

Remediación de suelos del botadero cerro San Cristóbal mediante los microorganismos (*Bacillus cereus*) en Pampas Tayacaja

*Soil remediation of the San Cristóbal hill dump using microorganisms (*Bacillus cereus*) in Pampas Tayacaja*

Esmila Yeime Chavarría Marquez 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
esmilachavarría@unat.edu.pe

Merly Yadira Chávez De La Torre 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
71383529@unat.edu.pe

Gloria María López Yupanqui 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
74358274@unat.edu.pe

Diana Estrella Orellana Reyes 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
71996021@unat.edu.pe

Jack Brando Pérez Hajar 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
72171728@unat.edu.pe

Nick Maykol Rodas Riveros 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
71656877@unat.edu.pe

Luis Alberto Sanchez Moratillo 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
74950053@unat.edu.pe

RESUMEN

El objetivo de este artículo es restaurar el suelo contaminado por botaderos mediante el microorganismo *Bacillus cereus*. La metodología, comprende 5 muestras de suelos contaminados por botaderos, donde se realizarán experimentos, los cuales serán contrastados mutuamente y se determinará si el microorganismo biorremediador es eficiente o no para la restauración de un suelo contaminado. En los resultados muestra, que una mala práctica del manejo de residuos sólidos son los botaderos ilegales que ocasiona una contaminación de los suelos, este problema aqueja el distrito de Pampas, específicamente en el cerro San Cristóbal, en la investigación se analizó una muestra del cerro San Cristóbal donde el pH, temperatura y textura inicial es de 7.5 pH, 22 C° y arcillosa, respectivamente, mediante el método de remediación con la bacteria *Bacillus cereus* el pH permuta y baja a 6.6 pH, la temperatura también cambia a 21° y la textura cambia a franco-arenosa, estos como resultados finales. Conclusión, se logró comprobar que la bacteria *Bacillus cereus*, muestra resultados favorables para la inhibición de contaminantes procedentes de los residuos sólidos, es decir, son buenos restauradores de suelos contaminados, por ello se logró que el pH, temperatura y textura cambien favorablemente.

Palabras clave: *Bacillus cereus*, remediación, pH, temperatura, textura.

ABSTRACT

The objective of this article is to restore soil contaminated by dumps through the microorganism *Bacillus cereus*. The methodology includes 5 samples of soils contaminated by dumps, where experiments will be carried out, which will be mutually contrasted and it will be determined if the bioremediation microorganism is efficient or not for the restoration of contaminated soil. The results show that a bad practice in solid waste management are illegal dumps that cause soil contamination, this problem afflicts the district of Pampas, specifically in the San Cristóbal hill, in the investigation a sample of the hill was analyzed San Cristóbal where the initial pH, temperature and texture is 7.5 pH, 22 C ° and clayey, respectively, through the remediation method with the *Bacillus cereus* bacterium, the pH changes and drops to 6.6 pH, the temperature also changes to 21 ° and the texture changes to loamy-sandy, these as final results. Conclusion, it was possible to verify that the *Bacillus cereus* bacterium shows favorable results for the inhibition of contaminants from solid waste, that is, they are good restorers of contaminated soils, for this reason it was achieved that the pH, temperature and texture change favorably.

Keywords: *Bacillus cereus*, bioremediation, pH, temperatura, texture.

INTRODUCCIÓN

Muchos países no poseen un sistema de tratamiento de residuos sólidos; una de las más afectadas es Latinoamérica: más del 50% de los desechos sólidos son depositados en botaderos.

Actualmente, la disposición final de los desechos sólidos es bastante criticada en el Perú, las razones se sustentan en la escasez de rellenos sanitarios y plantas procesadoras de basura.

En los botaderos es muy común la quema de desechos, con la finalidad de disminuir el volumen y la creación de los líquidos lixiviados.

Sin embargo, esta medida es muy negativa debido a que aumenta la contaminación del aire y del suelo (Ticona y Apaza, 2020, p. 29-36).

No cabe duda que la contaminación por residuos sólidos es una realidad que no exime a casi ninguna sociedad, por lo que la ciudad de Pampas-Tayacaja no es ajeno a ello, es más, en el 2018 se viralizó un video en el cual ciudadanos protestaron colapso en la planta de residuos sólidos inorgánicos ubicado en el distrito de Pampas (Chamorro, 2018).

