



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Uso de la bacteria *Bacillus cereus* para la remediación de suelos
contaminados por plomo y zinc

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Huamanñahui Nina, Alberto (orcid.org/0000-0002-3338-0316)

Moscol Celi, Cristhian Daniel (orcid.org/0000-0003-0606-0787)

ASESOR:

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (orcid.org/0000-0002-8683-5054)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

Dedicatoria

A mi madre, a quien le agradezco infinitamente por todo su apoyo incondicional. A mis abuelos, por quienes me esfuerzo por ser el mejor. A mis princesas, Bryanna, Karol y Evelyn, mis hermanas; y finalmente a mis primos por quienes quiero ser un ejemplo positivo.

Cristhian Daniel Moscol Celi

A mis padres, a quienes agradezco por su constante apoyo y amor en mi camino académico, ya que fue fundamental para alcanzar mi meta final. Esta tesis es un legado y una muestra de gratitud a ellos.

Alberto Huamanñahui Nina

Agradecimiento

A todas las personas que han contribuido directa o indirectamente en la realización de esta tesis.

En primer lugar, a quienes nos brindaron su apoyo y asesoría durante el proceso de realización de esta tesis. También a nuestro asesor el Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera por su orientación, apoyo y comentarios constructivos. Su experiencia y guía han sido fundamentales en la elaboración de este estudio y en nuestro crecimiento como investigadores.

Por último, pero no menos importante, a nuestras familias y seres queridos por su amor, paciencia y apoyo incondicional. Su apoyo constante nos ha motivado y nos ha dado fuerzas para llevar a cabo esta investigación. El desarrollo de esta tesis no habría sido posible sin la colaboración y el apoyo de todas estas personas. Estamos sinceramente agradecidos por su contribución y confianza en nuestro trabajo.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CASTAÑEDA OLIVERA CARLOS ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Uso de la bacteria Bacillus cereus para la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc", cuyos autores son MOSCOL CELI CRISTHIAN DANIEL, HUAMANÑAHUI NINA ALBERTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 12 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CASTAÑEDA OLIVERA CARLOS ALBERTO DNI: 42922258 ORCID: 0000-0002-8683-5054	Firmado electrónicamente por: CCASTANEDAOL el 12-12-2023 21:37:52

Código documento Trilce: TRI - 0694477





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, MOSCOL CELI CRISTHIAN DANIEL, HUAMANÑAHUI NINA ALBERTO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Uso de la bacteria Bacillus cereus para la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
ALBERTO HUAMANÑAHUI NINA DNI: 73980789 ORCID: 0000-0002-3338-0316	Firmado electrónicamente por: AHUAMANNAHUIN el 12-12-2023 22:52:17
CRISTHIAN DANIEL MOSCOL CELI DNI: 73449825 ORCID: 0000-0003-0606-0787	Firmado electrónicamente por: CDMOSCOLM el 12-12-2023 13:51:18

Código documento Trilce: TRI - 0694475

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....	iv
Declaratoria de Originalidad del Autor.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2. Variables y operacionalización.....	13
3.3. Población, muestra y muestreo.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimientos.....	15
3.6. Método de análisis de datos.....	17
3.7. Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN.....	28
VI. CONCLUSIONES.....	32
VII. RECOMENDACIONES.....	33
REFERENCIAS.....	34
ANEXOS.....	43

Índice de tablas

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos de la muestra general	18
Tabla 2: Valores iniciales de plomo y zinc	19
Tabla 3: Parámetros fisicoquímicos en la determinación de la dosis óptima	21
Tabla 4: Porcentaje de remoción de plomo en un periodo de 3 días	22
Tabla 5: Porcentaje de remoción de zinc en un periodo de 3 días	23
Tabla 6: Parámetros fisicoquímicos en la determinación del tiempo óptimo	25
Tabla 7: Porcentaje de remoción de plomo para determinar el tiempo óptimo	26
Tabla 8: Porcentaje de remoción de zinc para determinar el tiempo óptimo	27

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de procedimientos de la investigación	15
--	----

Resumen

La contaminación del suelo por plomo y zinc es un problema importante que requiere atención debido a sus impactos negativos en la salud humana, la biodiversidad y la productividad agrícola. Por ello, se planteó como objetivo evaluar la aplicación y eficiencia de *Bacillus Cereus* para remediación de suelos contaminados por plomo y zinc. Para el estudio se utilizaron 7 muestras de suelo contaminado por metales pesados, a las cuales se les aplicó 7 dosis distintas para determinar la dosis óptima, luego se utilizaron 6 muestras del mismo suelo para determinar el tiempo óptimo de exposición de *Bacillus cereus* en la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc. Los resultados mostraron que, la dosis óptima para la remoción de plomo es de 6 ml de *B. cereus*, mientras que, para la remoción de zinc, la dosis de 15 ml resultó ser la de mayor eficiencia, ambas en un periodo de 3 días. Finalmente, se concluye que los resultados de la investigación respaldan la eficacia de *B. cereus* en la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc en los suelos agrícolas.

Palabras clave: Biorremediación, suelos contaminados, plomo, zinc, *Bacillus cereus*.

Abstract

Soil contamination by lead and zinc is a major problem that requires attention due to its negative impacts on human health, biodiversity, and agricultural productivity. Therefore, the objective was to evaluate the application and efficiency of *Bacillus Cereus* for remediation of soils contaminated by lead and zinc. For the study, 7 samples of soil contaminated by heavy metals were used to which 7 different doses were applied to determine the optimal dose, then 6 samples of the same soil were used to determine the optimal exposure time of *Bacillus cereus* in the remediation of soils contaminated by lead and zinc. The results showed that the optimal dose for lead removal is 6 ml of *B. cereus*, while for zinc removal, the dose of 15 ml turned out to be the most efficient, both in a period of 3 days. Finally, it is concluded that the research results support the effectiveness of *B. cereus* in the remediation of soils contaminated by lead and zinc in agricultural soils.

Keywords: Bioremediation, contaminated soils, lead, zinc, *Bacillus cereus*.

I. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados, como el plomo (Pb), cadmio (Cd) y zinc (Zn), han ganado atención a nivel mundial debido a investigaciones recientes que los vinculan con riesgos para la salud cuando se consumen alimentos contaminados (Ramón De Los Santos et al., 2019). En este sentido, la contaminación por metales pesados es un problema global que impacta la salud humana. Los metales más comúnmente estudiados por su toxicidad y abundancia incluyen el mercurio, el arsénico y el plomo. La toxicidad de estos metales en el suelo está relacionada con las propiedades físicas y químicas del suelo, especialmente la fracción bioabsorbible efectiva determinada por el pH, el potencial redox y la cantidad de materia orgánica. La tecnología de remediación de suelos se basa en enfoques fisicoquímicos y biológicos, el último de los cuales se denomina biorremediación porque utiliza las capacidades metabólicas de organismos vivos como bacterias y hongos para purificar el suelo. Los procesos de biorremediación más utilizados incluyen la adsorción, precipitación, lixiviación y evaporación de metales pesados (Hernández-Caricio et al., 2022).

Los principales microorganismos utilizados en los procesos de biorremediación de metales pesados son las bacterias (Schippers y Sand, 1999; Valls y De Lorenzo, 2002). Estas han sido señaladas como una opción para potenciar la fitorremediación de metales pesados. Diversos procesos, como la metilación, la sorción, la lixiviación y la precipitación, poseen el potencial de incrementar o mejorar la velocidad de recuperación de metales en los procedimientos de fitorremediación (Ma et al., 2011; Rajkumar et al., 2012).

Los metales pesados pueden ser capturados de manera pasiva por los elementos celulares de los microorganismos gracias a la atracción electrostática. Debido a que los metales tienen una carga positiva, son atraídos por las cargas negativas presentes en los grupos carboxilo, fosforilo y amino que se encuentran en las paredes celulares, las membranas celulares y las sustancias extracelulares de bacterias y hongos (Gadd 2004; Llacza Ladera, 2021). Una vez que se adhieren a la superficie celular, algunos metales pesados pueden ser internalizados por la

célula, y los cationes metálicos pueden unirse o precipitarse en vacuolas u otras estructuras para disminuir su toxicidad.

Dada la problemática planteada, se propuso el siguiente problema general: ¿En qué medida el uso de la bacteria *B. cereus* es eficiente para la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc?, y como problemas específicos: ¿Cuál es la dosificación óptima de la bacteria *B. cereus* para la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc?; ¿Cuál es el tiempo óptimo de exposición de la bacteria *B. cereus* para la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc? y ¿Cuáles son los factores ambientales que puedan afectar la eficiencia de *B. cereus* en la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc?

Desde un punto de vista ambiental, el presente estudio se justifica porque el uso de *B. cereus* para remediar suelos contaminados con Pb y Zn puede tener un impacto menos negativo en el medio ambiente que los métodos de remediación tradicionales. Por ello, se ha estudiado y analizado la eficacia de eliminación de contaminantes por parte de estas bacterias. Por otro lado, desde el punto de vista económico, la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados es una opción más rentable en comparación con otras técnicas de descontaminación ya que contribuye a reducir el tiempo de tratamiento mediante investigaciones de ingeniería genética (Covarrubias et al., 2015). En tanto a los aspectos sociales, la contaminación del suelo con metales pesados también puede tener efectos negativos en la salud humana. Por tanto, el uso de estas bacterias puede ayudar a reducir la contaminación por plomo y zinc y mejorar la calidad del suelo para que no afecte a la salud.

Por ende, la investigación sobre el uso de este microorganismo para remediar suelos contaminados con Pb y Zn es importante desde una perspectiva económica, ambiental y social. Esto debido a que puede ser una alternativa económica, sostenible y menos contaminante que los métodos tradicionales de remediación, y también puede ayudar a mejorar la calidad del suelo y reducir la exposición a metales pesados en las comunidades locales.

Asimismo, el uso de la bacteria para la biorremediación de suelos contaminados por metales pesados es una técnica que, debido a sus propiedades y características, favorecen al suelo y son adaptables ya que proporcionan ventajas en la inoculación al suelo afectado, siendo una herramienta de fácil manipulación y no afecta el entorno.

Se planteó como objetivo general: Evaluar la aplicación y eficiencia de *B. Cereus* para remediación de suelos contaminados por Pb y Zn.

Mientras que, los objetivos específicos son: Determinar la dosis óptima de *B. cereus* para la remediación en suelos contaminados por Pb y Zn; Determinar el tiempo óptimo de aplicación de *B. cereus* para la remediación suelos contaminados por Pb y Zn; Identificar los factores ambientales que puedan afectar la eficiencia de *B. cereus* en la remediación de suelos contaminados por Pb y Zn.

Considerando la formulación de estos objetivos, se propuso como hipótesis general: La aplicación de *B. cereus* para la remediación de suelos contaminados con Pb y Zn reduciría significativamente las concentraciones de estos metales y mejoraría la calidad del suelo. Las hipótesis específicas propuestas son las siguientes: Existe una dosis óptima de *B. cereus* que maximiza el efecto de remediación de suelos contaminados con Pb y Zn. Para aumentar la eficiencia de la biorremediación, el tiempo de contacto óptimo entre *B. cereus* y el suelo contaminado con Pb y Zn es de 6 días. Eficiencia *B cereus* en la remediación de suelos contaminados con Pb y Zn puede verse influenciado por factores ambientales como la temperatura, la humedad y el pH del suelo.

II. MARCO TEÓRICO

El suelo juega un papel importante en el medio ambiente y es esencial para el sustento de la vida. Pero también es vulnerable y el proceso de recuperación es lento y complicado. A lo largo de los años, ha estado expuesto a diversas formas de contaminación proveniente de actividades humanas, incluidas la minería y la agricultura (Silva Arroyave y Correa Restrepo, 2009). Como parte importante del medio ambiente, el suelo está expuesto a diversas fuentes de contaminación. Estos pueden afectar negativamente el metabolismo de las plantas y reducir su productividad. En este contexto, es importante considerar la biorremediación como una posible solución para remediar suelos contaminados con el fin de promover la restauración de la calidad del suelo y minimizar los efectos adversos sobre el medio ambiente y la salud (Rodríguez Eugenio, McLaughlin y Pennock, 2019).

Es necesario introducir tecnologías ecológicamente sostenibles para establecer tratamientos viables que puedan reducir significativamente la contaminación por metales pesados (Eleonora y Pineda, 2015). Así, el uso de organismos vivos como plantas y microorganismos es un avance trascendental en ciencia y tecnología para proteger los ecosistemas (Vivas Garcia, 2019). Este enfoque, conocido como biorremediación, aprovecha la capacidad natural de estos organismos para degradar o inmovilizar contaminantes ambientales en el suelo y el agua. También es importante enfatizar que en biorremediación se pueden identificar dos enfoques principales: la fitorremediación y la remediación microbiana (Wang et al., 2020).

En el campo de la microbiología, el género *Bacillus* se utiliza ampliamente en procesos de biorremediación dirigidos al suelo y el agua en entornos naturales afectados por la contaminación, como por ejemplo con metales pesados, plásticos y compuestos nitrogenados en aguas residuales (Lustosa et al., 2018; Sheela y Beebi, 2014).

La capacidad de acción de *Bacillus* para mejorar la calidad del suelo depende en extremo de factores como el método de aplicación, la concentración de oxígeno, la temperatura, el pH, la fuente de nutrientes, el tipo de cepa específica y la presencia de iones metálicos en el recurso a restaurar (Hlordzi et al., 2020). En este contexto, Shameer (2016) investigó la capacidad de biosorción de plomo, cobre y

cadmio utilizando polisacáridos extracelulares (EPS) extraídos de tres cepas: *B. licheniformis* NSPA5, *B. cereus* NSPA8 y *B. subtilis* NSPA13. Entre las cepas estudiadas, se observó que el EPS derivado de la cepa NSPA8 de *B. cereus* tenía una capacidad máxima de biosorción de plomo del 90 %. Asimismo, Suszek Gonçalves et al. (2020) encontraron que el aumento del pH conduce a una mayor atracción electrostática en el suelo, lo que resulta en una mayor adsorción de elementos como el cobre y el zinc. Por lo tanto, sugieren que uno de los factores que podría contribuir a una mejor adsorción de cobre y zinc en presencia de orgánicos disueltos es el pH, ya que en las pruebas muestran un pH más alto (que oscila entre 6,63 y 6,22 en disolución de equilibrio) en comparación con el control. tratamiento observado, que osciló entre 4,16 y 5,13.

Por otro lado, especies pertenecientes a *Bacillus*, como *Bacillus cereus*, se encuentran comúnmente en ambientes naturales, incluidas cepas con potencial patógeno y cepas útiles para los humanos. Por ejemplo, algunas cepas de *B. cereus* tienen la capacidad de formar esporas, lo que les da la capacidad de adaptarse durante largos períodos de tiempo en condiciones ambientales extremas. Sin embargo, también se ha identificado como un contaminante en ciertos tipos de alimentos que comúnmente se asocian con enfermedades diarreicas (McDowell et al., 2022). Estos microorganismos tienen la capacidad de crecer como biopelículas tanto bajo el agua como sobre el agua, y de secretar diversos metabolitos, enzimas, tensioactivos y bacteriocinas en estas biopelículas. Estas sustancias actúan sobre la propia biopelícula y su entorno (Majed et al., 2016).

La biorremediación es una alternativa importante debido a las características de los compuestos utilizados en el tratamiento, como su amplia distribución, baja biodisponibilidad, alta persistencia en el suelo y su potencial para la salud humana (Ortiz-Hernández et al., 2014). En su estudio, Alvarado-López et al. (2023) informaron sobre un consorcio bacteriano nativo capaz de degradar el cianuro de sodio en concentraciones iniciales de 5 a 120 mg/L en aguas residuales alcalinas sintéticas (pH superior a 9,2). Este consorcio demostró una eficacia notable del 98% en un período máximo de 15 días. De manera similar, Masood y Malik (2011), utilizaron una cepa del género *Bacillus* para reducir el cromo (Cr) y convertirlo de

Cr(VI) a Cr(III). La cepa seleccionada mostró resistencia a varios metales pesados, incluidas concentraciones de 1000 mg Cr(VI)/L, 200 mg Cd/L, 800 mg de cobre por litro, 1600 mg Cr(III)/L, 800 mg de cobalto por litro y Mg .Ni/L, así como 1000 mg de zinc por litro. En condiciones iniciales de 50 mg de Cr(VI)/L, pH 8 y 37 °C, la recuperación completa fue evidente después de 24 horas. A un volumen de 50 mg de Cr(VI)/L, se logró una recuperación completa en 48 horas, y a una concentración primaria de 200 mg de Cr(VI)/L, se logró una reducción del 73% en 48 horas.

