales pesados presentes en la muestra de

de suelo procedente de Quiruvilca. Evaluar la capacidad de remoción de metales pesados por diferentes concentraciones de actinomicetos en suelos contaminados procedentes de Quiruvilca; Comparar los resultados evaluándolos estadísticamente con ANOVA.

## 2. MATERIAL Y MÉTODO:

### 2.1. Tipo de Investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada, cuantitativa y experimental.

### 2.2. Diseño de Investigación

Se utilizó un diseño experimental factorial, el cual cuenta con dos variables, una de ellas a 2 niveles y la otra a 3 niveles, con 3 repeticiones y con un grupo control, teniendo una relación causal multivariada, debido que existe relación entre la variable independiente y dependientes.

#### Variable Independiente:

- Eficiencia de Actinomicetos

#### Variable Dependiente:

- Remoción de metales pesados (mg/kg)

### 2.3. Población y Muestra

- **Población:** 1 hectárea de suelo de la boca mina codiciada.
- **Muestra:** 1.5 kg del suelo contaminado.
- **Unidad de análisis:** Suelo contaminado perteneciente a la compañía minera Quiruvilca.

### 2.4. Procedimiento

#### Muestreo en calicatas

Se realizó las excavaciones para remover el suelo y se procedió abrir calicatas de aproximadamente 10x10x30 cm por debajo del área de muestreo seleccionado y limpio.

Se usó una pala para quitar el espesor en donde se tomó la muestra.

En la toma de muestras para las pruebas de laboratorio se recolecto aproximadamente 3 kilogramos de suelo contaminado.

Las muestras fueron tomadas seleccionando el suelo más contaminado, lo que se evidencio por la coloración del mismo.

Posteriormente las muestras fueron empacadas en bolsas ziplock para ser transportadas al laboratorio.

#### Aislamiento de actinomicetos

Se utilizó la técnica del extendido en placa para el siguiente proceso:

Inicialmente se extrajo una muestra de suelo de jardín.

Se agregó 1 g de la muestra en un tubo de ensayo conteniendo solución salina estéril.

Se realizó diluciones entre 10<sup>-1</sup> y 10<sup>-6</sup> en una bacteria de tubos con 9ml de solución salina estéril.

De cada dilución se tomó 100 uL con una micropipeta y se vertio en placas con agar soya tripticasa (TSA).

Se verifico que la dilución este a pH 7 con NaOH 5M.

A partir de ello, se extendió en las 6 placas con una aza Drigalsky.

Incubar a 30°C por un tiempo de 24 a 72 horas hasta la aparición de colonias.

Para la identificación de actinomicetos:

De las colonias se seleccionaron los actinomicetos para observarlos al microscopio con tinción Gram.

Se saca con la aza bacteriológica del tubo de ensayo que contiene la bacteria luego se agrega a una lámina porta objetos, también se agrega unas gotas de agua y se deja secar por unos minutos.

Se agrega cristal violeta solo unas gotas cubriendo la muestra por un minuto, luego se enjuaga con agua.

Se adiciona lugol en la muestra también por un minuto y finalmente se enjuaga.

Se agrega safranina que lo pinta un color rosado solo

por 30 segundos y luego se enjuaga y finalmente se observa en el microscopio para ver si es actinomiceto.

Si al observar en el microscopio que es de un color rosado y que tiene una forma de enzimas extracelulares entonces se dice que si es la bacteria.

Se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA), para verificar si los resultados tienen diferencias significativas.

El análisis estadístico de los resultados obtenidos se llevó a cabo mediante el paquete estadístico Excel y SPSS ver. 22, mediante las siguientes etapas:

Primera etapa, los resultados del monitoreo de los suelos contaminados antes y después de cada tratamiento fueron procesados en las hojas de cálculo elaboradas por el investigador en el Programa Microsoft Excel, de manera que resulte disponible para la siguiente etapa. Segunda etapa, los datos recolectados en el Excel de los parámetros metales pesados para los suelos contaminados con las dos concentraciones de actinomicetos a diferentes tiempos se digitalizaron en el software estadístico SPSS ver. 22, como herramienta para encontrar los efectos de las variables dependientes sobre la independiente.