Cabe señalar que las investigaciones relacionadas con esta problemática es una literatura escaza, por lo que no nos permite tener una visión real y verídica sobre ello dentro de esta población.

Además, la restauración de suelos contaminados mediante remediación es un método viable y eficiente.

En tal sentido, se elaboró una metodología para poder descontaminar algunos suelos de botaderos mediante microorganismos biorremediadores como el *Bacillus*

cereus, pudiendo reducir algunos parámetros como el nivel de su pH y temperatura.

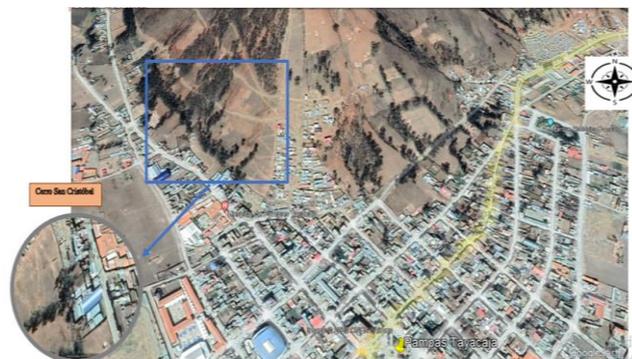
MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

La investigación se realizó en el cerro San Cristóbal de Pampas Tayacaja, ubicada a una altitud de 3,500 m.s.n.m, en las coordenadas 12°24'10.47" S y 74°52'02.70" O.

Figura 1

Lugar de estudio



Nota. Elaboración propia a partir de Google Earth, 2023.

Identificación de la bacteria

Buscamos una bacteria que sea un buen restaurador del suelo, al indagar los beneficios que estas poseen elegimos la bacteria *Bacillus cereus* debido a su tratamiento óptimo para descontaminar suelos de botaderos, pudiendo reducir así algunos parámetros como el nivel de su pH, temperatura y textura.

Microorganismo *Bacillus cereus*

La capacidad que posee el microorganismo *Bacillus cereus* para formar esporas que permanecen

metabólicamente inactivas, pero viables bajo condiciones adversas, hace que sea apropiado para la formulación de productos estables que benefician los cultivos agrícolas mediante mecanismos indirectos (Corrales et al., 2019, p.15(27), 46-65).

Otro beneficio que tiene la bacteria *Bacillus cereus* es reducir la Salmonella por su capacidad secretora de proteínas y metabolitos eficientes en el suelo, además que promueve el crecimiento vegetal a través de la solubilización de fósforo y la producción de reguladores de crecimiento como el ácido indol acético (Sánchez y Castañeda, 2016, p.7(24), 8-9).

Asimismo, se evidencia la influencia de Bacillus en el desarrollo de plantas de maíz, trigo y arroz, mostrando una alta actividad nitrogenasa, enzima relacionada con la asimilación del nitrógeno.

Es importante mencionar que, esta propiedad se ha usado en plantas como soya y frambuesa colaborando en la calidad de los cultivos. En el caso del trigo, la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno como *Bacillus cereus* ha beneficiado de manera significativa la cantidad de hojas, mejorando el rendimiento. Esta versatilidad del Bacillus puede ser aprovechada para reducir considerablemente el uso de fertilizantes nitrogenados de origen químico.

Por ello, es de suma importancia mencionar que el microorganismo Bacillus presenta diferentes características y versatilidad para su aplicación, haciendo que sea un óptimo candidato en el mejoramiento de la disponibilidad de nutrientes para las plantas y para la recuperación de suelos (Corrales et al., 2019, p.15(27), 46-65).

Identificación y caracterización del botadero

En general, un botadero es un espacio terrestre donde no existe un sitio de disposición de residuos sólidos y no dispone ningún tipo control, además de que los residuos no son compactados ni tapados diariamente, lo que genera malos olores, gases y líquidos contaminantes perjudiciales para el ecosistema, ya que estos contaminan el medio ambiente y ponen en riesgo la salud humana.

El botadero del cerro del San Cristóbal es un lugar donde son depositados de manera ilícita los residuos sólidos de diferentes puntos de la ciudad de Pampas-Tayacaja.