Según el estudio de Tejera-Hernández, Rojas-Badía y Heydrich-Pérez (2011), la rizosfera desempeña un papel primordial al funcionar como primera barrera de defensa de la flora contra los organismos fitopatógenos presentes en el suelo, impidiendo su establecimiento. No obstante, el suelo remanente tras la obra minera suele tener lugar diversos principios jamás deseados, como restos y desperdicios estériles, que plantean desafíos significativos para el establecimiento de la cubierta vegetal. Entre sus características más notables se incluyen: desequilibrios en su cántico textural, escasa o nula estructura del suelo, alteraciones químicas inusuales, reducidos niveles o desequilibrios en nutrientes esenciales, estremecimiento de los ciclos biogeoquímicos, poco aplanamiento efectivo, dificultades para la expansión de raíces, estrecha destreza de intercambio iónico, poca retención de agua y la existencia de sustancias tóxicas (García y Dorronsoro, 2005).

En los últimos tiempos, se ha evidenciado el impacto significativo que una amplia gama de microorganismos rizosféricos tiene en el dominio de estos organismos. Para Chen et al. (2020), este descubrimiento ha llevado a los investigadores a explorar los diferentes mecanismos de acción de los agentes de control biológico (ACB) con el fin de prevenir el crecimiento, desarrollo e infección de patógenos vegetales en diversos cultivos agrícolas de relevancia económica. También destacan que las cepas microbianas utilizadas como ACB en la rizosfera han demostrado poseer estos mecanismos de acción. Entre estas cepas, el género *Bacillus* ha sido ampliamente estudiado debido a su alta diversidad y distribución en los sistemas agrícolas que incluyen suelo, agua y plantas. En el sur de Europa, específicamente en regiones contaminadas por metales pesados en España, como Cartagena y Huelva, se registran valores de pH en el suelo que varían entre 2,82 y

6,93. En contraste, en las áreas de control, donde el pH se encontró en un rango de 6,78 a 7,53 (Delplace et al., 2020). En su estudio, Sher et al. (2021) propusieron el uso de cepas de *Bacillus* y *Pseudomonas* para la oxidación de arsenito a arseniato. *Pseudomonas monteilii* exhibe capacidad para asimilar concentraciones de 2000 µg As(III).ml⁻¹, 22000 µg de cromo por mililitro, 100 µg de mercurio (Hg) por mililitro, 3000 µg de selenio (Se) por mililitro, 600 µg de plomo por mililitro, 100 µg de cobalto por mililitro, 50 µg de cadmio (Cd) por mililitro, y 500 µg de zinc por mililitro. Además, presenta un nivel de oxidación de As(III) a As(V) del 92% a 37 °C, pH 7, con un volumen inicial de 100 µg As(III).ml⁻¹ en un periodo de 96 horas. Por otro lado, *B. infantis* muestra tolerancia a 2500 µg As(III).ml⁻¹, 150 µg de Cr/ml, 50 µg de Hg.ml⁻¹, 3500 µg Se.ml⁻¹, 2000 µg de Pb.ml⁻¹, 100 µg de Co.ml⁻¹, 50 µg Cd.ml⁻¹, y 600 µg de Zn.ml⁻¹. Esta cepa logra una oxidación del 96% de As(III) a As(V) con una medida inicial de 100 µg de As(III).ml⁻¹, a 37 °C y pH 7, después de 96 horas.

En su investigación, Aragonés Sanz et al. (2001) señalaron que el arsénico inorgánico fue una de las primeras sustancias químicas consideradas cancerígenas y tuvo efectos negativos sobre la salud humana y los ecosistemas. Por ello, Miranda Chambi (2019) evaluó el potencial fitorremediador de *Schoenoplectus Californicus* (Totora) para la eliminación in vitro de arsénico y boro utilizando humedales horizontales. Los autores concluyeron que utilizar la especie *Schoenoplectus californicus* para crear un humedal de sorción es una opción técnicamente viable para la eliminación de boro y arsénico. De igual forma, Wang et al. (2018) estudiaron la reducción de mercurio (Hg) utilizando la bacteria *Escherichia coli* y mostraron una eficiencia de adsorción del 93,2% de Hg(II). Este hallazgo sugiere que *E. coli* tiene un potencial prometedor como candidato para la biorremediación del mercurio en aguas residuales contaminadas.

Por otro lado, en el mundo microbiano, se sabe que la adaptabilidad metabólica de algunos miembros del grupo *Bacillus* es notable en el contexto agrícola. Especies como *B. subtilis*, *B. licheniformis* y *B. pumilus* pertenecen a un grupo de gran importancia agrícola. Devanesan y AlSalhi (2021) estudiaron la eliminación de cadmio (Cd) y zinc (Zn) por *Bacillus amyloliquefaciens* en aguas residuales industriales. Como resultado, se encontró que la biosorción máxima de Cd(II) alcanzó el 98,4% a una concentración de 100 ppm, y la biosorción máxima de Zn(II)

fue del 98,3% a una concentración de iones metálicos de 150 ppm. Sin embargo, se sabe que *Bacillus cereus* es una bacteria grampositiva que recientemente ha adquirido una importancia cada vez mayor como patógeno emergente transmitido por los alimentos (Ehling-Schulz, Knutsson y Scherer, 2014). Es crucial realizar una identificación precisa y determinar su virulencia en humanos para garantizar la selección y comercialización adecuada de agentes de biocontrol relacionados con estas especies.

En su estudio, Beltrán-Pineda y Gómez-Rodríguez (2016) indican que los microorganismos juegan un papel fundamental en la degradación de los metales pesados. Esto se logra mediante diversos mecanismos bioquímicos como la unión de metales, la bioacumulación, la biosorción, la modificación de la valencia del metal, la biometilación, la volatilización, la precipitación química extracelular y los procesos simbióticos. Estos mecanismos permiten la degradación o conversión de estos contaminantes en compuestos menos tóxicos o incluso nanopartículas metálicas (NPs). Por otro lado, Castro Longoria (2022) destaca que las NPs al generar especies reactivas de oxígeno y provocar daños en el tejido celular, pueden inhibir las bacterias patógenas. Esto significa que al usar *B. cereus* en la remediación de suelos contaminados con metales pesados, *sus procesos químicos podrían convertir a esta bacteria en un agente no patógeno para la salud humana a través de sus procesos químicos*. Por ello, Zhenggang et al. (2018) utilizaron la cepa *B. cereus* para realizar la biosorción de manganeso. Esta cepa tiene una tolerancia de un volumen de 1000 mg de Mn(II)/L. Se encontró que la cepa tenía un potencial de biosorción del 99% a un volumen de 600 mg Mn(II)/L y del 67% a una concentración de 800 mg Mn(II)/L en un periodo de 5 días.

Por otro lado, Golovko et al. (2022) mencionan que, las enfermedades causadas por *B. cereus* las cuales se transmiten por los alimentos, generalmente ocurren con 5 a 8 log UFC/espores por g del vehículo alimentario. Esto implica que la remediación de los suelos contaminados por metales pesados mediante el uso de este microorganismo es viable, siempre y cuando se realice tomando en cuenta una dosificación adecuada y con el equipo de control biológico adecuado. En contraste, Liu et al. (2020) optimizaron la eliminación de Cr(VI) utilizando *B. subtilis*. Los resultados más propicios se alcanzaron a un pH de 5 durante 24 horas, un

porcentaje de inóculo de 4,64% (v/v) y una concentración primaria de 55 mg Cr(VI)/L. Estas condiciones óptimas condujeron a tasas de eliminación del 93%. *B. subtilis* reduce el Cr(VI) a Cr(III) extracelularmente, como resultado de la formación de sustancias poliméricas extracelulares (SPEs) como polisacáridos, ácidos nucleicos y proteínas inducidos por situaciones adversas.

En los sistemas agrícolas, el suelo alberga una gran cantidad de microorganismos, estimándose alrededor de 1×10^9 células por gramo de suelo. Esto resalta la abundancia y diversidad de microorganismos que coexisten en esta matriz dinámica del suelo en los agrosistemas (Reyes Ardila, 2023). Por ello, el empleo de microorganismos para la remediación de suelos contaminados es una alternativa viable y eficaz. Los biosurfactantes generados por *Bacillus* con un índice de remoción más alto son las cepas de bacterias gram positivas, demostrando una eficacia de remediación del suelo que oscila entre el 50% y el 80%. En contraste, el porcentaje de remoción de los biosurfactantes producidos por bacterias gram negativas varía en un rango de entre el 20% y el 50% (Irigoien Gonzales, 2021). Lo que indica que incluso las bacterias nativas en las muestras de suelo tienen la capacidad de degradación de contaminantes.

La utilización de grandes poblaciones de microorganismos específicos es común para facilitar su establecimiento y colonización en los sistemas agrícolas. No obstante, esta práctica puede perturbar las comunidades microbianas presentes en dichos sistemas (Trabelsi y Mhamdi, 2013). Esto es especialmente relevante cuando se inoculan agentes de biocontrol que, debido a su actividad biológica, tienden a ser inespecíficos o no selectivos para un patógeno vegetal en particular. Esto podría ocasionar alteraciones impredecibles en la configuración microbiana de los sistemas agrícolas. Por ende, es fundamental analizar los impactos de la introducción de agentes de biocontrol en la estructura y composición de las comunidades microbianas, con el propósito de preservar el equilibrio ecológico y asegurar la efectividad del resultado biológico esperado.

El aumento de la actividad minera ha generado un incremento en la contaminación ocasionada por metales pesados, lo que a su vez ha resultado en daños significativos en las regiones próximas a ríos o afluentes. Esto tiene un

impacto directo en la agricultura, ya que utiliza el agua de estos afluentes para el riego de cultivos (Puga et al., 2006). En un estudio, Cedeño Moreira y Canchignia Martínez (2022) destacaron que el 35% de los aislamientos pertenecientes a bacterias gram negativas, lograron reducir hasta en un 50% las concentraciones iniciales de zinc en un período de 72 horas de incubación en un medio de cultivo líquido. Del mismo modo, Mwandira et al. (2020) evidenciaron que *Oceanobacillus profundus* exhibió una tasa de eliminación de Pb(II) del 97 % a partir de una concentración de 50 mg/L y una tasa de eliminación de Zn(II) del 54 % a un volumen inicial de 2 mg/L. Ambos se llevaron a cabo en un periodo de 24 horas a una temperatura de 30 °C y un pH de 6. La biosorción se llevó a cabo utilizando SPEs producidas por *O. profundus*. Las SPEs constan de 105 µg/L de proteína y 679 µg/L de carbohidratos debido a la presencia de grupos carboxilo, grupos sulfato y grupos fosfato cargados negativamente.

Por su parte, Tripathi et al. (2021) trabajaron con un proceso de bioaumentación con el propósito de despejar contaminantes organometálicos en aguas residuales de destilería, pudieron demostrar que después del tratamiento de bioaumentación, los metales como zinc y plomo tuvieron una reducción de 11.999 ± 8.76 y 85.111 ± 0.32 , a un 6.111 ± 0.11 y 23.456 ± 1.67 mg L⁻¹, respectivamente. Además, se ha reportado que *Penicillium citrinum* tiene la capacidad de reducir la concentración de Cr(VI) hasta en un 80% después de 120 horas de exposición a aguas residuales de curtiduría utilizando un biorreactor de columna de burbujas de 5 litros (Zapana Huarache et al. 2020).

Por otro lado, Mujawar, Vaigankar y Dubey (2021) implementaron *B. flexus* para la biorremediación de arsénico (As), la cepa mostró resistencia a 1872 mg de As(III)/L en condiciones líquidas y 3071 mg de As(III)/L en condiciones sólidas. A partir de un volumen inicial de 7491 mg de As(III)/L, logra oxidar e internalizar 524 As(V)/L en un lapso de 24 horas. De igual forma, Jing et al. (2020) mencionaron que la combinación de diversas especies predominantes, en condiciones ideales, como la unión de *P. chrysosporium*, *T. reesei*, *Pterula sp.* cepa QD-1 y *Bacillus* (específicamente *B. subtilis* y *cereus*), resulta favorable en la remoción de metales pesados. Con esta combinación, se logró una remediación exitosa, alcanzando una eliminación del 78% para el uranio, del 90% para el plomo, y una tasa de liberación

de otros metales pesados superior al 95%. Más no todo es favorable cuando se trata de utilizar microorganismos para remediar agentes contaminantes en el ambiente, ya que se pueden presentar algunos desafíos o complicaciones al momento de remediar, con microorganismos, los suelos contaminados. Esto es discutido por Ray (2014), en su análisis de la biorremediación con pesticidas, señala que "la velocidad de crecimiento de los organismos in situ a veces es limitada, y cuando la velocidad de biodegradación es reducida, se puede mejorar el suelo mediante la adición de nutrientes como nitrógeno y fósforo". A pesar de ello, se han logrado avances significativos en la aplicación de *B. cereus* en diversas áreas, gracias a su notable capacidad de adaptación.

Cui et al. (2015) examinaron la capacidad de *B. dabaoshanensis* para reducir Cr(VI) a Cr(III), siendo esta cepa tolerante hasta 600 mg Cr(VI)/L. A una concentración inicial de 50 mg Cr(VI)/L, *B. dabaoshanensis* lo redujo completamente a Cr(III) en 48 horas. Asimismo, a concentraciones de 75 mg Cr(VI)/L, 100 mg Cr(VI)/L (reducido en un periodo de 72 horas), 125 mg Cr(VI)/L (reducción del 85% en un tiempo óptimo de 144 horas), y 150 mg Cr(VI)/L (reducción del 25% después de 144 horas), demostró diferentes tasas de reducción. Mientras que, Kumar et al. (2016) emplearon *B. thuringiensis* para eliminar cobalto (Co). En condiciones líquidas, esta variante bacteriana demostró una eficacia del 40 % en la eliminación de Co a una concentración de 50 mg Co/L y del 22 % a 100 mg Co/L en un periodo de 48 horas. En el entorno sólido, la tasa de remoción fue del 28 % tras 48 horas con un volumen de 50 mg Co/L. En contraste, *B. safensis*, resistente hasta 500 mg Cr(VI)/L, exhibió la habilidad de transformar el Cr(VI) a Cr(III), logrando una reducción del 72 % a 100 mg Cr(VI)/L.

De acuerdo con Zhang et al. (2022), el fenol es un contaminante ambiental ampliamente asociado a la refinación de petróleo, lo cual ha sido objeto de estudio. Este trabajo ha identificado que *B. cereus* tiene la capacidad de degradar completamente el fenol en concentraciones de hasta 1.500 mg/L en un tiempo de 26 horas ($57,7 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) en condiciones óptimas. Es importante destacar que esta bacteria supera en eficiencia a otras bacterias degradantes ya conocidas. Además, es capaz de eliminar el fenol de manera eficaz en un amplio rango de condiciones,

abarcando temperaturas de 22 a 37 °C, un rango de pH de 7 a 9 y puede tolerar el estrés por iones de manganeso (Mn^{2+}) y zinc (Zn^{2+}).

Por otro lado, Li et al. (2020), al evaluar la tolerancia y remoción del cromo mediante el aislamiento de dos cepas de *Bacillus cereus*, *B. cereus* D y 332, respectivamente, destacaron que *B. cereus* D logró una eliminación del 87,8% del Cr(VI) en un período de 24 horas, partiendo de una carga inicial de 2 mM de Cr(VI). De manera similar, cuando se añadieron 0,4 mM de Cu(II) al cultivo, *B. cereus* 332 logró eliminar el 99,9% del Cr(VI) en el mismo lapso de 24 horas. No obstante, la contaminación por metales constituye una forma persistente, extendida y duradera de adaptación que puede verse afectada por las características fisicoquímicas del suelo, que posee relevancia tanto en términos ambientales como clínicos, en la investigación de Nath et al. (2019), se señaló que el examen de las muestras de suelo mostró una conductividad eléctrica que variaba entre 0,12 y 0,18 mS/cm. Además, el pH promedio del suelo se registró en $5,67 \pm 0,12$. También se destacó que un pH más bajo tiende a incrementar la solubilidad de iones metálicos perjudiciales. De tal forma, se debe aprovechar y potenciar el uso de organismos vivos para la degradación de contaminantes, con el fin de mantener un ambiente estable y sostenible que brinda un importante aporte para el sustento de la humanidad.