Tercera etapa, se contrastó la hipótesis, utilizando la prueba de hipótesis con un nivel de significancia de 0,05 (5%).

### 3. RESULTADOS:

**Tabla 1.** Valores de remoción de plomo (Pb) con actinomicetos.

| Tiempo de Remoción (horas) | Concentración de Bacterias (UFDC/ml) | Concentración (mg/kg) |        |        |               | Eficiencia (%) |
|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------|--------|---------------|----------------|
|                            |                                      | 1 Rep                 | 2 Rep  | 3 Rep  | X             |                |
| 12                         | 3x10 <sup>7</sup>                    | 650.41                | 652.7  | 651.01 | <b>651.37</b> | 12.87          |
|                            | 6x10 <sup>9</sup>                    | 605.56                | 603.8  | 606.02 | <b>605.13</b> | 19.06          |
| 24                         | 3x10 <sup>7</sup>                    | 583.13                | 582.93 | 584.77 | <b>583.61</b> | 21.94          |
|                            | 6x10 <sup>9</sup>                    | 538.27                | 536.07 | 539    | <b>537.78</b> | 28.07          |
| 36                         | 3x10 <sup>7</sup>                    | 523.32                | 523,7  | 522.41 | <b>522.87</b> | 30.06          |
|                            | 6x10 <sup>9</sup>                    | 478.16                | 477.92 | 475.02 | <b>477.03</b> | 36.19          |

**Tabla 2.** Valores de remoción del arsénico (As) con actinomicetos

| Tiempo de Remoción (horas) | Concentración de Bacterias (UFDC/ml) | Concentración (mg/kg) |         |         |                | Eficiencia (%) |
|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|---------|---------|----------------|----------------|
|                            |                                      | 1 Rep                 | 2 Rep   | 3 Rep   | X              |                |
| 12                         | 3x10 <sup>7</sup>                    | 1098.06               | 1099.37 | 1098.22 | <b>1098.55</b> | 1.92%          |
|                            | 6x10 <sup>9</sup>                    | 1082.86               | 1081.99 | 1082.58 | <b>1082.48</b> | 3.36%          |
| 24                         | 3x10 <sup>7</sup>                    | 672.79                | 673     | 672.02  | <b>672.60</b>  | 39.95%         |
|                            | 6x10 <sup>9</sup>                    | 643.5                 | 642.9   | 643.91  | <b>643.44</b>  | 42.56%         |
| 36                         | 3x10 <sup>7</sup>                    | 586.1                 | 586.19  | 586.76  | <b>586.35</b>  | 47.65%         |
|                            | 6x10 <sup>9</sup>                    | 560.1                 | 561.64  | 560.8   | <b>560.85</b>  | 49.93%         |

**Tabla 3.** Valores de remoción del cobre (Cu) con actinomicetos

| Tiempo de Remoción (horas) | Concentración de Bacterias (UFDC/ml) | Concentración (mg/kg) |        |        |               | Eficiencia (%) |
|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------|--------|---------------|----------------|
|                            |                                      | 1 Rep                 | 2 Rep  | 3 Rep  | X             |                |
| 12                         | 3x10 <sup>7</sup>                    | 350.45                | 350.99 | 351.4  | <b>350.95</b> | 1.78%          |
|                            | 6x10 <sup>9</sup>                    | 351.66                | 352.01 | 351.05 | <b>351.57</b> | 1.60%          |
| 24                         | 3x10 <sup>7</sup>                    | 341.8                 | 341.21 | 340.88 | <b>341.30</b> | 4.48%          |
|                            | 6x10 <sup>9</sup>                    | 343.06                | 343.8  | 342.72 | <b>343.19</b> | 3.95%          |
| 36                         | 3x10 <sup>7</sup>                    | 329.31                | 330.8  | 328.54 | <b>329.55</b> | 7.77%          |
|                            | 6x10 <sup>9</sup>                    | 331.49                | 331    | 330.94 | <b>331.14</b> | 7.32%          |

**Figura 1:** Eficacia de remoción de plomo (Pb) mediante actinomicetos

### 4. DISCUSIÓN

Los actinomicetos son bacterias que constituyen un conjunto de microorganismos los cuales se distribuyen en una variedad de ecosistemas naturales, por lo que representan una opción viable para la aplicación de nuevas biotecnologías mediante el aprovechamiento de sus capacidades metabólicas. El presente estudio se emplearon cepas de actinomicetos las cuales fueron sometidas a una variedad de pruebas para determinar sus características e identificación y luego pasar al estudio de interés.