Los residuos que se encontraron en el botadero son de diversos tipos como: residuo domiciliario, residuo comercial, residuos de las acciones de construcción, residuos agropecuarios, ejemplificando: desechos

comestibles, bolsas plásticas, restos de hormigón o cemento, restos de poda de cultivos o verduras.

Muestreo de suelos

“El muestreo es la actividad por la que se toman muestras representativas que permiten caracterizar el suelo en estudio, en tanto que la muestra puede ser definida como una parte representativa que presenta las mismas características o propiedades del material que se está estudiando y las muestras que serán enviadas al laboratorio, constituyen las muestras elegidas para ser analizadas de acuerdo a los objetivos establecidos” (MINAM, 2013. p14).

Para muestras superficiales: Para la toma de muestras superficiales (hasta una profundidad de aproximadamente un metro) se pueden aplicar sondeos manuales. Este sistema es relativamente fácil, rápido de usar y de bajo costo, siendo poca la cantidad de suelo que se puede extraer con esta técnica, será necesario obtener muestras compuestas de varios sondeos. Otras técnicas alternativas para la toma de muestras superficiales pueden ser hoyos o zanjas (MINAM, 2013. p16).

Para muestras en profundidad: En un sitio potencialmente contaminado puede existir también una distribución espacial en profundidad de las sustancias contaminantes. Esta puede resultar de la interacción entre las características y propiedades del suelo a lo largo del perfil con las características y propiedades de las propias sustancias contaminantes.

Por ello, es esencial que el muestreo refleje también la posible variabilidad espacial en profundidad de las sustancias contaminantes. De otra forma, las decisiones tomadas pueden no resultar adecuadas (MINAM, 2013. p17).

Figura 2

Preparación de muestras en el laboratorio



Nota. Todos los instrumentos y materiales aplicados. Elaboración propia (2023).

Artículo científico

Volumen 6, Número 2, julio - diciembre, 2023
Recibido: 28-04-2023, Aceptado: 08-09-2023

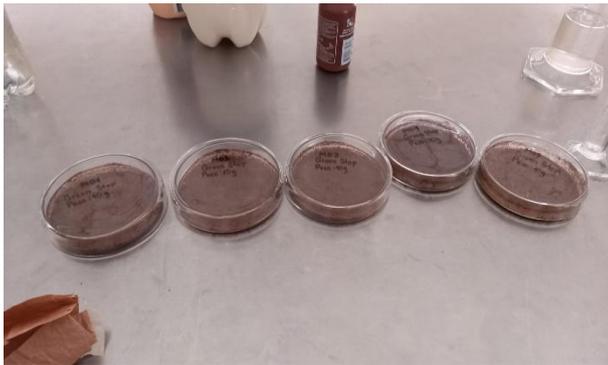


<https://doi.org/10.46908/tayacaja.v6i2.210>



Figura 3

Cinco placas petris



Nota. Cinco placas petris. Elaboración propia (2023).

Incubación de las bacterias con el suelo

Figura 4

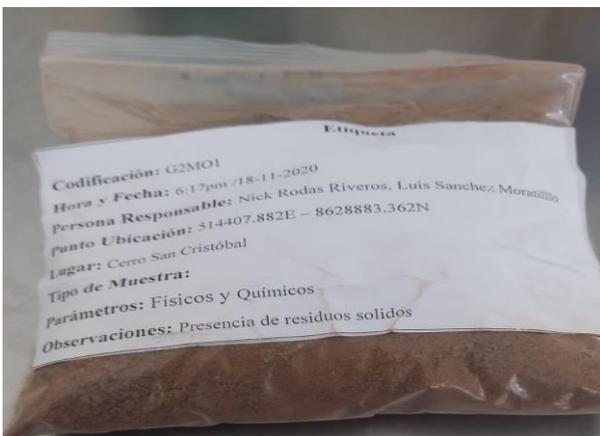
Incubadora de muestras



Nota. Incubadora, para poder incubar las muestras. Elaboración propia (2023).

Figura 5

Identificación de las bacterias



Nota. Muestra de suelo contaminado por botadero. Elaboración propia (2023).