Es sabido que, a lo largo de los años, la minería ha favorecido a la humanidad gracias a la extracción de recursos favorables para el desarrollo tecnológico. Sin embargo, estas acciones dejan consecuencias en el ambiente siendo el principal contaminante la presencia de metales pesados o elementos traza en los suelos (Serrato et al., 2010). En la recuperación de suelos afectados por procesos mineros, se emplean diversos enfoques o procedimientos. Las tecnologías más usuales para abordar la recuperación de suelos impactados incluyen métodos de tratamiento fisicoquímico, térmico y biológico (Gambini Valverde, 2020), siendo este último el método más factible en el enfoque económico, social y ambiental.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación siguió un enfoque cuantitativo, haciendo hincapié en la unidad del método científico (Rodríguez Moya, 2019). Además, fue investigación de tipo aplicada, ya que se centró en la resolución de una problemática específica.

3.1.2. Diseño de investigación

Este estudio adoptó un diseño experimental de nivel cuasiexperimental, en virtud de que involucró análisis relacionados con el tratamiento de suelos afectados por la presencia de Pb y Zn. También, se efectuaron evaluaciones de las características y análisis fisicoquímicos para discernir los parámetros ambientales, a la par de examinar el desempeño de la bacteria *Bacillus cereus* en el proceso de remediación.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: *Bacillus cereus*

Variable dependiente: Remediación de suelos contaminados por plomo y zinc

La operacionalización de variables se aprecia en el Anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Conjunto de varios componentes y una diversidad de atributos que requieren análisis, ya que a través de estos se logrará establecer los parámetros de la muestra (Arias-Gómez, Villasís-Keever y Miranda-Novales, 2016). En este estudio específico, se identificó como población de interés los suelos afectados por metales pesados en un terreno de 1 ha, ubicado en Muqui-Jauja-Junín.

3.3.2. Muestra

También conocida como parte que representa a la población, que está formada por diversas unidades de análisis (Hernández-Ávila y Carpio, 2019). Por ende, en la presente investigación se tomaron 8 kg de suelo contaminado por metales pesados que fueron extraídos de un terreno de 1 ha, en Muqui-Jauja-Junín.

3.3.3. Muestreo

Los métodos derivados de la recolección de la muestra. Según estas técnicas de muestreo, se puede evaluar el nivel de confianza, siendo los métodos probabilísticos y no probabilísticos los dos tipos principales (Arias-Gómez, Villasís-Keever y Miranda-Novales, 2016). En este estudio, se aplicó un muestreo probabilístico de tipo aleatorio simple, ya que todas las muestras exhibieron una consistencia uniforme.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se empleó para el desarrollo de la presente investigación cuasiexperimental fue la observación, y como instrumento de recolección de datos se utilizaron 4 fichas, las cuales son: Ficha 1: Registro de datos y descripción de las muestras, Ficha 2: Registro de los parámetros de las muestras de suelo, Ficha 3: Determinación de dosis óptima de *Bacillus cereus*, Ficha 4: Determinación del tiempo óptimo de exposición de *Bacillus cereus*.

3.5. Procedimientos

El proceso de la investigación se representa en la Figura 1.

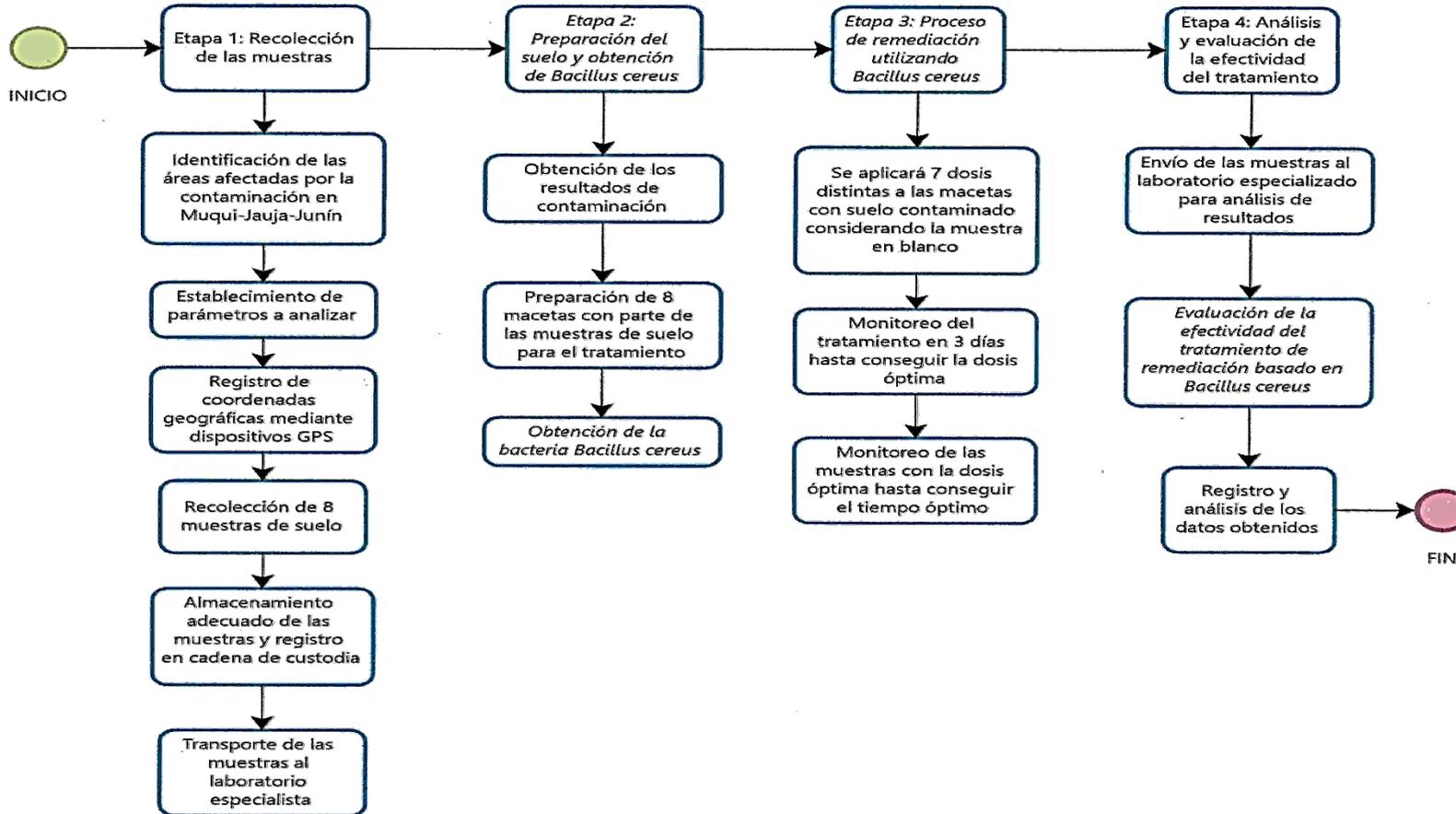


Figura 1: Diagrama de procedimientos de la investigación

Etapas 1: Recolección de las muestras

En la primera etapa del estudio, se llevó a cabo la recolección de las muestras de suelo agrícola contaminado por metales pesados en la zona de Muqui-Jauja-Junín. Se realizó una selección aleatoria de dichas muestras para asegurar su representatividad. Se determinó una profundidad de muestreo de 20 cm y se recolectaron un total de 8 muestras de suelo, cada una con un peso de 1 kg. Posteriormente, las muestras fueron transportadas al laboratorio especializado y certificado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) para las respectivas evaluaciones.

Etapas 2: Preparación del suelo y obtención de la bacteria *Bacillus cereus*

Una vez obtenidos los resultados de los análisis de las muestras de suelo recolectadas, se continuó con la preparación del suelo contaminado en condiciones controladas. Se utilizaron 8 macetas, cada una de ellas contuvo 1 kg de suelo contaminado y simultáneamente, se obtuvo la bacteria *Bacillus cereus*.

Etapas 3: Proceso de remediación utilizando *Bacillus cereus*

Una vez preparadas las macetas con el suelo contaminado y obtenida la bacteria *Bacillus cereus*, se procedió a la aplicación del tratamiento de remediación. Durante un período de 3 días, se realizó un monitoreo de las características fisicoquímicas del suelo. Este proceso de monitoreo se desarrolló con el objetivo de evaluar los cambios y la efectividad del tratamiento de remediación.

Etapas 4: Análisis y evaluación de la efectividad del tratamiento

Se recolectaron las 8 muestras de suelo después del proceso de remediación, las cuales fueron enviadas nuevamente al laboratorio especializado para realizar análisis adicionales. Estos análisis permitieron evaluar la efectividad del tratamiento de remediación basado en *Bacillus cereus* en la reducción de la contaminación por pesticidas en el suelo.

3.6. Método de análisis de datos

Los resultados recolectados fueron analizados mediante el empleo del software Excel. Este procesamiento incluyó la creación de tablas y gráficos, así como la interpretación de los datos de las muestras de suelo recopiladas antes y después de la aplicación del tratamiento de *Bacillus cereus* para la remediación de plomo y zinc.

3.7. Aspectos éticos

El estudio pasó por el sistema de detección de originalidad TURNITIN para garantizar la autenticidad del proyecto. Además, se adhirió a las directrices de la resolución del Consejo Universitario N° 0042-2023/UCV, que establece las regulaciones para la investigación científica, así como la conformidad con las normas de referencia ISO-690.

Igualmente, se respetaron las pautas éticas delineadas en la resolución del Consejo Universitario N.º0128-2023/UCV. Además, se cumplieron las normativas que guían el desarrollo de la investigación, y se siguió la guía de productos de investigación aprobada en la Resolución del Vicerrectorado de Investigación N°062-2023-VI-UCV. Los resultados de los análisis se obtuvieron de laboratorios acreditados por INACAL.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis inicial del suelo

En la Tabla 1 se muestran los valores obtenidos en el análisis fisicoquímico inicial de la muestra de suelo de Muqui-Jauja-Junín.

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos de la muestra general

Parámetros fisicoquímicos		Valores
pH (0-14)		7.4
Temperatura (°C)		22.9
Conductividad eléctrica (µS/cm)		2075
Humedad (%)		10.38
Materia orgánica (%)		1.72
Nitrógeno (N) (%)		1.12
Potasio (P) (%)		1.18
Fósforo (K) (%)		1.04
Textura	Arena (%)	30
	Arcilla (%)	25
	Limo (%)	45

A partir de la Tabla 1, se pudo identificar los valores fisicoquímicos de la muestra inicial de suelo, mostrando un pH de 7.4 y una conductividad eléctrica de 2075 µS/cm, lo que indica que el suelo muestra una salinidad alta. Asimismo, una temperatura de 22.9 °C y un porcentaje de nutrientes como el nitrógeno 1.12%, potasio 1.18% y fósforo 1.04%. Los valores de materia orgánica fueron de 1.72% y textura franco arenoso (arena 30%, arcilla 25% y limo 45%), demostrando que el suelo tiene una buena combinación de retención de agua y drenaje.

En la Tabla 2 se presentan los valores iniciales de plomo y zinc en la muestra de suelo tomado en Muqui-Jauja-Junín.

Tabla 2: Valores iniciales de plomo y zinc

Muestra Inicial		
Muestras	Plomo (mg/kg)	Zinc (mg/kg)
Muestra general (PMG)	4420.47	16380.31

Donde: PMG= Punto de Muestra General

Con la Tabla 2, se determinó los valores iniciales de plomo y zinc en la muestra de suelo, mostrando valores de 4420.47 mg/kg para plomo y 16380.31 mg/kg para zinc. Lo que demuestra un alto nivel de contaminación por estos metales en los suelos agrícolas de la comunidad de Muqui-Jauja-Junín.

4.2. Dosis óptima de la *Bacillus cereus*

Para hallar la dosis óptima se evaluaron 7 muestras de suelo, de 1kg cada una, a las cuales se les aplicó 7 dosis distintas en un periodo de 3 días, teniendo como más efectivas en la remoción de plomo y zinc, a las dosis utilizadas en las muestras número 2 (PM2) y 5 (PM5), respectivamente.

En la Tabla 3 se muestran los valores obtenidos en el análisis fisicoquímico realizado después del tratamiento de remediación, aplicado a 7 muestras de suelo en un tiempo de 3 días.

Tabla 3: Parámetros fisicoquímicos en la determinación de la dosis óptima

Parámetros fisicoquímicos	Valores iniciales	Muestras							
		PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	
		3 ml	6 ml	9 ml	12 ml	15 ml	18 ml	21 ml	
pH (0-14)	7.4	7.75	7.91	7.92	7.78	7.84	7.83	7.87	
Temperatura (°C)	22.9	23.7	23.2	22	23.1	22.4	22	22.8	
Conductividad eléctrica (µS/cm)	2075	1631	1547	1378	1688	1707	1621	1615	
Humedad (%)	10.38	17.14	17.64	17.89	18.05	18.21	18.36	18.67	
Materia orgánica (%)	1.72	3.25	3.26	3.31	3.33	3.42	3.42	3.43	
Nitrógeno (N) (%)	1.12	1.56	1.59	1.59	1.62	1.58	1.66	1.69	
Potasio (P) (%)	1.18	1.74	1.76	1.79	1.76	1.78	1.81	1.83	
Fósforo (K) (%)	1.04	1.18	1.17	1.21	1.21	1.25	1.27	1.27	
Textura	Arena (%)	30	28	28	28	27	27	27	27
	Arcilla (%)	25	27	27	27	27	27	27	27
	Limo (%)	45	45	45	45	46	46	46	46

Donde: PM= Punto de Muestra

A partir de la Tabla 3, se observó que, luego de la aplicación de las distintas dosis, se logró una ligera variación en los valores de pH y conductividad eléctrica; lo que indica un suelo con salinidad media. De igual forma, se demuestra una variación en la humedad, esto debido a que se priorizó el mantener húmedo el suelo para la supervivencia de la *B. cereus*. Asimismo, se resalta la variación de la materia orgánica, evidenciando la presencia de los microorganismos en el suelo. También se observó variaciones en los valores de N, P y K, lo que demuestra que el uso de *B. cereus* influye de manera positiva en los nutrientes necesarios del suelo.

En la Tabla 4 se muestra el porcentaje de remoción de plomo, después de la aplicación de 7 dosis distintas de *Bacillus cereus*, en un periodo de 3 días.

Tabla 4: Porcentaje de remoción de plomo en un periodo de 3 días

Porcentaje de remoción de plomo				
Muestras	Dosis	Plomo (mg/kg)		Remoción (%)
		Valor inicial	Valor final	
PM1	(3 ml)	4420.47	3706.44	16.15
PM2	(6 ml)	4420.47	3296.78	25.42
PM3	(9 ml)	4420.47	3786.93	14.33
PM4	(12 ml)	4420.47	3368.7	23.79
PM5	(15 ml)	4420.47	3466.99	21.57
PM6	(18 ml)	4420.47	4148.73	6.15
PM7	(21 ml)	4420.47	3851.93	12.86

Donde: PM= Punto de Muestra

A partir de la Tabla 4, se observó mayor eficacia con las dosis de 6 ml y 12 ml; siendo la primera, más efectiva en el tratamiento de remoción de plomo en suelos agrícolas, obteniendo un 25.42% de remoción, en un periodo de 3 días.

En la Tabla 5 se muestra el porcentaje de remoción de zinc, después de la aplicación de 7 dosis distintas de *Bacillus cereus*, en un periodo de 3 días.

Tabla 5: Porcentaje de remoción de zinc en un periodo de 3 días

Porcentaje de remoción de zinc				
Muestras	Dosis	Zinc (mg/kg)		Remoción (%)
		Valor inicial	Valor final	
PM1	(3 ml)	16380.31	5345.78	67.36
PM2	(6 ml)	16380.31	5258.6	67.9
PM3	(9 ml)	16380.31	5343.98	67.38
PM4	(12 ml)	16380.31	5192.19	68.3
PM5	(15 ml)	16380.31	5158.5	68.51
PM6	(18 ml)	16380.31	11217.87	31.52
PM7	(21 ml)	16380.31	5393.53	67.07

Donde: PM= Punto de Muestra

A partir de la Tabla 5, se observó mayor eficacia con las dosis de 12 ml y 15 ml; siendo esta última, más efectiva en el tratamiento de remoción de zinc en suelos agrícolas, obteniendo un 68.51% de remoción, en un periodo de 3 días.