Las pruebas involucradas tanto micro y macroscópica en la caracterización del actinomiceto representan una herramienta de suma importancia para los tratamientos en función a los niveles de concentración y tiempo de remoción.

El estudio realizado por Pacheco, 2016 reportó que la eficiencia de la bacteria para la remoción de plomo consideró un periodo de tiempo de 24 horas en donde la muestra fue inoculada en erlenmeyer obteniendo un valor de remoción del 27.27%, lo que indica que la bacteria cuenta con un importante potencial biorremediador. Por otro lado, el tratamiento propuesto por Pacheco es viable, ya que logra remover significativamente el plomo, pero acorde con el presente estudio (tabla 6) se realizó el tratamiento con actinomicetos, pero en un periodo de 12h, 24h y 36 h para evidenciar que el tiempo de cada tratamiento influye en la remoción de este metal, teniendo un 33.1% confirmando que la aplicación del actinomiceto es factible para biorremediar el suelo contaminado.

En la figura 1, se visualiza que se ha tomado una muestra control con 3 repeticiones, en donde se evidencia una tendencia, el cual permite apreciar que hay una ligera disminución en los valores de las tres corridas con respecto al plomo. Teniendo como valor más bajo a las 12 horas a una concentración de  $3 \times 10^7$  UFC/ml (12.87%), 24 horas a una concentración de  $3 \times 10^7$  UFC/ml (21.94%) y 36 horas como valor máximo a una concentración de  $3 \times 10^7$  UFC/ml (30.06%), mientras que a una concentración de  $6 \times 10^9$  UFC/ml, se obtuvo como valor mínimo 19.06% en 12 horas, 28.07% en 24 horas y 36.19% en 36 horas como valor máximo, lo que indica poca interacción debido que la bacteria tarda en adaptarse por su mismo metabolismo que se adhiere a las condiciones expuestas.

Los resultados encontrados se basan en los análisis

realizados y en la eficiencia obtenida del Actinomiceto en relación de los tratamientos a diferentes concentraciones, si bien se logra disminuir el valor inicial del arsénico en la presente investigación como se observa en la tabla 7, donde se obtuvo una influencia en la remoción para cada tratamiento, pudiendo observar que de las 3 repeticiones, se mantiene constante en las 12 horas con una concentración de  $3 \times 10^7$  UFC/ml, y  $6 \times 10^9$  UFC/ml, lo que indica que conforme aumenta las horas del tratamiento el metabolismo del Actinomiceto acelera su proceso tendiendo a remover con mayor facilidad el arsénico, ya que a las 24 horas y 36 horas el porcentaje de remoción fue incrementando con un valor mínimo de 47.65% y 49.93% máximo. De acuerdo con la normativa D.S. N° 002-2013 ECA Suelo establece dentro sus valores para el arsénico 140 mg/kg en el cual el valor obtenido de la muestra control fue 1120.1 mg/kg determinando que sobrepasa el límite establecido según la normativa, por ende, se aplicó el tratamiento bajo dos concentraciones  $3 \times 10^7$  UFC/ml y  $6 \times 10^9$  UFC/ml.

En los hallazgos encontrados en la tabla 8 se observó que el actinomiceto presente en el suelo contaminado no presentó un crecimiento conforme avanza el tiempo (12, 24, 36 horas), esto debido a que el actinomiceto no logró adaptarse al cobre a comparación de los otros metales, por lo que no se evidencia un crecimiento prolongado en el suelo de la boca mina, por ende al realizar el tratamiento hubo una ligera disminución poco significativa ya que demuestra que el tratamiento no es muy eficiente para la remoción de cobre. Así mismo el porcentaje de remoción de cobre donde se observa que mayor remoción se obtuvo a las 36 horas (7.77%) con la aplicación de dosis de  $3 \times 10^7$  UFC/ml. En menos cuantía los actinomicetos removieron Cu con 7.32%, por lo tanto, se puede decir que el tratamiento 3 fue el que obtuvo mejor avance en la

eficiencia del actinomiceto ya que tienden a disminuir las concentraciones iniciales de la caracterización previa. Esto mismo encontró Hernandez (2009) pero usando actinomicetos del genero *Agromyces* en los tres tratamientos donde de la cepa mostro inconsistencia cuando se realizaron las pruebas de ensayo, demostrando que dos de las tres repeticiones no evidenciaron un crecimiento pronunciado en la se descartó que esta especie pueda aplicarse para el tratamiento de remoción de Cu.