Figura 6

Mezclará el agua de arroz que estaba en la probeta en las placas Petri



Nota. Se mezclará el agua de arroz que estaba en la probeta en las placas Petri que estará el suelo contaminado. Elaboración propia (2023).

Figura 7

Llenado de las placas Petri



Nota. Llenado de las placas Petri para llevarla a la incubadora. Elaboración propia (2023).

Comprobación del pH

Los microorganismos *Bacillus cereus*, han sido capaces de biorremediar un suelo contaminado por residuos sólidos (botaderos), en sus parámetros físicos de temperatura y pH. Como se muestra en la gráfica 1, hay una diferencia significativa en el pH, pues en primera instancia la muestra de suelo tenía un pH ligeramente alcalino (7.5), sin embargo, luego de ser sometidos a las bacterias biorremediadoras durante 3 días, estos tuvieron un pH neutro (6.6)

Comprobación de la textura

Además, otro parámetro físico realizado en la remediación en un suelo contaminado por residuos sólidos (botaderos), es la textura en primera instancia (muestra simple) resultó 40% de limo, 4% de arena y 56% de arcilla, es decir una textura arcillosa a

diferencia de la muestra tratada con resultados de 11% de arcilla, 50% de limo y 39% de arena, con una textura franco-arenosa.

Por tanto, se puede decir que los microorganismos *Bacillus cereus*, son restauradores biológicos potenciales para la restauración de una muestra de suelo contaminado por residuos sólidos.

Metodología de la investigación

Esta investigación presenta una naturaleza cuantitativa experimental y para ejecutar la restauración de suelos contaminados por botaderos mediante remediación se emplearán la guía nacional para el muestreo y a los ECAs del suelo. Además, se elaborará una fermentación de arroz (*Oryza sativa*) para recuperar este suelo contaminado. Por otro lado, se realizaron experimentos en 5 muestras de suelos contaminados por botaderos, los cuales serán contrastados mutuamente y se determinará si el microorganismo biorremediador es eficiente o no para la restauración de un suelo contaminado.

Además, es preciso mencionar que esta investigación se realiza en los laboratorios de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo.

Técnicas e instrumentos de obtención de datos

Se empleó la técnica de observación directa, estudio y análisis gráficos, además de la toma de muestras de los suelos a priori y a posteriori el tratamiento de remediación por microorganismos biorremediadores. La obtención de datos fue tratada mediante contraste, es decir, se hará una comparación de las 5 muestras antes y posteriormente los resultados de remediación presentan resultados positivos, entonces se determina que la remediación de suelos contaminados por *Bacillus cereus* son eficientes. Por otra parte, al ser un estudio experimental, es imprescindible tener en cuenta los EPPs adecuados en la recolección de muestras de los botaderos, tanto en campo como en las experimentaciones de laboratorio.

Tabla 1

Medidas de pH y T (°C) en muestras de suelo contaminado por residuos sólidos de botaderos

Tipo de muestra	pH	T (°C)	Textura
Muestra simple (M01)	7.5	22°C	Arcillosa
Muestra simple (M02)	7.5	22°C	Arcillosa
Muestra simple (M03)	7.5	22°C	Arcillosa
Muestra simple (M04)	7.5	22°C	Arcillosa
Muestra simple (M05)	7.5	22°C	Arcillosa

Nota. La tabla nos da a conocer las medidas tomadas a las muestras de suelo contaminado referente a su pH y la temperatura.

Además de ello, este trabajo exploratorio tendrá en consideración la probidad académica, así como también, la política de comunicación hacia la población para que este estudio tenga resultados sociales luego de la experimentación.

Procedimientos de recolección de datos

- ✓ Para la obtención de la muestra primero se acudió a los 5 puntos de muestreo de identificación, en los cuales se midió y limpió la capa superficial en un perímetro de 30x30 cm. Dentro de la zona limpiada se escarba a una profundidad de 20-30 cm.
- ✓ Una vez teniendo una profundidad de 20-30 cm, procedemos a sacar una porción de tierra de 1 kg aprox., la cual se almacena en un balde, y sobre la mantada blanca tamizamos toda la muestra (Este procedimiento se realiza de manera unipersonal por cada punto de muestreo).
- ✓ Cada muestra obtenida se deposita en una bolsa hermética etiquetada y se transporta al laboratorio para su próxima caracterización.
- ✓ Ya en el laboratorio se procedió a trabajar con las muestras de suelo.
- ✓ Posteriormente se procede a tratar los resultados obtenidos en el software de análisis de datos (SPSS).