Por ende, se procedió a evaluar el tiempo óptimo de biorremediación de las dosis de mayor eficacia, tanto para la remoción de plomo, como para la remoción de zinc en las muestras de suelo.

4.3. Tiempo óptimo de aplicación de *Bacillus cereus*

Para hallar el tiempo óptimo se evaluaron 6 muestras de suelo, de 1kg cada una, a las cuales se les aplicó una dosis de 6 y 15 ml en 3 periodos distintos los cuales fueron: 6, 9 y 12 días.

En la Tabla 6 se muestran los valores obtenidos en el análisis fisicoquímico realizado después del tratamiento de remediación, en los 3 períodos de tiempo evaluados.

Tabla 6: Parámetros fisicoquímicos en la determinación del tiempo óptimo

Parámetros fisicoquímicos		Valores iniciales	Dosis 1: 6 ml			Dosis 2: 15 ml		
			6 días	9 días	12 días	6 días	9 días	12 días
pH (0-14)		7.4	7.03	7.06	7.11	7.02	7.08	7.15
Temperatura (°C)		22.9	23.9	23.6	23.8	23.8	23.6	23.8
Conductividad eléctrica (µS/cm)		2075	1324	1488	1417	1327	1483	1472
Humedad (%)		10.38	17.88	18.38	18.75	17.92	18.42	18.83
Materia orgánica (%)		1.72	3.26	3.32	3.42	3.26	3.33	3.43
Nitrógeno (N) (%)		1.12	1.6	1.61	1.68	1.62	1.65	1.72
Potasio (P) (%)		1.18	1.77	1.85	1.92	1.79	1.87	1.86
Fósforo (K) (%)		1.04	1.23	1.26	1.32	1.21	1.28	1.34
Textura	Arena (%)	30	26	25	25	26	25	25
	Arcilla (%)	25	27	27	27	27	27	27
	Limo (%)	45	47	48	48	47	48	48

A partir de la Tabla 6, se observó que luego de la aplicación de las dosis de 6 ml y 15 ml de *Bacillus cereus*, evaluados en 3 tiempos distintos, se logró una ligera variación en los valores de pH y conductividad eléctrica, lo que indica un suelo con salinidad media. De igual forma, se demuestra una variación en la humedad, esto debido a que se priorizó el mantener húmedo el suelo para la supervivencia de la *B. cereus*. Asimismo, se resalta la variación de la materia orgánica, evidenciando la presencia de los microorganismos en el suelo. También se observó variaciones en los valores de N, P y K, lo que demuestra que el uso de *B. cereus* influye de manera positiva en los nutrientes necesarios del suelo.

En la Tabla 7 se muestra el porcentaje de remoción de plomo, después de la aplicación de las dosis de 6 y 15 ml de *Bacillus cereus*, en 3 períodos de tiempo distintos.

Tabla 7: Porcentaje de remoción de plomo para determinar el tiempo óptimo

Porcentaje de remoción de plomo					
Muestras	Dosis	Tiempo	Plomo (mg/kg)		Remoción (%)
			Valor inicial	Valor final	
PM2-6D	6 ml	6 días	4420.47	3977.49	10.02
PM2-9D	6 ml	9 días	4420.47	3977.72	10.02
PM2-12D	6 ml	12 días	4420.47	4332.77	1.98
PM5-6D	15 ml	6 días	4420.47	4158.67	5.92
PM5-9D	15 ml	9 días	4420.47	3733.07	15.55
PM5-12D	15 ml	12 días	4420.47	3835.59	13.23

Donde: PM2= Punto de Muestra 2; PM5= Punto de Muestra 5; D= Días

A partir de la Tabla 7, se observó mayor eficacia con la dosis de 15 ml de *B. cereus*, en los tiempos de 9 y 12 días. En los 9 días se obtiene un mejor resultado, alcanzando una efectividad del 15.55% en la remoción de plomo.

En la Tabla 8 se muestra el porcentaje de remoción de zinc, después de la aplicación de las dosis de 6 y 15 ml de *Bacillus cereus*, en 3 períodos de tiempo distintos.

Tabla 8: Porcentaje de remoción de zinc para determinar el tiempo óptimo

Porcentaje de remoción de zinc					
Muestras	Dosis	Tiempo	Zinc (mg/kg)		Remoción (%)
			Valor inicial	Valor final	
PM2-6D	6 ml	6 días	16380.31	10189.90	37.79
PM2-9D	6 ml	9 días	16380.31	10196.62	37.75
PM2-12D	6 ml	12 días	16380.31	10901.93	33.44
PM5-6D	15 ml	6 días	16380.31	10240.06	37.49
PM5-9D	15 ml	9 días	16380.31	9872.54	39.73
PM5-12D	15 ml	12 días	16380.31	9922.68	39.42

Donde: PM2= Punto de Muestra 2; PM5= Punto de Muestra 5; D= Días

A partir de la Tabla 8, se observó mayor eficacia con la dosis de 15 ml de *B. cereus*, en los tiempos de 9 y 12 días. En los 9 días se obtiene un mejor resultado, alcanzando una efectividad del 39.73% en la remoción de zinc.

V. DISCUSIÓN

Mediante la evaluación de la eficacia de *Bacillus cereus* en la remoción de plomo, se observó que la dosis de 6 ml se logró una remoción del 25.42%. Mientras que, Jing et al. (2020) demostraron que con la unión de *P. chrysosporium*, *T. reesei*, *Pterula sp.* cepa QD-1 y *Bacillus* (específicamente *B. subtilis* y *cereus*), se logró una remediación del 90% para el plomo, 78% para el uranio y una tasa de liberación de otros metales pesados superior al 95%. Asimismo, Li et al. (2020), al evaluar la tolerancia y remoción del cromo mediante el aislamiento de dos cepas de *Bacillus cereus*, destacaron que *B. cereus* D logró una eliminación del 87,8% del Cr(VI) en un período de 24 horas y *B. cereus* 332 logró eliminar el 99,9% del Cr(VI) en el mismo lapso de 24 horas. De igual manera, Shameer (2016) observó que los EPS derivados de la cepa *B. cereus* NSPA8 exhibieron una máxima capacidad de biosorción del plomo del 90%. Del mismo modo, Zhenggang et al. (2018) demostraron que *B. cereus* tiene un potencial de biosorción del 99% a un volumen inicial de 600 mg Mn(II)/L y 67% a concentración de 800 mg Mn(II)/L en un periodo de 5 días.

Por otro lado, al evaluar la eficacia de *Bacillus cereus* en la remoción de zinc, se observó que la dosis de 15 ml en un periodo de 3 días logró reducir la presencia de zinc en el suelo, pasando de 16380.31 a 5158.5 mg/kg, lo que equivale al 68.51% de remoción de este metal. Mediante un proceso de bioaumentación, Tripathi et al. (2021) demostraron una reducción de zinc 11.999 ± 8.76 a 6.111 ± 0.11 mg/L y lograron reducir la presencia de plomo pasando de 85.111 ± 0.32 a 23.456 ± 1.67 mg/L. De igual forma, Devanesan y AlSalhi (2021) demostraron que la bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* alcanzó el 98,3% de biosorción de Zn(II) y una capacidad de biosorción del 98,4% de Cd(II), en concentraciones de 150 y 100 ppm, respectivamente. Mientras que, en el estudio de Wang et al. (2018), demostraron que *E. coli* tiene una eficacia de adsorción del 93,2 % de Hg(II).

En la determinación del tiempo óptimo del tratamiento con *B. cereus* para la remoción de plomo, se observó que en 3 días el tratamiento demuestra mayor eficacia, debido a que en ese corto periodo de tiempo se logró remover un 25.42%. Mientras que, en un periodo de 9 días se logró remover el plomo en un 15.55%. Mwandira et al. (2020) demostraron que *Oceanobacillus profundus* remueve el

Pb(II) en un 97%, a partir de una concentración de 50 mg/L; mientras que, el Zn(II) lo logra remover en un 54%, a partir de un volumen inicial de 2 mg/L; ambos en un periodo de 24 horas, a una temperatura de 30 °C y con un pH de 6. En una investigación adicional, Cui et al. (2015) evidenciaron que *B. dabaoshanensis* logró la reducción completa de 50 mg Cr(VI)/L a Cr(III) en 48 horas. Además, a concentraciones de 75 mg Cr(VI)/L, 100 mg Cr(VI)/L (reducido en un lapso de 72 horas), 125 mg Cr(VI)/L (con una reducción del 85% después de 144 horas), y 150 mg Cr(VI)/L (reducción del 25% después de 144 horas), la cepa exhibió diferentes tasas de reducción.

Respecto a la determinación del tiempo óptimo del tratamiento con *B. cereus* para la remoción de zinc se observó que se observó que en 3 días el tratamiento demuestra mayor eficacia, debido a que en ese corto periodo de tiempo se logró remover un 68.51%. Mientras que, en un periodo de 9 días se logró remover el plomo en un 39.73%. Cedeño Moreira y Canchignia Martínez (2022) destacaron que el 35% de los aislamientos pertenecientes a bacterias gram negativas, lograron reducir hasta en un 50% las concentraciones iniciales de zinc en un período de 72 horas de incubación en un medio de cultivo líquido. Mientras que, Zapana Huarache et al. (2020) reportaron que *Penicillium citrinum* es capaz de reducir hasta en un 80% de la concentración de Cr(VI) después de 120 horas. Por otro lado, Liu et al. (2020) indicaron que *B. subtilis* remueve el Cr(VI) en un 93% con pH 5 en un tiempo de 24 horas, porcentaje de inóculo de 4.64% (v/v), concentración inicial de 55 mg Cr(VI)/L.

Mediante la evaluación de los parámetros fisicoquímicos después de la aplicación de *B. cereus*, se observó que la muestra a la que se le suministró una dosis de 6 ml de la bacteria en un periodo de 3 días logró una variación en los valores de pH, pasando de un 7.4 a un 7.91. Asimismo, se reflejaron variaciones en la conductividad eléctrica pasando de 2075 a 1547 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que indica un suelo con salinidad media. Mientras que, para la muestra a la que se le suministró una dosis de 15 ml de *B. cereus* en un periodo de 3 días logró una ligera variación en los valores de pH, pasando de un 7.4 a un 7.84 y se reflejaron variaciones en la conductividad eléctrica pasando de 2075 a 1707 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En su investigación, Suszek Gonçalves et al. (2020) observaron un pH más elevado (oscilando entre

6,63 y 6,22 en equilibrio de disolución) en comparación con el tratamiento de control el cual osciló entre 4,16 y 5,13. Mientras que, Delplace et al. (2020) destacaron que en los suelos contaminados por metales pesados en España se registraron valores de pH que varían entre 2,82 y 6,93, mientras que, en las áreas de control, se registraron valores de pH de entre 6,78 a 7,53. Sher et al. (2021), indicaron que *Pseudomonas monteilii* mostró una eficiente oxidación del 92% de As(III) a As(V) a 37 °C, con un pH de 7 y una concentración inicial de 100 µg de As(III)/ml después de 96 horas. Mientras, *B. infantis* mostró una eficiente oxidación del 96% de As(III) a As(V) a 37 °C, con un pH de 7 y con una concentración inicial de 100 µg de As(III)/ml después de 96 horas. Estos resultados destacan la notable resistencia y capacidad de oxidación de ambos microorganismos frente a diferentes concentraciones de metales.

Respecto a ello, Masood y Malik (2011) utilizaron una cepa de *Bacillus* para la reducción de cromo (Cr). La cepa mostró resistencia a diversos metales pesados, tales como 1000 mg de Cr(VI)/L, 200 mg de Cd/L, 800 mg de Cu/L, 1600 mg de Cr(III)/L, 800 mg de Co/L y Mg Ni/L, 1000 mg de Zn/L. A un volumen de 50 mg de Cr(VI)/L bajo condiciones de pH 8 y una temperatura de 37 °C, se logró su reducción total en 24 horas. Asimismo, en una concentración de 50 mg de Cr(VI)/L, la reducción completa se alcanzó en un periodo de 48 horas, y con una concentración inicial de 200 mg de Cr(VI)/L, se logró una reducción del 73% en 48 horas. Estos resultados destacan la eficacia de la cepa de *Bacillus* en la reducción de cromo en diferentes concentraciones y condiciones.

Por otro lado, luego de la aplicación de *B. cereus*, se observó que la muestra a la que se le suministró una dosis de 15 ml de la bacteria en un periodo de 3 días a temperatura ambiente (22.4 °C), logró una ligera variación en los valores de pH, pasando de un 7.4 a un 7.84. En su estudio, Zhang et al. (2022) expresan que *B. cereus* tiene la capacidad de degradar completamente el fenol en concentraciones de hasta 1.500 mg/L en un tiempo de 26 horas y a temperaturas de 22 a 37 °C en un rango de pH de 7 a 9. En la investigación de Nath et al. (2019), se mostró una conductividad eléctrica que variaba entre 0,12 y 0,18 mS/cm en las muestras de suelo. Además, el pH promedio se registró en $5,67 \pm 0,12$. De esta forma se destacó

que un pH más bajo tiende a incrementar la solubilidad de iones metálicos perjudiciales.

De acuerdo a esto, Zhang et al. (2022) señalaron que *B. cereus* tiene la capacidad de descomponer por completo el fenol en concentraciones de hasta 1.500 mg/L en un lapso de 26 horas ($57,7 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) en condiciones óptimas, que incluyen temperaturas en el rango de 22 a 37 °C y un pH entre 7 y 9. Por otro lado, Devanesan y AlSalhi (2021) revelaron que la máxima biosorción de Cd(II) en aguas residuales industriales mediante *Bacillus amyloliquefaciens* alcanzó el 98,4 % a una concentración de 100 ppm. De manera similar, la biosorción máxima de Zn(II) fue del 98,3 % a una carga de 150 ppm de iones metálicos. Estos resultados subrayan la eficacia de *B. cereus* y *B. amyloliquefaciens* en la degradación de fenol y la biosorción de metales pesados, respectivamente, en diferentes concentraciones y condiciones.

VI. CONCLUSIONES

La aplicación de la *Bacillus cereus* en la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc fue eficiente. Entre los resultados relevantes se tiene:

1. La dosis óptima de *Bacillus cereus* para la remediación de suelos contaminados por Pb fue de 6 ml, alcanzando una remoción del 25.42%. Mientras que, la dosis óptima para la remoción de Zn fue de 15 ml, alcanzando una remoción del 68.51%.
2. El tiempo óptimo de aplicación de *B. cereus* fue de 3 días. En ese periodo, se alcanzó una remoción de plomo del 25.42%; mientras que, para el zinc se alcanzó una remoción del 68.51%.
3. Los factores ambientales, especialmente las características fisicoquímicas del suelo influyen en la efectividad de *B. cereus* en el proceso de biorremediación, demostrando mayor eficacia a un pH de 7.84, con un porcentaje de humedad de 17.64% y una conductividad eléctrica de 1547 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

VII. RECOMENDACIONES

Ejecutar la aplicación del tratamiento *in situ* con el fin de evaluar la viabilidad de la aplicación de *Bacillus cereus*.

Estudiar las interacciones de la *B. cereus* con plomo y zinc para tener en cuenta una estrategia personalizada de biorremediación en el suelo contaminado.

Implementar un sistema de monitoreo continuo en los sitios de aplicación para maximizar la eficacia de *B. cereus* en diferentes condiciones ambientales.