A partir de los resultados obtenidos en los análisis de metales pesados por ICP –OES, los mismos que se evidencian en la tabla 9, en la que determinó que existe una mayor remoción de Zn teniendo como valor inicial 2717.4 ppm, antes de aplicarse el tratamiento. A partir de estos valores se realizó 3 tratamientos para evaluar la eficiencia del actinomiceto como removedor de este metal, llegando a reducir 610.98 ppm a las 36 horas demostrando ser mayor eficiente de acuerdo aumenta el tiempo de exposición en la muestra contaminada bajo una concentración de  $6 \times 10^9$  UFC/ml, así mismo el porcentaje de remoción que se evidencia en la figura 4 se obtuvo 77.52%, lo que contrasta la cercanía de valores con la investigación de Avelino (2013) quien utilizo 4 diferentes especies en donde su valor promedio fue 1, 2939 ppm siendo la especie D con mayor concentración perteneciente a una muestra de suelo contaminado, la cual determino que existe influencia directa en la aplicación por cada tratamiento teniendo una remoción de 85,3% de Zn.

## 5. CONCLUSIONES

- Se concluye que la concentración del actinomiceto tiende a influir en la remoción de los metales pesados a partir de diferentes concentraciones ( $3 \times 10^7$  UFC/ml y  $6 \times 10^9$  UFC/ml) entre 12h, 24h y 36h del tratamiento, demostrando mayor eficiencia

a las 36h bajo una concentración de  $6 \times 10^9$ , ya que el valor máximo de remoción fue Zn (77.41%), As (48.79%) y Pb (33.1%), mientras que el valor mínimo Cu (7.54%), lo cual es de importancia señalar que el actinomiceto proporciona un tratamiento eficiente para la remoción de metales pesados.

- El suelo procedente de Quiruvilca presento una concentración alta de Pb (747.60), As (1120.1), Cu (357.3) y Zn (2717.4), valores que superan el ECA del D.S. N°002-2013-MINAM.
- Se concluye que el actinomiceto tiene un proceso lento en su crecimiento, demostrando que el tiempo del tratamiento influye en la remoción del metal, en relación a la concentración de la bacteria, removiendo el Pb (477.03 ppm), As (560.85 ppm), Cu (331.14 ppm) y Zn (610.98 ppm).
- Se comparó estadísticamente los datos de los análisis del tratamiento, encontrándose diferencia significativa en cada uno de los niveles establecidos, demostrando que la concentración del actinomicetos influye en la remoción de metales pesados.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] MOBOLAJI FELICIA, Adegboye Y OLU-BUKOLA OLURANTI, Babalola. Taxonomy and ecology of antibiotic producing actinomyces. Department of Biological Sciences, North West University: A review Revista: science and technology. Africa: vol. 7(15), pp 2255-2261. ISSN 1991-637X.2012
- [2] ARROYO ORBEGOSO, Alexis. Producción de enzimas pectinasas por Actinomicetos en cultivo sumergido utilizando pectina y cascara de naranja. Tesis [Tesis Doctoral], Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2002.p. 47