RESULTADOS

Las muestras de suelo contaminado al ser medidos con el potenciómetro dieron como resultado, un pH que se encuentra en el rango de 7 a 14; para ser exactos la media fue de 7.5; en cuanto a la temperatura del suelo se midió con el termómetro de sondeo, dio como resultado de 22°C y se puede observar en la (tabla 1).

Cabe detallar que las muestras de suelo fueron llevados a la incubadora por 48 horas; antes de ello se procedió a realizar la medición tanto del pH y la temperatura, como se menciona párrafos anteriores; para después ser comparados con las muestras que contienen agua de arroz en ello microorganismos biológicos Gram positivos (*Bacillus cereus*).

Artículo científico

Volumen 6, Número 2, julio - diciembre, 2023
Recibido: 28-04-2023, Aceptado: 08-09-2023



<https://doi.org/10.46908/tayacaja.v6i2.210>



Las muestras de suelo contaminado en el que fueron aplicados el agua de arroz que contiene microorganismos biológicos Gram positivos (*Bacillus cereus*) demostraron resultados positivos, por lo que podemos decir que la remediación de suelos contaminados por *Bacillus cereus* son eficientes; ya que al ser medidos de nuevo el pH y la temperatura esta nos dio en la primera muestra 6.6 de pH y 21°C

de temperatura, en la segunda muestra nos dio 6.5 de pH y 20°C de temperatura; en la tercera muestra nos dio 6.7 de pH y 21°C de temperatura; en la cuarta muestra nos dio 6.6 de pH y 22°C de temperatura y en la quinta muestra nos dio 6.6 de pH y 21°C de temperatura; esta se puede evidenciar en la tabla 2.

Tabla 2

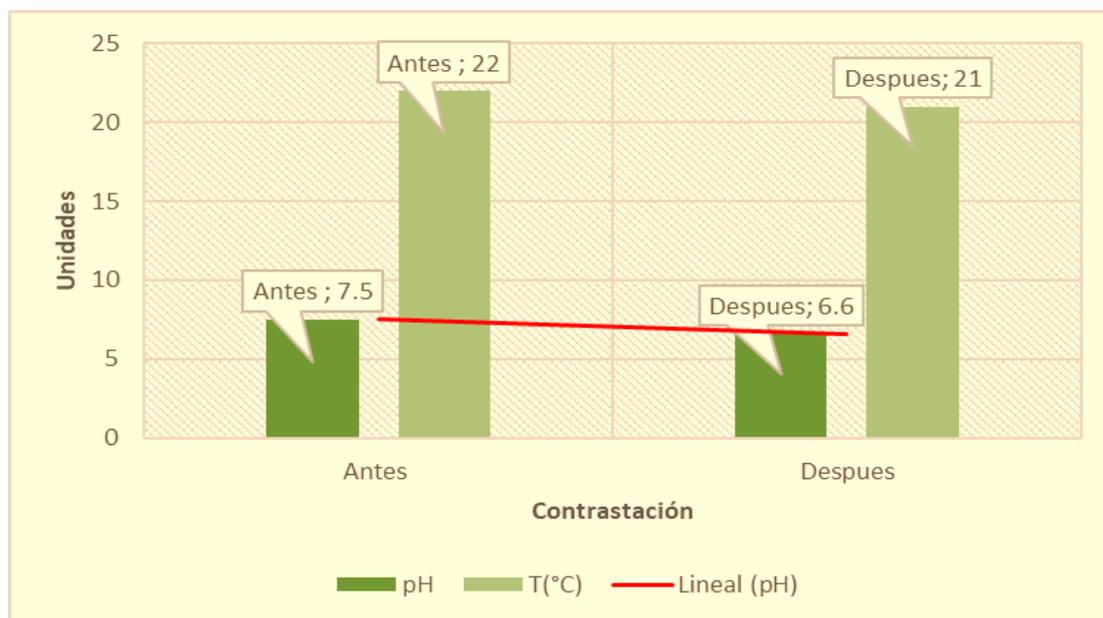
Medidas de pH y T (°C) al suelo contaminado después de aplicar el agua de arroz que contiene microorganismos biológicos Gram positivos (Bacillus cereus)