REFERENCIAS

- ALVARADO-LÓPEZ, María José, GARRIDO-HOYOS, Sofía E., RAYNAL-GUTIÉRREZ, María Elena, EL-KASSIS, Elie G., LUQUE-ALMAGRO, Víctor M. y ROSANO-ORTEGA, Genoveva, Cyanide Biodegradation by a Native Bacterial Consortium and Its Potential for Goldmine Tailing Biotreatment. *Water (Switzerland)*, vol. 15, no. 8, 2023. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w15081595.
- ARAGONÉS SANZ, Nuria, PALACIOS DIEZ, Margarita, AVELLO DE MIGUEL, Antonio, GÓMEZ RODRÍGUEZ, Pilar, MARTÍNEZ CORTÉS, Mercedes y RODRÍGUEZ BERNABEU, José María, Nivel de arsenico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo en la comunidad de Madrid. *Revista Española de Salud Pública* [en línea], vol. 75, 2001. [consulta: 6 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.scielosp.org/pdf/resp/2001.v75n5/421-432>.
- ARIAS-GÓMEZ, Jesús, VILLASÍS-KEEVER, Miguel Ángel y MIRANDA-NOVALES, María Guadalupe, El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México* [en línea], vol. 63, 2016. [consulta: 6 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>.
- BELTRÁN PINEDA, Mayra Eleonora y GÓMEZ RODRIGUEZ, Alida Marcela, Metales pesados (Cd, Cr y Hg): su impacto en el ambiente y posibles estrategias biotecnológicas para su remediación. *Universidad de Boyacá* [en línea], vol. 2, no. 2, 2015. [consulta: 29 octubre 2023]. ISSN 2539-1453. DOI 10.24267/23462329.113. Disponible en: <https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/view/113>.
- BELTRÁN-PINEDA, Mayra Eleonora y GÓMEZ-RODRÍGUEZ, Alida Marcela, Biorremediación de metales pesados cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg), mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: una revisión. *revistas.unimilitar.edu.co* ME Beltrán-Pineda, AM Gómez-Rodríguez *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 2016 • *revistas.unimilitar.edu.co* [en línea], 2016. [consulta: 1 noviembre 2023]. DOI 10.18359/rfcb.2027. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2027>.
- CASTRO LONGORIA, Ernestina, Producción de nanopartículas metálicas mediante el uso de los hongos: una alternativa contra microorganismos patógenos. *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)* [en línea], vol. 1, 2022. [consulta: 1 noviembre 2023]. Disponible en: http://farma.facmed.unam.mx/wp/wp-content/uploads/2022/05/Revista-Farma_n1_nanoparticulas.pdf.

- CEDEÑO MOREIRA, Angel Virgilio y CANCHIGNIA MARTÍNEZ, Hayron Fabricio, *Empleo de bacterias como alternativa de biorremediación en suelos contaminados con mercurio (Hg), Zinc (Zn), aluminio (Al) y cobre (Cu) con empleo de bacterias*. [en línea]. S.l.: 2022. Quevedo : UTEQ 2022. [consulta: 29 octubre 2023]. ISBN 978-9978-371-41-1. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6757>.
- CHEN, Le, ZHU, Wei, LIN, Nai Xi, MU, Biao, FAN, Xi Hui, WANG, Chen Yu, CHEN, Huai Min y ZHONG, Jun, Mechanism of separation and removal of water from dewatered sludge using L-DME to dissolve hydrophilic organic matter. *Chemosphere*, vol. 246, 2020. ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/J.CHEMOSPHERE.2019.125648.
- COVARRUBIAS, Sergio Abraham, ABRAHAM, José, BERUMEN, García, JOSÉ, Juan, CABRIALES, Peña y COVARRUBIAS, S A, El papel de los microorganismos en la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. *Acta Universitaria* [en línea], vol. 25, no. NE-3, 2015. [consulta: 29 octubre 2023]. ISSN 2007-9621. DOI 10.15174/AU.2015.907. Disponible en: <https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/907>.
- CUI, Xiaowen, WANG, Yueqiang, LIU, Jing, CHANG, Ming, ZHAO, Yong, ZHOU, Shungui y ZHUANG, Li, Bacillus dabaoshanensis sp. nov., a Cr(VI)-tolerant bacterium isolated from heavy-metal-contaminated soil. *Archives of Microbiology* [en línea], vol. 197, no. 4, 2015. [consulta: 10 diciembre 2023]. ISSN 1432072X. DOI 10.1007/S00203-015-1082-7/METRICS. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00203-015-1082-7>.
- DELPLACE, Gauthier, SCHRECK, Eva, POKROVSKY, Oleg S., ZOUITEN, Cyril, BLONDET, Isalyne, DARROZES, José y VIERS, Jérôme, Accumulation of heavy metals in phytoliths from reeds growing on mining environments in Southern Europe. *Science of the Total Environment*, vol. 712, 2020. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.135595.
- DEVANESAN, Sandhanasamy y ALSALHI, Mohamad S., Effective removal of Cd²⁺, Zn²⁺ by immobilizing the non-absorbent active catalyst by packed bed column reactor for industrial wastewater treatment. *Chemosphere*, vol. 277, 2021. ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/J.CHEMOSPHERE.2021.130230.
- EHLING-SCHULZ, Monika, KNUTSSON, Rickard y SCHERER, Siegfried, Bacillus cereus. *Genomes of Foodborne and Waterborne Pathogens* [en línea], 2014. [consulta: 21 octubre 2023]. DOI 10.1128/9781555816902.CH11. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1128/9781555816902.ch11>.
- GADD, Geoffrey M., Microbial influence on metal mobility and application for bioremediation. *Geoderma*, vol. 122, no. 2-4, 2004. ISSN 0016-7061. DOI 10.1016/J.GEODERMA.2004.01.002.

- GAMBINI VALVERDE, Letty Rosayra, Métodos de remediación de suelos contaminados por actividades mineras. *Repositorio Institucional – UCS* [en línea], 2020. [consulta: 30 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1478>.
- GARCÍA, Inés y DORRONSORO, Carlos, Contaminación por metales pesados. *Universidad de granada* [en línea], vol. 11, 2005. [consulta: 6 diciembre 2023]. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=%E2%80%A2%09Garc%C3%ADa+I.+%26+Dorronsor+o+C.+2002.+Contaminaci%C3%B3n+por+metales+pesados.+Departamento+de+edafolog%C3%ADa+y+qu%C3%ADmica+agr%C3%ADcola+&btnG=.
- GOLOVKO, Oksana, AHRENS, Lutz, SCHELIN, Jenny, SÖRENGÅRD, Mattias, BERGSTRAND, Karl Johan, ASP, Håkan, HULTBERG, Malin y WIBERG, Karin, Organic micropollutants, heavy metals and pathogens in anaerobic digestate based on food waste. *Journal of Environmental Management*, vol. 313, 2022. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2022.114997.
- HERNÁNDEZ-ÁVILA, Carlos E. y CARPIO, Natalia, Introducción a los tipos de muestreo. *Alerta, Revista científica del Instituto Nacional de Salud* [en línea], vol. 2, 2019. [consulta: 6 diciembre 2023]. DOI 10.5377/alerta.v2i1.7535. Disponible en: <https://camjol.info/index.php/alerta/article/download/7535/7746>.
- HERNÁNDEZ-CARICIO, Carmelo, RAMÍREZ, Verónica, MARTÍNEZ, Javier, QUINTERO-HERNÁNDEZ, Verónica, BAEZ, Antonino, MUNIVE, José-Antonio y ROSAS-MURRIETA, Nora, 2022. *Los metales pesados en la historia de la humanidad, los efectos de la contaminación por metales pesados y los procesos biotecnológicos para su eliminación: el caso de Bacillus como bioherramienta para la recuperación de suelos* [en línea]. 25 septiembre 2022. S.l.: s.n. [consulta: 7 diciembre 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12371/16410>.
- HLORDZI, Vivian, KUEBUTORNYE, Felix K.A., AFRIYIE, Gyamfua, ABARIKE, Emmanuel Delwin, LU, Yishan, CHI, Shuyan y ANOKYEWAA, Melody A., The use of Bacillus species in maintenance of water quality in aquaculture: A review. *Aquaculture Reports*, vol. 18, 2020. ISSN 2352-5134. DOI 10.1016/J.AQREP.2020.100503.
- IRIGOIN GONZALES, Jose Luis, Aplicación de biosurfactantes producido por Bacillus en la remediación de suelos contaminados con metales pesados: revisión sistemática. *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], 2021. [consulta: 30 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/77530>.
- JING, Luhuai, ZHANG, Xianghui, ALI, Imran, CHEN, Xiaoming, WANG, Li, CHEN, Hao, HAN, Mengwei, SHANG, Ran y WU, Yuewen, Usage of microbial

combination degradation technology for the remediation of uranium contaminated ryegrass. *Environment International*, vol. 144, 2020a. ISSN 18736750. DOI 10.1016/j.envint.2020.106051.

JING, Luhuai, ZHANG, Xianghui, ALI, Imran, CHEN, Xiaoming, WANG, Li, CHEN, Hao, HAN, Mengwei, SHANG, Ran y WU, Yuewen, Usage of microbial combination degradation technology for the remediation of uranium contaminated ryegrass. *Environment International*, vol. 144, 2020b. ISSN 18736750. DOI 10.1016/j.envint.2020.106051.

KALAIMURUGAN, D., BALAMURALIKRISHNAN, B., DURAIRAJ, K., VASUDHEVAN, P., SHIVAKUMAR, M.S., KAUL, T., CHANG, S.W., RAVINDRAN, B. y VENKATESAN, S., Isolation and characterization of heavy-metal-resistant bacteria and their applications in environmental bioremediation. *International Journal of Environmental Science and Technology* [en línea], vol. 17, no. 3, 2020. [consulta: 10 diciembre 2023]. ISSN 17352630. DOI 10.1007/S13762-019-02563-5/METRICS. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-019-02563-5>.

KUMAR, Manoj, KUMAR, Vivek, VARMA, Ajit, PRASAD, Ram, SHARMA, Amarish Kumar, PAL, Abhradip, ARSHI, Anfal y SINGH, Joginder, An efficient approach towards the bioremediation of copper, cobalt and nickel contaminated field samples. *Journal of Soils and Sediments* [en línea], vol. 16, no. 8, 2016. [consulta: 10 diciembre 2023]. ISSN 16147480. DOI 10.1007/S11368-016-1398-1/METRICS. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-016-1398-1>.

LI, Ming Hao, GAO, Xue Yan, LI, Can, YANG, Chun Long, FU, Chang Ai, LIU, Jie, WANG, Rui, CHEN, Lin Xu, LIN, Jian Qiang, LIU, Xiang Mei, LIN, Jian Qun y PANG, Xin, Isolation and identification of chromium reducing bacillus cereus species from chromium-contaminated soil for the biological detoxification of chromium. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 6, 2020. ISSN 16604601. DOI 10.3390/ijerph17062118.

LIU, Jianghong, XUE, Jian, WEI, Xiaohang, SU, Huimin y XU, Ruidan, Optimization of Cr⁶⁺ Removal by Bacillus subtilis Strain SZMC 6179J from Chromium-Containing Soil. *Indian Journal of Microbiology* [en línea], vol. 60, no. 4, 2020. [consulta: 10 diciembre 2023]. ISSN 09737715. DOI 10.1007/S12088-020-00886-3/METRICS. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12088-020-00886-3>.

LLACZA LADERA, Henry Frans, Evaluación de la biosorción de Pb en hongos filamentosos del distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán, Yauli – Junín. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos* [en línea], 2021. [consulta: 7 diciembre 2023]. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17418>.

- LUSTOSA, Mayara A., LÓPEZ, Jorge A., SANTOS FREIRE, Karla C., PADILHA, Francine F., HERNÁNDEZ-MACEDO, María Lucila y CABRERA-PADILLA, Rebeca Y., Petroleum hydrocarbon degradation by isolated mangrove bacteria. *Revista peruana de biología* [en línea], vol. 25, no. 4, 2018. [consulta: 6 diciembre 2023]. ISSN 1561-0837. DOI 10.15381/rpb.v25i4.15537. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/index>.
- MA, Y., PRASAD, M.N.V., RAJKUMAR, M. y FREITAS, H., Plant growth promoting rhizobacteria and endophytes accelerate phytoremediation of metalliferous soils. *Biotechnology Advances*, vol. 29, no. 2, 2011. ISSN 0734-9750. DOI 10.1016/J.BIOTECHADV.2010.12.001.
- MAJED, Racha, FAILLE, Christine, KALLASSY, Mireille y GOHAR, Michel, Bacillus cereus Biofilms-same, only different. *Frontiers in Microbiology*, vol. 7, no. JUL, 2016. ISSN 1664302X. DOI 10.3389/FMICB.2016.01054/BIBTEX.
- MASOOD, Farhana y MALIK, Abdul, Hexavalent chromium reduction by Bacillus sp. strain FM1 isolated from heavy-metal contaminated soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* [en línea], vol. 86, no. 1, 2011. [consulta: 10 diciembre 2023]. ISSN 00074861. DOI 10.1007/S00128-010-0181-Z/METRICS. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-010-0181-z>.
- MCDOWELL, Rachel H., SANDS, Evan M., FRIEDMAN, Harvey y 2022, undefined, Bacillus cereus. *StatPearls Publishing* [en línea], 2022. [consulta: 6 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459121/>.
- MIRANDA CHAMBI, Estefany, Evaluación de la capacidad fitorremediadora Schoenoplectus californicus (totorá) para remoción de arsénico y boro mediante humedales de flujo horizontal in vitro. *Universidad Alas Peruanas* [en línea], 2019. [consulta: 6 diciembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/8674>.
- MUJAWAR, Sajiya Yusuf, VAIGANKAR, Diviya Chandrakant y DUBEY, Santosh Kumar, Biological characterization of Bacillus flexus strain SSA11 transforming highly toxic arsenite to less toxic arsenate mediated by periplasmic arsenite oxidase enzyme encoded by aioAB genes. *BioMetals* [en línea], vol. 34, no. 4, 2021. [consulta: 10 diciembre 2023]. ISSN 15728773. DOI 10.1007/S10534-021-00316-X/METRICS. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10534-021-00316-x>.
- MWANDIRA, Wilson, NAKASHIMA, Kazunori, KAWASAKI, Satoru, ARABELO, Allison, BANDA, Kawawa, NYAMBE, Imasiku, CHIRWA, Meki, ITO, Mayumi, SATO, Tsutomu, IGARASHI, Toshifumi, NAKATA, Hokuto, NAKAYAMA, Shouta y ISHIZUKA, Mayumi, Biosorption of Pb (II) and Zn (II) from aqueous solution by Oceanobacillus profundus isolated from an abandoned mine. *Scientific*

Reports 2020 10:1 [en línea], vol. 10, no. 1, 2020. [consulta: 10 diciembre 2023]. ISSN 2045-2322. DOI 10.1038/s41598-020-78187-4. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-78187-4>.

NATH, Soumitra, PAUL, Payal, ROY, Rajdeep, BHATTACHARJEE, Satabdi y DEB, Bibhas, Isolation and identification of metal-tolerant and antibiotic-resistant bacteria from soil samples of Cachar district of Assam, India. *SN Applied Sciences*, vol. 1, no. 7, 2019. ISSN 25233971. DOI 10.1007/s42452-019-0762-3.

ORTIZ-HERNÁNDEZ, M. Laura, RODRÍGUEZ, Alexis, SÁNCHEZ-SALINAS, Enrique y CASTREJÓN-GODÍNEZ, M. Luisa, Bioremediation of soils contaminated with pesticides: Experiences in Mexico. *Bioremediation in Latin America: Current Research and Perspectives* [en línea], 2014. [consulta: 24 abril 2023]. DOI 10.1007/978-3-319-05738-5_5/COVER. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-05738-5_5.

PUGA, Soraya, SOSA, Manuel, LEBGUE, Toutcha, QUINTANA, Cesar y CAMPOS, Alfredo, Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera: Heavy metals pollution in soils damaged by mining industry. *Ecología Aplicada* [en línea], vol. 5, no. 1-2, 2006. [consulta: 29 octubre 2023]. ISSN 1726-2216. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162006000100020&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

RAJKUMAR, M., SANDHYA, S., PRASAD, M.N.V. y FREITAS, H., Perspectives of plant-associated microbes in heavy metal phytoremediation. *Biotechnology Advances*, vol. 30, no. 6, 2012. ISSN 0734-9750. DOI 10.1016/J.BIOTECHADV.2012.04.011.

RAMÓN DE LOS SANTOS, Candelario, BARAJAS FERNÁNDEZ, Juan, PÉREZ HERNÁNDEZ, Germán, HERNÁNDEZ RIVERA, Miguel Ángel y DÍAZ FLORES, Laura Lorena, Adsorción de cobre (II) y cadmio (II) en suspensiones acuosas de CaCO₃ biogénico nanoestructurado. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, vol. 58, no. 1, 2019. ISSN 0366-3175. DOI 10.1016/J.BSECV.2018.05.003.

RAY, Sujata, Bioremediation of Pesticides: A Case Study. *Microbial Biodegradation and Bioremediation*, 2014. DOI 10.1016/B978-0-12-800021-2.00022-4.