- [3] AVELINO CARHUARICRA, Carmen. Eficacia de la fitoextracción para la remediación de suelos contaminados en villa de pasco. Tesis [Tesis para optar el grado académico de maestro en investigación], Lima: Universidad Nacional del Callao, 2013.p.67
- [4] BENAVIDES LOPEZ, Joaquín, QUINTERO, Gladys M y OSTOS ORTIZ, Olga. Aislamiento e Identificación de diez cepas bacterianas desnitrificantes a partir de un suelo agrícola contaminado con abonos nitrogenados proveniente de una finca productora de cebolla en la Laguna de Tota, Boyacá, Colombia. Artículo de investigación: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Colombia, 2006.p.55
- [5] BONILLA, Sara. Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación. Tesis [Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental], Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2013.p. 35
- [6] CAMPBELL, Neil y REECE, Jane. Biología. 7a. Madrid: Medica Panamericana. Vol. II. ISBN:978 84 7903 998 1, 2007.p. 67
- [7] CARTAYA, Omar E. REYNALDO, Inés. PENICHE, Carlos Y GARRIDO, María L. Empleo de polímeros naturales como alternativa para la remediación de suelos contaminados por metales pesados. Rev.Int. Contam. Ambie, Cuba: 27(1). pp 41-46, 2010.
- [8] COVARRUBIAS, Sergio y PEÑA CABRIALES, Juan. Contaminación Ambiental por metales pesados en México: Problemática y Estrategias de Fitorremediación. Instituto politécnico Nacional. Rev. Int. Contam. Ambie. 33[Especial Biotecnología e ingeniería ambiental], Mexico. pp 7-21, 2016.
- [9] FRANCO M. Evaluación de caracteres PGPR en actinomicetos e interacciones de estas rizobacterias con hongos formadores de micorrizas. Tesis [tesis doctoral]. Granada (AND): Granada Univ.; 2008.p.6
- [10] GUZMAN ALCALÁ, Marta. La contaminación de suelos y aguas: su prevención con nuevas sustancias naturales. [libro] España: Universidad de Sevilla.ISBN: 978 84 472 0926 2, 2007.p. 244
- [11] HERNÁNDEZ PINEDA, Rosario. Presencia de hongos micorrízicos arbusculares y contribución de Glomus intraradices en la absorción y translocación de zinc y cobre en girasol (*Helianthus annuus* L) crecido en un suelo contaminado con residuos de mina. Tesis [Tesis para obtener el grado de Doctor en ciencias], Tecomán: Universidad de Colima., 2004.p.6
- [12] HERNÁNDEZ MENDOZA, Emma. Aislamiento e identificación de bacterias fijadoras de nitrógeno presentes en la rizosfera de plantas tolerantes a metales pesados. Departamento de Microbiología, Instituto Politécnico Nacional. Tesis [Tesis para optar el grado de maestría en ciencias], Mexico, D.F, 2009.p. 55
- [13] HERRERA VARGAS, Juan. Aislamiento de bacterias resistentes al plomo a partir de suelos contaminados con este metal. Tesis [Tesis Doctoral], Costa Rica, 2014.p. 103
- [14] KONEMAN, Elmer W. Diagnostico microbiológico: Texto y Atlas a Color. 6 edic.: Medica panamericana, 2001.pp. 1647-1696
- [15] MURPHY, C.B y SPIEGEL, S.J. Bioaccumulation and toxicity of heavy metals and related trace elements. Artículo de revista: Water Pollution Control Federation, 6 edic. Vol. 53, 1982. p. 993



- [16] MURRAY, Patrick. ROSENTHAL, Ken y PFA-LLER, Michael. Microbiología Médica. 2 edic. Madrid: Harcourt Brace. ISBN: 978 84 8174 927 4. 1999.p.67
- [17] PACHECO HUERTA, Sara. Determinación de la capacidad Biofertilizante de Actinomicetos en presencia de metales pesados. Tesis [Tesis Doctoral], Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2016. p. 320
- [18] PRESCOTT, L. Microbiology. 5 ed. Boston: McGraw Hill Boston. ISBN: 978 968 7988 48 1. 2002. pp. 524 – 528
- [19] RUEDA, Carolina. AIKAWA, Marcia. PRADA, Luis y CORREA, María. Evaluación de la presencia del gen mer A implicado en la detoxificación de mercurio a partir de actinomicetos nativos del humedal de La Conejera. Revista colombiana de Biotecnología. Vol. XI, ISSN: 0123 3475. 2009.pp.105-113.
- [20] SYLVIA D, FURTHMANN J, HARTEL P, ZUBERER D. Principles and Applications of Soil Microbiology. 2 ed. New Jersey: Peason Prentice Hall; 2005. p.36
- [21] UGARTE ÑAÑEZ, Daniel. Evaluación de la capacidad lixivante de Actinomicetos aislados de concentración y relaves mineros en Perú. Tesis [Tesis para obtener el título de licenciado en biología], Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia, 2016.p. 57