Tipo de muestra	pH	T (°C)	Textura
Muestra tratada (M01)	6.6	21°C	Franco-arenosa
Muestra tratada (M02)	6.5	20°C	Franco-arenosa
Muestra tratada (M03)	6.7	21°C	Franco-arenosa
Muestra tratada (M04)	6.6	22°C	Franco-arenosa
Muestra tratada (M05)	6.6	21°C	Franco-arenosa

Nota. La tabla nos da a conocer las medidas tomadas a las muestras de suelo contaminado (pH y T°C) después de aplicar el agua de arroz que contiene microorganismos biológicos Gram positivos (*Bacillus cereus*).

Figura 8

Parámetros de pH y temperatura (°C) antes y después del tratamiento con Bacillus cereus



Nota. La gráfica muestra el promedio y las diferencias que existen entre las muestras antes y después de haber sido tratadas con la bacteria *Bacillus cereus*.

DISCUSIÓN

En un inicio, las cinco muestras tenían un pH inicial de 7.5, lo que indicaba que dicho suelo se encontraba contaminado, en tal sentido, se procedió a tratar con *Bacillus cereus*, las cuales fueron extraídas a partir del agua fermentada del arroz que tenía un pH de 6.4. A

posteriori el tratamiento e incubación los resultados de las muestras fueron distintos al pH inicial, ya que estos tenían un pH promedio final de 6.6. Es decir, se redujo en un 0.9 unidades que representaría un 12% del pH inicial. Además, en primera instancia la temperatura fue de 22°C, y luego del tratamiento fue de 21°C, estos

cambios podrían haber sido influenciadas por la temperatura ambiental. A partir de ello, se pudo determinar que los *Bacillus cereus* tuvieron resultados positivos en su capacidad de remediación.

Mora, (2016) realizó un estudio similar, en el cual denota a la bacteria *Bacillus* sp. (G3) como un microorganismo promisorio en la remediación de aguas industriales contaminadas con cromo hexavalente. Dicha investigación aludía que en los bioensayos de reducción de cromo hexavalente (10 mg/L) realizados con *Bacillus* sp. (G3) mostraron una reducción química del 100% del contaminante al cabo de diez horas en medio Luria Bertani (LB) y de 34 horas en agua residual industrial. El extracto libre de células obtenido a partir del aislado bacteriano G3 mostró actividad de cromato reductasa al reducir el cromo hexavalente a su forma trivalente, mostrando valores óptimos de actividad relativa a 28°C y 6.5 de pH. La acción conjunta de los microorganismos sobre la reducción de cromo se mostró cinco veces menos eficiente que los ensayos realizados solo con la cepa G3 (p.3). De modo que la familia de estas bacterias no solo es eficiente en la contaminación de residuos sólidos, sino también en aguas contaminadas por metales como el cromo (Cr).

Por otra parte, la bacteria de *Bacillus cereus* ha demostrado efectos positivos sobre factores determinantes para la producción agrícola como el incremento de la acidez del suelo, el mejoramiento de su estructura, la disminución de aluminio y el aumento del fósforo que toman las plantas (Cañas, s/f, p.1). Este dato guardaría una relación cercana a los resultados de la presente investigación, ya que, al momento de incubar esta bacteria, los niveles de pH del suelo se redujeron. De esta manera se podría reafirmar que la muestra de suelo contaminado mejoró su estructura en niveles de acidez y fósforo.

Los resultados demuestran que, mediante este microorganismo, podríamos remediar algunos suelos contaminados que la provincia de Tayacaja posee, en vista de que este método podría representar una forma más barata de cuidar los suelos a gran escala (proyectos) y en menor escala como en biohuertos familiares, teniendo en cuenta que muchas amas de casa suelen botar el agua del arroz en sus actividades diarias.

En tal sentido, la restauración de suelos contaminados por botaderos mediante el microorganismo *Bacillus cereus* es posible, sin embargo, sería importante

también que futuras investigaciones determinen el potencial de restauración que tiene esta bacteria a partir de más parámetros, ya sean físicos, químicos y biológicos. Igualmente, sería importante fijar la manera más adecuada para su aplicación ex situ de este método de restauración.