REYES ARDILA, Wendy Lorena, Diversidad de hongos y bacterias presentes en suelos de bosques tropicales de la Cordillera Occidental-Valle del Cauca en respuesta a un gradiente altitudinal. *Universidad Nacional de Colombia* [en línea], 2023. [consulta: 6 diciembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84089>.

- RODRÍGUEZ EUGENIO, Natalia, MCLAUGHLIN, Michael y PENNOCK, Daniel, La contaminación del suelo: Una realidad oculta. [en línea], 2019. [consulta: 19 junio 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>.
- RODRÍGUEZ MOYA, Esteban, LA HERMENÉUTICA GADAMERIANA COMO SÍNTESIS ENTRE EL ENFOQUE CUANTITATIVO Y CUALITATIVO EN LA INVESTIGACIÓN SOCIAL. *SciELO Analytics* [en línea], vol. 14, 2019. [consulta: 6 diciembre 2023]. ISSN 0718-5065. DOI 10.4067/S0718-50652019000100204. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50652019000100204&lng=es&nrm=iso&tlng=pt.
- SCHIPPERS, Axel y SAND, Wolfgang, Bacterial leaching of metal sulfides proceeds by two indirect mechanisms via thiosulfate or via polysulfides and sulfur. *Applied and Environmental Microbiology* [en línea], vol. 65, no. 1, 1999. [consulta: 6 diciembre 2023]. ISSN 00992240. DOI 10.1128/AEM.65.1.319-321.1999/ASSET/7A2449EE-B4A4-4848-8D0F-2495F8FF8363/ASSETS/GRAPHIC/AM0191048003.JPEG. Disponible en: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.65.1.319-321.1999>.
- SERRATO, F. Belmonte, DÍAZ, A. Romero, SARRÍA, F. Alonso, BROTONS, J. Moreno y LÓPEZ, S. Rojo, Afección de suelos agrícolas por metales pesados en áreas limítrofes a explotaciones mineras del Sureste de España. *Papeles de Geografía* [en línea], no. 51-52, 2010. [consulta: 30 octubre 2023]. ISSN 1989-4627. Disponible en: <https://revistas.um.es/geografia/article/view/114381>.
- SHAMEER, Syed, Biosorption of lead, copper and cadmium using the extracellular polysaccharides (EPS) of *Bacillus* sp., from solar salterns. *3 Biotech* [en línea], vol. 6, no. 2, 2016. [consulta: 6 diciembre 2023]. ISSN 21905738. DOI 10.1007/S13205-016-0498-3/FIGURES/8. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-016-0498-3>.
- SHEELA, B. y BEEBI, SK Khasim, Bioremediation of Ammonia from Polluted Waste Waters-A Review. *American Journal of Microbiological Research* [en línea], vol. 26, 2014. [consulta: 6 diciembre 2023]. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Bioremediation+of+Ammonia+from+Polluted+Waste+Waters-A+Review&btnG=.
- SHER, Shahid, GHANI, Abdul, SULTAN, Sikandar y REHMAN, Abdul, Bacterial Strains Isolated from Heavy Metals Contaminated Soil and Wastewater with Potential to Oxidize Arsenite. *Environmental Processes* 2021 8:1 [en línea], vol. 8, no. 1, 2021. [consulta: 10 diciembre 2023]. ISSN 2198-7505. DOI 10.1007/S40710-020-00488-7. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40710-020-00488-7>.

- SILVA ARROYAVE, Sandra Milena y CORREA RESTREPO, Francisco Javier, ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO: REVISIÓN DE LA NORMATIVA Y POSIBILIDADES DE REGULACIÓN ECONÓMICA*. , vol. 12, 2009.
- SUSZEK GONÇALVES, Morgana, SANTOS DA SILVA JUNIOR, Luis Carlos, BETTIN, João Paulo y KUMMER, Larissa, Sorption and leaching of metals in the soil due to application of dissolved organic matter[Adsorción y lixiviación de metales en el suelo debido a la aplicación de materia orgánica disuelta]. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, vol. 36, no. 3, 2020. ISSN 01884999. DOI 10.20937/RICA.53218.
- TEJERA-HERNÁNDEZ, Berto, ROJAS-BADÍA, Marcia M. y HEYDRICH-PÉREZ, Mayra, Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. *Revista CENIC*. [en línea], vol. 42, 2011. [consulta: 6 diciembre 2023]. ISSN 0253-5688. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181222321004.pdf>.
- TRABELSI, Darine y MHAMDI, Ridha, Microbial inoculants and their impact on soil microbial communities: A review. *BioMed Research International*, 2013. ISSN 23146133. DOI 10.1155/2013/863240.
- TRIPATHI, Sonam, SHARMA, Pooja, PURCHASE, Diane, TIWARI, Madhu, CHAKRABARTY, Debasis y CHANDRA, Ram, Biodegradation of organo-metallic pollutants in distillery wastewater employing a bioaugmentation process. *Environmental Technology and Innovation*, vol. 23, 2021. ISSN 23521864. DOI 10.1016/j.eti.2021.101774.
- VALLS, Marc y DE LORENZO, Víctor, Exploiting the genetic and biochemical capacities of bacteria for the remediation of heavy metal pollution. *FEMS Microbiology Reviews* [en línea], vol. 26, no. 4, 2002. [consulta: 6 diciembre 2023]. ISSN 0168-6445. DOI 10.1111/J.1574-6976.2002.TB00618.X. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1574-6976.2002.tb00618.x>.
- VIVAS GARCIA, Maryori Xiomara, Fitorremediación de metales pesados como Cd y Pb asistida por microorganismos. *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], 2019. [consulta: 29 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57111>.
- WANG, Meng, CHEN, Shibao, JIA, Xingyong y CHEN, Li, Concept and types of bioremediation. *Handbook of Bioremediation: Physiological, Molecular and Biotechnological Interventions*, 2020. DOI 10.1016/B978-0-12-819382-2.00001-6.
- WANG, Xiaonan, HE, Zhanfei, LUO, Hongwei, ZHANG, Ming, ZHANG, Daoyong, PAN, Xiangliang y GADD, Geoffrey Michael, Multiple-pathway remediation of mercury contamination by a versatile selenite-reducing bacterium. *Science of*

The Total Environment, vol. 615, 2018. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2017.09.336.

ZAPANA HUARACHE, S. V., ROMERO SÁNCHEZ, C.K., DUEÑAS GONZA, A.P., TORRES HUACO, F.D. y LAZARTE RIVERA, A.M., Design and testing of a cost-efficient bioremediation system for tannery effluents using native chromium-resistant filamentous fungi. *International Journal of Environmental Science and Technology* [en línea], vol. 17, no. 8, 2020. [consulta: 10 diciembre 2023]. ISSN 17352630. DOI 10.1007/S13762-020-02726-9/METRICS. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-020-02726-9>.

ZHANG, Jianfeng, ZHOU, Xu, ZHOU, Qi, ZHANG, Jiejing y LIANG, Jing, A study of highly efficient phenol biodegradation by a versatile *Bacillus cereus* ZWB3 on aerobic condition. *Water Science and Technology*, vol. 86, no. 2, 2022. ISSN 19969732. DOI 10.2166/wst.2022.209.

ZHENGANG, Xu, YI, Ding, HUIMIN, Huang, LIANG, Wu, YUNLIN, Zhao y GUIYAN, Yang, Biosorption Characteristics of Mn (II) by *Bacillus cereus* Strain HM-5 Isolated from Soil Contaminated by Manganese Ore. *Polish Journal of Environmental Studies* [en línea], vol. 28, no. 1, 2018. [consulta: 10 diciembre 2023]. ISSN 1230-1485. DOI 10.15244/PJOES/84838. Disponible en: <http://www.pjoes.com/Biosorption-Characteristics-of-Mn-II-nby-Bacillus-cereus-Strain-HM-5-Isolated-from,84838,0,2.html>.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Operalización de variables

Uso de la bacteria <i>Bacillus cereus</i> para la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc							
Variables		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición/Unidades	
VARIABLE INDEPENDIENTE	<i>Bacillus cereus</i>	Es una bacteria grampositiva que produce toxinas y desarrolla esporas resistentes al calor y a los ácidos. Está adquiriendo mayor relevancia como un patógeno emergente transmitido por alimentos (Ehling-Schulz, Knutsson and Scherer 2014).	La <i>Bacillus cereus</i> se trabajó teniendo en cuenta, la dosis y el tiempo de exposición, y se determinó su eficacia.	Dosis de <i>Bacillus cereus</i>	Dosis 1 Dosis ... Dosis 7	ml	
				Tiempo de exposición	Tiempo 1 Tiempo ... Tiempo 4	días	
				Eficacia del <i>Bacillus cereus</i>	Concentración inicial	mg/kg	
					Concentración final	mg/kg	
VARIABLE DEPENDIENTE	Remediación de suelos contaminados por plomo y zinc	La biorremediación involucra el uso de microorganismos para degradar contaminantes presentes en el ambiente, transformándolos en compuestos más simples y de menor peligrosidad, inclusive inocuos (Corredor et al. 2013).	Se verificó mediante la medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos presentes en el suelo, tanto antes como después del tratamiento.	Físico	pH	0-14	
					Materia orgánica	%	
					Conductividad eléctrica	µS/cm	
					Humedad	%	
					Textura	Arcilla (C)	%
						Limo (M)	%
				Arena (S)		%	
				Químico	Plomo (Pb)	mg/kg	
					Zinc (Zn)	mg/kg	
					Nitrógeno (N)	%	
Fósforo (P)	%						
Potasio (k)	%						
Microbiológico	Cantidad de <i>Bacillus cereus</i>	UFC					

Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos

1) Ficha 1: Registro de datos y descripción de las muestras



Ficha 1: Registro de datos y descripción de las muestras

Datos Generales						
Título	Uso de la bacteria <i>Bacillus cereus</i> para la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc		Responsables	<ul style="list-style-type: none"> Huamanñahui Nina, Alberto Moscol Celi, Cristhian Daniel 		
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales		Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto		
Fecha:	25/ 10/ 2023	Coordenadas UTM WGS 84				
		Zona	Latitud (m)	Longitud (m)	Altitud (m.s.n.m.)	Precisión (± m)
		18S	452899	8693177	3417.7	3.85
Departamento		Provincia		Distrito		
Junín		Jauja		Muqui		
Toma de muestra						
N° de muestra	Cantidad de muestra (kg)	Profundidad de muestreo (m)	Protocolo de monitoreo			
Muestra PM1	1	0.20	DS. N° 002-2013-MINAM			
Muestra PM2	1	0.20	DS. N° 002-2013-MINAM			
Muestra PM3	1	0.20	DS. N° 002-2013-MINAM			
Muestra PM4	1	0.20	DS. N° 002-2013-MINAM			
Muestra PM5	1	0.20	DS. N° 002-2013-MINAM			
Muestra PM6	1	0.20	DS. N° 002-2013-MINAM			
Muestra PM7	1	0.20	DS. N° 002-2013-MINAM			
Muestra PM8	1	0.20	DS. N° 002-2013-MINAM			
Observaciones						

Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 136267
 RENACYT: P0078275

ARUBER OSMA VASQUEZ ALARIDA
 CIP: N° 92347
 INGENIERO GEOGRAFO

Dr. Eusebio Horacio Acosta Sosa
 CIP N° 25450
 RENACYT: P0650155

2) Ficha 2: Registro de los parámetros de las muestras de suelo



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ficha 2: Registro de los parámetros de las muestras de suelo

Datos Generales																							
Título		Uso de la bacteria <i>Bacillus cereus</i> para la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc										Responsables		• Huamanñahui Nina, Alberto • Moscol Celi, Cristhian Daniel									
Línea de investigación		Calidad y gestión de los recursos naturales										Asesor		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto									
Fecha		Departamento						Provincia						Distrito									
Antes		Después																					
26/ 10/ 2023		08/ 11/ 2023		Junín						Jauja						Muqui							
Muestras de suelo																							
N° de muestra	Parámetros																						
	Antes de la aplicación de <i>Bacillus cereus</i>										Después de la aplicación de <i>Bacillus cereus</i>												
	pH	Metales (mg/Kg)		Textura (%)			Materia orgánica (%)	Nutrientes (mg/Kg)			Conductividad eléctrica (µS/cm)	pH	Metales (mg/kg)		Textura (%)			Materia orgánica (%)	Nutrientes (mg/Kg)			Conductividad eléctrica (µS/cm)	
	Pb	Zn	C	M	S		N	P	K			Pb	Zn	C	M	S		N	P	K			
Muestra PM1	7.4	4420.47	16380.3	25	45	30	1.72	1.12	1.18	1.04	2075	7.75	3706.4	5345.8	27	45	28	3.25	1.56	1.74	1.18	1631	
Muestra PM2	7.4	4420.47	16380.3	25	45	30	1.72	1.12	1.18	1.04	2075	7.91	3296.8	5258.6	27	45	28	3.26	1.59	1.76	1.17	1547	
Muestra PM3	7.4	4420.47	16380.3	25	45	30	1.72	1.12	1.18	1.04	2075	7.92	3786.9	5343.9	27	45	28	3.31	1.59	1.79	1.21	1378	
Muestra PM4	7.4	4420.47	16380.3	25	45	30	1.72	1.12	1.18	1.04	2075	7.78	3368.7	5192.2	27	46	27	3.33	1.62	1.76	1.21	1688	
Muestra PM5	7.4	4420.47	16380.3	25	45	30	1.72	1.12	1.18	1.04	2075	7.84	3466.9	5158.5	27	46	27	3.42	1.58	1.78	1.25	1707	
Muestra PM6	7.4	4420.47	16380.3	25	45	30	1.72	1.12	1.18	1.04	2075	7.83	4148.7	11217.9	27	46	27	3.42	1.66	1.81	1.27	1621	
Muestra PM7	7.4	4420.47	16380.3	25	45	30	1.72	1.12	1.18	1.04	2075	7.87	3851.9	5393.5	27	46	27	3.43	1.69	1.83	1.27	1615	
Muestra PM8	7.4	4420.47	16380.3	25	45	30	1.72	1.12	1.18	1.04	2075	7.75	4420.5	16380.3	27	45	28	3.25	1.56	1.74	1.18	1631	
Observaciones												Leyenda											
												Metales		Textura			Nutrientes						
												• Plomo (Pb) • Zinc (Zn)		• Arcilla (C) • Limo (M) • Arena (S)			• Nitrógeno (N) • Fósforo (P) • Potasio (K)						

Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP: 130267
RENACTY: P0078275

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
AHUERO OMAR VÁSQUEZ ARANDA
CIP N° 22507
INGENIERO GEÓGRAFO

Dr. Esterio Heracleo Arana Sotomayor
CIP N° 21458
RENACTY: P0018153

Hitler Román Pérez
ING. AMBIENTE

3) Ficha 3: Determinación de dosis óptima de *Bacillus cereus*



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ficha 3: Determinación de dosis óptima de *Bacillus cereus*

Datos Generales										
Título	Uso de la bacteria <i>Bacillus cereus</i> para la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc			Responsables	<ul style="list-style-type: none"> • Huamanñahui Nina, Alberto • Moscol Celi, Cristhian Daniel 					
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales			Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto					
Departamento	Provincia			Distrito		Fecha				
Junín	Jauja			Muqui		06/11/2023				
Eficacia de <i>Bacillus cereus</i>										
Dosificación (ml)	Tiempo (días)	Eficiencia del tratamiento								
		Concentración inicial de metales (mg/Kg)				Concentración final de metales (mg/Kg)				
		Plomo (Pb)		Zinc (Zn)		Plomo (Pb)		Zinc (Zn)		%
Dosis 1	3	3	4420.47	16380.31	3706.44	5345.78	16.15	67.36		
Dosis 2	6	3	4420.47	16380.31	3296.78	5258.6	25.42	67.90		
Dosis 3	9	3	4420.47	16380.31	3786.93	5343.98	14.33	67.38		
Dosis 4	12	3	4420.47	16380.31	3368.7	5192.19	23.79	68.30		
Dosis 5	15	3	4420.47	16380.31	3466.99	5158.5	21.57	68.51		
Dosis 6	18	3	4420.47	16380.31	4148.73	11217.87	6.15	31.52		
Dosis 7	21	3	4420.47	16380.31	3851.93	5393.53	12.86	67.07		
Observaciones										

Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0076275

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CONSEJO REGULADOR DE PROFESIONES

AHUBER OMAR VÁSQUEZ ARANDA
 CIP N° 92507
 INGENIERO GEOGRAFO

Dr. Eusebio Horacio Acosta Saenzobar
 CIP N° 25458
 RENACYT: P0810155

4) Ficha 4: Determinación del tiempo óptimo de exposición de *Bacillus cereus*



Ficha 4: Determinación del tiempo óptimo de exposición de *Bacillus cereus*

Datos Generales								
Título	Uso de la bacteria <i>Bacillus cereus</i> para la remediación de suelos contaminados por plomo y zinc			Responsables	<ul style="list-style-type: none"> • Huamanñahui Nina, Alberto • Moscol Celi, Cristhian Daniel 			
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales			Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto			
Departamento	Provincia		Distrito		Fecha			
Junín	Jauja		Muqui		20/ 11/ 2023			
Eficacia de <i>Bacillus cereus</i>								
Tiempo (días)	Dosis (ml)	Eficiencia del tratamiento						
		Concentración inicial de metales (mg/Kg)		Concentración final de metales (mg/Kg)		%		
		Plomo (Pb)	Zinc (Zn)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)	Pb	Zn	
Tiempo 1	6	6	4420.47	16380.31	3977.49	10189.90	10.02	37.79
Tiempo 2	9	6	4420.47	16380.31	3977.72	10196.62	10.02	37.75
Tiempo 3	12	6	4420.47	16380.31	4332.77	10901.93	1.98	33.44
Tiempo 4	6	15	4420.47	16380.31	4158.67	10240.06	5.92	37.49
Tiempo 5	9	15	4420.47	16380.31	3733.07	9872.54	15.55	39.73
Tiempo 6	12	15	4420.47	16380.31	3835.59	9922.68	13.23	39.42
Observaciones								

Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACTY: P0078275

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 ORGANISMO REGULADOR DEL PROFESIONISMO
 INGENIERO GEÓGRAFO
ANDRÉS OSAMAR VÁSQUEZ ARANDA
 CIP: N° 82107

Dr. Esterio Maracle Acosta Suarez
 CIP N° 25438
 RENACTY: P0030153

Anexo 3: Validación de los instrumentos de recolección de datos

1) Validación de la Ficha 1 por Dr. Castañeda Olivera



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de registro de datos y descripción de muestras**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Huamanñahuí Nina, Alberto – Moscol Celi, Cristhian Daniel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 09 de junio del 2023


Dr. Ing Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RANACYT: P0078275

2) Validación de la Ficha 1 por Ing. Vasquez Aranda



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **VÁSQUEZ ARANDA, AHUBER OMAR**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **DOCENTE UCV/UNFV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **CALIDAD AMBIENTAL**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de registro de datos y descripción de muestras**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Huamánahuí Nina, Alberto – Moscol Celi, Cristhian Daniel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Lima, 09 de junio del 2023


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CARRANZO DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DEL CALLAO

AHUBER OMAR VÁSQUEZ ARANDA
 CIP. N° 82507
 INGENIERO GEOGRAFO

3) Validación de la Ficha 1 por Dr. Acosta Suasnabar

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de registro de datos y descripción de muestras**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Huamánñahui Nina, Alberto – Moscol Celi, Crithian Daniel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

IV.

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 09 de junio del 2023



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450
 RENACIT: P0030155

4) Validación de la Ficha 2 por Dr. Castañeda Olivera



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de registro de los parámetros de las muestras de suelo**
- 1.5. Autor(A) de instrumento: **Huamanñahui Nina, Alberto – Moscol Celi, Cristhian Daniel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	ÍNDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 09 de junio del 2023


Dr. Ing Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RANACYT: P0078275

5) Validación de la Ficha 2 por Ing. Vasquez Aranda



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *VASQUEZ DRODDO, AHUBER OMAR*
- 1.2. Cargo e institución donde labora: *DOCENTE UCV/UNFV*
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: *CIUDAD AMBIENTAL*
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de registro de los parámetros de las muestras de suelo**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Huamánahui Nina, Alberto – Moscol Celi, Crithian Daniel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Lima, 09 de junio del 2023


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CONSEJO DEPARTAMENTAL DE TALLAG

AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA
 CIP. N° 92507
 INGENIERO GEOGRAFO

6) Validación de la Ficha 2 por Dr. Acosta Suasnabar

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de registro de los parámetros de las muestras de suelo**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Huamánahui Nina, Alberto – Moscol Celi, Cristhian Daniel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85%

Lima, 09 de junio del 2023



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450
RENACTY: P0030155

7) Validación de la Ficha 3 por Dr. Castañeda Olivera



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de control de dosis óptima de *Bacillus subtilis***
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Huamanñahuí Nina, Alberto – Moscol Celi, Cristhian Daniel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 09 de junio del 2023


 Dr. Ing Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RANACYT: P0078275

8) Validación de la Ficha 3 por Ing. Vasquez Aranda



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **VÁSQUEZ ARANDA, AHUBER OMAR**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **DOCENTE UCV / UNFV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **CALIDAD AMBIENTAL**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de control de dosis óptima de *Bacillus subtilis***
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Huamánahui Nina, Alberto – Moscol Celi, Cristhian Daniel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Lima, 09 de junio del 2023


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y COLLAGO

AHUBER OMAR VÁSQUEZ ARANDA
 CIP N° 92507
 INGENIERO GEÓGRAFO

9) Validación de la Ficha 3 por Dr. Acosta Suasnabar

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de determinación de dosis óptima de *Bacillus subtilis***
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Huamánahui Nina, Alberto – Moscol Celi, Cristhian Daniel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 09 de junio del 2023



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450
RENACTT: P0030155

10) Validación de la Ficha 4 por Dr. Castañeda Olivera



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología Mineral y Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de control del tiempo óptimo de exposición de *Bacillus subtilis*
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Humanñahui Nina, Alberto – Moscol Cell, Cristhian Daniel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 09 de junio del 2023

Dr. Ing Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RANACYT: P0078275

11) Validación de Ficha 4 por Ing. Vasquez Aranda



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **VASQUEZ ARANDA, AHUBER OMAR**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **DOCENTE UCV/UNFV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **CALIDAD AMBIENTAL**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de control del tiempo óptimo de exposición de *Bacillus subtilis***
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Huamánahui Nina, Alberto – Moscol Celi, Cristhian Daniel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90

Lima, 09 de junio del 2023


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Y CONSEJO DEPARTAMENTAL DE TACNA
 AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA
 CIP. N° 92507
 INGENIERO GEÓGRAFO

12) Validación de la Ficha 4 por Dr. Acosta Suasnabar

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio

1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo

1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de determinación del tiempo óptimo de exposición de *Bacillus subtilis***

1.5. Autor(A) de Instrumento: **Huamanñahui Nina, Alberto – Moscol Celi, Cristhian Daniel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 09 de junio del 2023



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 35450
RENACTY: P0030155

13) Constancia de preparación de caldo nutritivo de *Bacillus cereus*



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

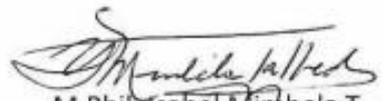


CONSTANCIA

Por medio de la presente se hace constar que en el Laboratorio de Microbiología de Suelos perteneciente a LASPAF, FDA, UNALM, se preparó un (1) litro de caldo nutritivo para el crecimiento de la cepa bacteriana *Bacillus cereus* la cual fue suministrada por los clientes a quienes se les prestó el servicio. El material y medio de cultivo usado fue esterilizado y cumplió con el protocolo y estándares de seguridad que se sigue para estos fines. Asimismo, se midió la concentración final del material biológico contenido en el medio de cultivo el cual fue de 2.5×10^8 UFC/mL.

Constancia que se expide a petición de la parte interesada a los veinte días del mes de noviembre de dos mil veintitrés.


Dr. Constantino Calderón M.
Jefe LASPAF


M.Phil. Isabel Mimbela T.
Encargada Lab. Microbiología Suelos

14) Constancia de identificación de *B. cereus* en la universidad César Vallejo



CONSTANCIA

Por medio de la presente se hace constar que, en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad César Vallejo, se realizó la identificación de la cepa bacteriana *Bacillus cereus*. Para ello, se llevó a cabo la prueba tinción Gram a la muestra para observar su característica morfología de la bacteria.

Constancia que se expide a petición de la parte interesada a los seis días del mes de diciembre de dos mil veintitrés.



Q.F. Rosalbina de la Cruz Dávalos
CQFP. 05061
DIRECTOR TÉCNICO

15) Constancia de identificación de *B. cereus* en Analytical Laboratory E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-26668

N° Id.: 000094833

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-23-89249
CÓDIGO DEL CLIENTE:				MG
PRODUCTO:				Frutas, hortalizas y frutos secos..
SUB PRODUCTO:				Frutas y hortalizas frescas
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):				21-11-2023
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):				21-11-2023
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Recuento de <i>Bacillus cereus</i> . (**)	UFC/g	NA	10,0	<10,0

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 676 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

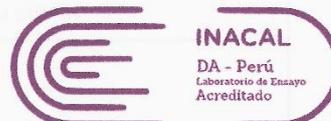
SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 819 475 133 / 940 598 572

Pág.3 de 3

16) Valores iniciales de metales pesados en la muestra general de suelo-ALAB



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-23771

N° Id.: 0000091936

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : MOSCOL CELI CRISTHIAN DANIEL
2.-DIRECCIÓN : AV. 2 DE MARZO 237 MZ. H LT 6, EL VOLANTE - INDEPENDENCIA
3.-PROYECTO : SCC
4.-PROCEDENCIA : NO INDICA
5.-SOLICITANTE : MOSCOL CELI CRISTHIAN DANIEL
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 000005815-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-10-30

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Suelos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2023-10-26
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2023-10-26 al 2023-10-30

Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 1 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-23771

N° Id.: 0000091936

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales en suelos ICP MS ⁽¹⁾	EPA METHOD 8020B, Rev.2, 2014/EPA METHOD 3050B Rev. 2, 1996. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance: B, Ca, Ce, Fe, K, Li, Mg, Mo, Na, P, Si, Sn, Sr, Ti, Bi, U, Th). 2020.	METALES TOTALES: Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V, Zn, Hg, B, Ca, Ce, Fe, K, Li, Mg, Mo, Na, P, Si, Sn, Sr, Ti, Bi, U, Th. Inductively coupled plasma-mass spectrometry / Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils.

"EPA": U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-23771

N° Id.: 0000091936

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-23-74300
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PM6
COORDENADAS:				E:0453103.94
UTM WGS 84:				N:8693166.803
PRODUCTO:				Suelos
SUB PRODUCTO:				Suelos
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :				25-10-2023 10:30
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales en suelos ICP MS				
Aluminio (*)	mg/Kg	0,10	0,30	7 372,05
Antimonio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	473,62
Arsénico (*)	mg/Kg	0,02	0,10	805,15
Bario (*)	mg/Kg	0,01	0,03	382,38
Berilio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Bismuto (*)	mg/Kg	0,06	0,20	19,29
Boro (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Cadmio (*)	mg/Kg	0,005	0,020	24,557
Calcio (*)	mg/Kg	0,1	0,4	78 878,9
Cerio (*)	mg/Kg	0,04	0,10	10,07
Cobalto (*)	mg/Kg	0,05	0,20	11,16
Cobre (*)	mg/Kg	0,005	0,020	1 177,815
Cromo (*)	mg/Kg	0,01	0,03	30,41
Estaño (*)	mg/Kg	0,03	0,10	96,36
Estroncio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	308,16
Fosforo (*)	mg/Kg	0,04	0,10	648,67
Hierro (*)	mg/Kg	0,06	0,20	89 287,25
Litio (*)	mg/Kg	0,003	0,010	8,228
Magnesio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	6 970,34
Manganeso (*)	mg/Kg	0,01	0,03	5 051,38
Mercurio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04
Molibdeno (*)	mg/Kg	0,03	0,10	16,19
Niquel (*)	mg/Kg	0,01	0,04	10,91
Plata (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Plomo (*)	mg/Kg	0,05	0,20	4 420,47
Potasio (*)	mg/Kg	0,30	1,00	1 013,89

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

📍 **SEDE PRINCIPAL**
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-23771

N° Id.: 0000091936

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-23-74300
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PM6
COORDENADAS:				E:0453103.94
UTM WGS 84:				N:8693166.803
PRODUCTO:				Suelos
SUB PRODUCTO:				Suelos
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				25-10-2023 10:30
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Selenio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20
Silicio (*)	mg/Kg	0,02	0,07	197 713,76
Sodio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	374,69
Talio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04
Titanio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	160,74
Torio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	9,85
Uranio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Vanadio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	23,33
Zinc (*)	mg/Kg	0,01	0,02	16 380,31

*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

17) Resultados de metales pesados en las muestras de suelo a partir de la determinación de la dosis óptima de *Bacillus cereus*-ALAB



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25022

N° Id.: 0000093187

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZÓN SOCIAL : MOSCOL CELI CRISTHIAN DANIEL
2.-DIRECCIÓN : AV. 2 DE MARZO 237 MZ. H LT 6, EL VOLANTE - INDEPENDENCIA
3.-PROYECTO : USO DE BACILLOS CEREUS PARA REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINACION POR PLOMO Y ZINC
4.-PROCEDENCIA : NO INDICA
5.-SOLICITANTE : MOSCOL CELI CRISTHIAN DANIEL
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000006104-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-11-17

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Suelos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 6
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2023-11-09
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2023-11-09 al 2023-11-17

Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 1 de 6

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25022

N° Id.: 0000093187

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales en suelos ICP MS ^(*)	EPA METHOD 6020B, Rev.2, 2014/EPA METHOD 3050B Rev. 2, 1996. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance: B, Ca, Ce, Fe, K, Li, Mg, Mo, Na, P, Si, Sn, Sr, Ti, Bi, U, Th). 2020.	METALES TOTALES: Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V, Zn, Hg, B, Ca, Ce, Fe, K, Li, Mg, Mo, Na, P, Si, Sn, Sr, Ti, Bi, U, Th. Inductively coupled plasma-mass spectrometry / Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils.