Balderas & Sánchez, (2015) sostuvieron una investigación de biorremediación, pero de un suelo contaminado con aceite residual donde realizaron un invernadero dentro un laboratorio de microbiología sobre este patógeno. En este suelo de mecánica automotriz se clasificó una textura franco arenosa, de la misma con una materia orgánica de solo 1.5%, con el pH, de aquí con 6.7. Para lo cual, en esta investigación se propuso la bacteria *Bacillus cereus* para realizar su crecimiento en caldo nutritivo donde se encubó a una temperatura de 30°, para la comprobación de que, si remedia o no, lo cual dio como resultado que en 30 días se pudo decrecer de la muestra de suelo de 75000 ppm de Ara, hasta los 37500 ppm, donde facilitó y aceleró la reducción del Ara bioestimulado (p. 23-32)

Para que se haga efectiva la fitorremediación, esta técnica donde el metal es absorbido por la raíz, en la planta se acumula en las hojas como en los tallos, que con la bacteria *Bacillus cereus*, debe de emplearse en la superficie del suelo de grano fino que contiene materia orgánica que se va a caracterizar por su bajo costo, su uso no es difícil y es estéticamente agradable (Aquino & Checcori, 2021. P, 29-37).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos se logró realizar el análisis de la muestra de suelo contaminado, dando como resultados favorables la restauración de este mediante la bacteria *Bacillus cereus*, se logró hacer que el PH y temperatura, textura cambien favorablemente. También, se logró comprobar con las pruebas de laboratorio que la bacteria *Bacillus* sp, muestra resultados favorables para la inhibición de contaminantes procedentes de los residuos sólidos. Asimismo, se pudo utilizar la bacteria *Bacillus* sp. del arroz mediante el proceso de fermentación el cual es un proceso biológico: fácil, económico y sustentable para el medio ambiente.

Es importante señalar, que esta investigación se limitó tan solo en el estudio de tres parámetros debido a la disponibilidad de laboratorios y la carencia de algunos instrumentos y equipos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aquino Mallma, K. K., & Checcori Vargas, C. M. (2021). Revisión sistemática técnicas de remediación para suelos contaminados por metales pesados (29-37).
- [2] Balderas-León, I., & Sánchez-Yáñez, J. M. (2015). Biorremediación de suelo contaminado con 75000 ppm de aceite residual automotriz por bioestimulación y fitorremediación con *Sorghum vulgare* y *Bacillus cereus* y/o *Burkholderia cepacia*. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 6(1), 23-32.
- [3] Cañas Rodríguez, E. s.f. La bacteria bacillus subtilis genera carbonatos de calcio o cal, sustancias que fortalecen el suelo: Microorganismo redentor del suelo. Colombia: Unimedios.
- [4] Chamorro, M., (2018) Alertan colapso de botadero de basura en el distrito de Pampas. Radio sabor mix-Elcholo: Perú.
<https://elcholo.com.pe/2018/08/17/alertan-colapso-de-botadero-de-basura-en-el-distrito-de-pampas-video/>
- [5] Corrales-Ramírez MSc, L. C., Caycedo-Lozano, L., Gómez-Méndez, M. A., Ramos-Rojas, S. J., & Rodríguez-Torres, J. N. (2017). *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *Nova*, 15(27), 46-65.
- [6] Mora Collazos, A. (2016). *Bacillus* sp. G3 un microorganismo promisorio en la remediación de aguas industriales contaminadas con cromo hexavalente. *Nova scientia*, 8(17), 361-378.
- [7] Sánchez, J., Correa, M., & Castañeda, L. (2016). *Bacillus cereus* un patógeno importante en el control microbiológico de los alimentos: un patógeno importante no controle microbiológico dos alimentos. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 34(2), 230-242.
- [8] Ticona-Carrizales, L. & Apaza-Panca, C.M. (2020). Evaluación del impacto de la contaminación de los residuos sólidos sobre suelo y agua del botadero sanitario de Cancharani Puno. ÑAWPARISUN Revista de Investigación Científica, 2(4), 29-36.