(*) EPA: U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25022

IV. RESULTADOS

N° Id.: 000093187

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-80973	M-23-80974	M-23-80975	M-23-80976			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PM1	PM2	PM3	PM4			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Suelos	Suelos	Suelos	Suelos			
SUB PRODUCTO:	Suelos	Suelos	Suelos	Suelos			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	09-11-2023 12:16	09-11-2023 12:16	09-11-2023 12:16	09-11-2023 12:16			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Metales Totales en suelos ICP MS							
Aluminio (*)	mg/Kg	0,10	0,30	6 680,50	6 776,16	7 295,53	7 190,94
Antimonio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	535,79	390,27	507,19	442,35
Arsénico (*)	mg/Kg	0,02	0,10	848,49	708,64	838,66	755,82
Bario (*)	mg/Kg	0,01	0,03	408,26	385,52	414,97	422,14
Berilio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Bismuto (*)	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Boro (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Cadmio (*)	mg/Kg	0,005	0,020	24,305	24,919	26,428	25,374
Calcio (*)	mg/Kg	0,1	0,4	70 435,9	71 353,0	69 320,2	74 265,8
Cerio (*)	mg/Kg	0,04	0,10	11,36	11,81	12,63	12,48
Cobalto (*)	mg/Kg	0,05	0,20	12,39	11,11	13,00	11,69
Cobre (*)	mg/Kg	0,005	0,020	1 219,470	1 129,636	1 261,671	1 181,280
Cromo (*)	mg/Kg	0,01	0,03	35,41	29,86	34,68	30,92
Estaño (*)	mg/Kg	0,03	0,10	103,54	81,24	97,57	83,75
Estroncio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	323,28	291,74	310,03	305,17
Fosforo (*)	mg/Kg	0,04	0,10	572,86	538,65	591,07	566,80
Hierro (*)	mg/Kg	0,06	0,20	78 335,59	69 633,30	75 705,44	75 418,46
Litio (*)	mg/Kg	0,003	0,010	7,494	7,990	7,794	7,636
Magnesio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	5 634,16	6 036,00	5 898,69	6 369,59
Manganeso (*)	mg/Kg	0,01	0,03	4 312,75	4 288,86	4 240,69	4 666,44
Mercurio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Molibdeno (*)	mg/Kg	0,03	0,10	20,90	16,53	19,53	17,94
Niquel (*)	mg/Kg	0,01	0,04	11,43	11,19	11,93	12,01
Plata (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Plomo (*)	mg/Kg	0,05	0,20	3 706,44	3 296,78	3 786,93	3 368,70
Potasio (*)	mg/Kg	0,30	1,00	1 049,46	1 099,48	1 063,54	1 033,33
Selenio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<=" Menor que el L.D.M.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Tel.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Tel.: (+01) 713 0836
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Tel.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Tel.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 6

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25022

N° Id.: 0000093187

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-80973	M-23-80974	M-23-80975	M-23-80976			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PM1	PM2	PM3	PM4			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Suelos	Suelos	Suelos	Suelos			
SUB PRODUCTO:	Suelos	Suelos	Suelos	Suelos			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO:	09-11-2023 12:16	09-11-2023 12:16	09-11-2023 12:16	09-11-2023 12:16			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Silicio (*)	mg/Kg	0,02	0,07	17 949,71	15 184,83	17 566,96	15 958,19
Sodio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	472,75	387,16	456,22	459,92
Talio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Titanio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	197,36	148,48	179,21	176,15
Torio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Uranio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Vanadio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	30,51	29,99	32,14	32,49
Zinc (*)	mg/Kg	0,01	0,02	5 345,78	5 258,60	5 343,98	5 192,19

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

SEDE PRINCIPAL

 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 4 de 6

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25022

N° Id.: 000093187

ITEM	5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-80977	M-23-80978
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PM5	PM7
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Suelos	Suelos
SUB PRODUCTO:	Suelos	Suelos
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO :	09-11-2023 12:16	09-11-2023 12:16

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Metales Totales en suelos ICP MS					
Aluminio (*)	mg/Kg	0,10	0,30	7 328,99	7 167,78
Antimonio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	452,59	562,16
Arsénico (*)	mg/Kg	0,02	0,10	807,48	869,37
Bario (*)	mg/Kg	0,01	0,03	399,66	410,02
Berilio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Bismuto (*)	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20	<0,20
Boro (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Cadmio (*)	mg/Kg	0,005	0,020	25,331	25,168
Calcio (*)	mg/Kg	0,1	0,4	72 329,8	66 125,1
Cerio (*)	mg/Kg	0,04	0,10	12,06	12,45
Cobalto (*)	mg/Kg	0,05	0,20	12,10	12,88
Cobre (*)	mg/Kg	0,005	0,020	1 209,964	1 260,177
Cromo (*)	mg/Kg	0,01	0,03	33,53	36,12
Estaño (*)	mg/Kg	0,03	0,10	91,35	103,84
Estroncio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	299,01	310,52
Fosforo (*)	mg/Kg	0,04	0,10	587,00	559,37
Hierro (*)	mg/Kg	0,06	0,20	73 448,05	76 388,05
Litio (*)	mg/Kg	0,003	0,010	7,518	9,151
Magnesio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	6 200,88	5 367,25
Manganeso (*)	mg/Kg	0,01	0,03	4 368,27	3 931,68
Mercurio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04
Molibdeno (*)	mg/Kg	0,03	0,10	19,09	20,65
Níquel (*)	mg/Kg	0,01	0,04	12,21	11,24
Plata (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Plomo (*)	mg/Kg	0,05	0,20	3 466,99	3 851,93
Polasio (*)	mg/Kg	0,30	1,00	1 053,93	1 217,63
Selenio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20	<0,20

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0836
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.5 de 6

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25022

N° Id.: 000093187

ITEM	5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-80977	M-23-80978
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PM5	PM7
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Suelos	Suelos
SUB PRODUCTO:	Suelos	Suelos
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:	09-11-2023 12:16	09-11-2023 12:16

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Silicio (*)	mg/Kg	0,02	0,07	15 478,04	19 429,43
Sodio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	510,32	548,84
Talio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04
Titanio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	170,83	204,90
Torio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Uranio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Vanadio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	32,14	32,59
Zinc (*)	mg/Kg	0,01	0,02	5 158,50	5 393,53

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25525

IV. RESULTADOS

N° Id.: 0000093690

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-23-84165
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PM6
COORDENADAS:				NO APLICA
UTM WGS 84:				NO APLICA
PRODUCTO:				Suelos
SUB PRODUCTO:				Suelos
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				I-OPE-1.12 MUESTREO DE SUELOS, LODOS Y SEDIMENTOS
FECHA y HORA DE MUESTREO :				13-11-2023 11:13
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales en suelos				
ICP MS				
Aluminio (*)	mg/Kg	0,10	0,30	7 373,15
Antimonio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	421,69
Arsénico (*)	mg/Kg	0,02	0,10	930,67
Bario (*)	mg/Kg	0,01	0,03	348,96
Berilio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Bismuto (*)	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20
Boro (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Cadmio (*)	mg/Kg	0,005	0,020	27,226
Calcio (*)	mg/Kg	0,1	0,4	82 899,3
Cerio (*)	mg/Kg	0,04	0,10	14,79
Cobalto (*)	mg/Kg	0,05	0,20	14,50
Cobre (*)	mg/Kg	0,005	0,020	1 257,651
Cromo (*)	mg/Kg	0,01	0,03	35,89
Estaño (*)	mg/Kg	0,03	0,10	126,89
Estroncio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	292,91
Fosforo (*)	mg/Kg	0,04	0,10	1 422,19
Hierro (*)	mg/Kg	0,06	0,20	82 109,66
Litio (*)	mg/Kg	0,003	0,010	7,789
Magnesio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	6 545,00
Manganeso (*)	mg/Kg	0,01	0,03	4 756,32
Mercurio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04
Molibdeno (*)	mg/Kg	0,03	0,10	22,26
Niquel (*)	mg/Kg	0,01	0,04	14,12
Plata (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10
Plomo (*)	mg/Kg	0,05	0,20	4 148,73
Potasio (*)	mg/Kg	0,30	1,00	1 186,85

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.3 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25525

N° Id.: 000093690

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-23-84165
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PM6
COORDENADAS:				NO APLICA
UTM WGS 84:				NO APLICA
PRODUCTO:				Suelos
SUB PRODUCTO:				Suelos
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				I-OPE-1.12 MUESTREO DE SUELOS, LODOS Y SEDIMENTOS
FECHA y HORA DE MUESTREO:				13-11-2023 11:13
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Selenio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20
Silicio (*)	mg/Kg	0,02	0,07	17 316,30
Sodio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	550,95
Talio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04
Titanio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	181,04
Torio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Uranio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03
Vanadio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	42,28
Zinc (*)	mg/Kg	0,01	0,02	11 217,87

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq " Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq " Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

18) Resultados de metales pesados en las muestras de suelo a partir de la determinación del tiempo óptimo de *Bacillus cereus*-ALAB



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27287

N° Id.: 0000095452

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : MOSCOL CELI CRISTHIAN DANIEL
2.-DIRECCIÓN : AV. 2 DE MARZO 237 MZ. H LT 6, EL VOLANTE - INDEPENDENCIA
3.-PROYECTO : METALES PESADOS
4.-PROCEDENCIA : NO INDICA
5.-SOLICITANTE : MOSCOL CELI CRISTHIAN DANIEL
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000006592-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-12-11

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Suelos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 2
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2023-11-27
4.-PERIODO DE ENSAYO : 2023-11-27 al 2023-12-11

Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág. 1 de 4

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0786
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 918 475 133 / 940 598 572

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27287

N° Id.: 0000095452

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales en suelos ICP MS ⁽¹⁾	EPA METHOD 6020B, Rev.2, 2014/EPA METHOD 3050B Rev. 2, 1996. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance: B, Ca, Co, Fe, K, Li, Mg, Mo, Na, P, Si, Sn, Sr, Ti, Bi, U, Th). 2020.	METALES TOTALES: Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V, Zn, Hg, B, Ca, Ce, Fe, K, Li, Mg, Mo, Na, P, Si, Sn, Sr, Ti, Bi, U, Th. Inductively coupled plasma-mass spectrometry / Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils.

⁽¹⁾EPA* : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA**SEDE PRINCIPAL**Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572**SEDE ZARUMILLA**Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572**SEDE AREQUIPA**COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 816 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572**SEDE PIURA**Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.2 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27287

IV. RESULTADOS

N° Id.: 000095452

ITEM	1		2		
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-90827		M-23-90828		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PM2-6		PM5-6		
COORDENADAS:	NO APLICA		NO APLICA		
UTM WGS 84:	NO APLICA		NO APLICA		
PRODUCTO:	Suelos		Suelos		
SUB PRODUCTO:	Suelos		Suelos		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA				
FECHA y HORA DE MUESTREO :	26-11-2023 12:10		26-11-2023 12:10		
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Metales Totales en suelos ICP MS					
Aluminio (*)	mg/Kg	0,10	0,30	7 584,00	7 892,72
Antimonio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	430,13	455,24
Arsénico (*)	mg/Kg	0,02	0,10	882,85	949,55
Bario (*)	mg/Kg	0,01	0,03	435,29	447,44
Berilio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	0,42	0,45
Bismuto (*)	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20	<0,20
Boro (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Cadmio (*)	mg/Kg	0,005	0,020	26,930	28,632
Calcio (*)	mg/Kg	0,1	0,4	77 372,8	83 017,6
Cerio (*)	mg/Kg	0,04	0,10	16,11	16,56
Cobalto (*)	mg/Kg	0,05	0,20	14,32	14,94
Cobre (*)	mg/Kg	0,005	0,020	1 254,840	1 350,157
Cromo (*)	mg/Kg	0,01	0,03	36,16	36,74
Estaño (*)	mg/Kg	0,03	0,10	119,30	127,11
Estroncio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	333,90	349,67
Fosforo (*)	mg/Kg	0,04	0,10	1 320,66	1 394,96
Hierro (*)	mg/Kg	0,06	0,20	82 468,61	87 231,70
Litio (*)	mg/Kg	0,003	0,010	8,210	9,537
Magnesio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	6 711,12	7 090,11
Manganeso (*)	mg/Kg	0,01	0,03	5 079,95	5 270,76
Mercurio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04
Molibdeno (*)	mg/Kg	0,03	0,10	21,33	22,23
Niquel (*)	mg/Kg	0,01	0,04	13,79	14,49
Plata (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Plomo (*)	mg/Kg	0,05	0,20	3 977,49	4 158,67
Potasio (*)	mg/Kg	0,30	1,00	1 197,73	1 265,11
Selenio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20	<0,20

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.3 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27287

N° Id.: 0000095452

ITEM				1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-23-90827	M-23-90828
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PM2-6	PM5-6
COORDENADAS:				NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:				NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:				Suelos	Suelos
SUB PRODUCTO:				Suelos	Suelos
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:				26-11-2023 12:10	26-11-2023 12:10
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Silicio (*)	mg/Kg	0,02	0,07	18 676,99	19 567,99
Sodio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	459,49	563,61
Talio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04
Titanio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	175,16	178,37
Torio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Uranio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Vanadio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	39,85	41,65
Zinc (*)	mg/Kg	0,01	0,02	10 189,90	10 240,06

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27448

N° Id.: 0000095813

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-23-91261	M-23-91262
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PM2-9	PM5-9
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Suelos	Suelos
SUB PRODUCTO:	Suelos	Suelos
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO :	29-11-2023 10:00	29-11-2023 10:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Metales Totales en suelos ICP MS					
Aluminio (*)	mg/Kg	0,10	0,30	7 492,54	7 430,83
Antimonio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	460,39	428,84
Arsénico (*)	mg/Kg	0,02	0,10	856,43	828,40
Bario (*)	mg/Kg	0,01	0,03	444,39	436,49
Berilio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Bismuto (*)	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20	<0,20
Boro (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Cadmio (*)	mg/Kg	0,005	0,020	25,642	25,306
Calcio (*)	mg/Kg	0,1	0,4	74 693,0	74 030,3
Cerio (*)	mg/Kg	0,04	0,10	16,58	15,95
Cobalto (*)	mg/Kg	0,05	0,20	14,43	14,06
Cobre (*)	mg/Kg	0,005	0,020	1 224,179	1 228,206
Cromo (*)	mg/Kg	0,01	0,03	36,02	35,35
Estaño (*)	mg/Kg	0,03	0,10	121,63	116,88
Estroncio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	331,09	326,06
Fosforo (*)	mg/Kg	0,04	0,10	1 253,40	1 264,43
Hierro (*)	mg/Kg	0,06	0,20	81 943,59	79 100,80
Litio (*)	mg/Kg	0,003	0,010	8,985	8,271
Magnesio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	6 251,60	6 369,37
Manganeso (*)	mg/Kg	0,01	0,03	4 839,59	4 802,38
Mercurio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04
Molibdeno (*)	mg/Kg	0,03	0,10	22,06	21,40
Niquel (*)	mg/Kg	0,01	0,04	12,97	12,98
Plata (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Plomo (*)	mg/Kg	0,05	0,20	3 977,72	3 733,07
Potasio (*)	mg/Kg	0,30	1,00	1 187,10	1 149,25
Selenio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20	<0,20

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27448

N° Id.: 000095613

ITEM	1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-91261	M-23-91262
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PM2-9	PM5-9
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Suelos	Suelos
SUB PRODUCTO:	Suelos	Suelos
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:	29-11-2023 10:00	29-11-2023 10:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Silicio (*)	mg/Kg	0,02	0,07	19 278,59	18 012,33
Sodio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	479,62	501,86
Talio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04
Titanio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	199,82	176,63
Torio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Uranio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Vanadio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	40,96	39,03
Zinc (*)	mg/Kg	0,01	0,02	10 196,62	9 872,54

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-28109

N° Id.: 000096274

IV. RESULTADOS

ITEM	1		2	
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-92752		M-23-92753	
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PM2-12		PM5-12	
COORDENADAS:	NO APLICA		NO APLICA	
UTM WGS 84:	NO APLICA		NO APLICA	
PRODUCTO:	Suelos		Suelos	
SUB PRODUCTO:	Suelos		Suelos	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO :	02-12-2023 09:37		02-12-2023 09:37	

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Metales Totales en suelos ICP MS					
Aluminio (*)	mg/Kg	0,10	0,30	7 818,65	7 244,60
Antimonio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	531,17	451,67
Arsénico (*)	mg/Kg	0,02	0,10	954,16	859,21
Bario (*)	mg/Kg	0,01	0,03	445,24	416,09
Berilio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	0,41	0,36
Bismuto (*)	mg/Kg	0,06	0,20	<0,20	<0,20
Boro (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Cadmio (*)	mg/Kg	0,005	0,020	27,472	25,853
Calcio (*)	mg/Kg	0,1	0,4	79 858,3	71 800,6
Cerio (*)	mg/Kg	0,04	0,10	17,65	15,87
Cobalto (*)	mg/Kg	0,05	0,20	15,80	14,68
Cobre (*)	mg/Kg	0,005	0,020	1 335,899	1 250,562
Cromo (*)	mg/Kg	0,01	0,03	39,39	36,01
Estaño (*)	mg/Kg	0,03	0,10	138,86	117,63
Estroncio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	373,20	327,84
Fosforo (*)	mg/Kg	0,04	0,10	1 406,29	1 269,08
Hierro (*)	mg/Kg	0,06	0,20	86 606,32	77 176,17
Litio (*)	mg/Kg	0,003	0,010	8,447	8,137
Magnesio (*)	mg/Kg	0,06	0,20	6 602,01	6 302,53
Manganeso (*)	mg/Kg	0,01	0,03	5 140,23	4 799,91
Mercurio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04
Molibdeno (*)	mg/Kg	0,03	0,10	24,17	20,94
Niquel (*)	mg/Kg	0,01	0,04	14,09	13,18
Plata (*)	mg/Kg	0,03	0,10	<0,10	<0,10
Plomo (*)	mg/Kg	0,05	0,20	4 332,77	3 835,59
Potasio (*)	mg/Kg	0,30	1,00	1 232,89	1 126,63
Selenio (*)	mg/Kg	0,05	0,20	<0,20	<0,20

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.3 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-28109

N° Id.: 0000096274

ITEM	1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-92752	M-23-92753
CÓDIGO DEL CLIENTE:	PM2-12	PM5-12
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Suelos	Suelos
SUB PRODUCTO:	Suelos	Suelos
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:	02-12-2023 09:37	02-12-2023 09:37

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Silicio (*)	mg/Kg	0,02	0,07	21 567,48	18 125,40
Sodio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	515,15	526,65
Talio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	<0,04	<0,04
Titanio (*)	mg/Kg	0,03	0,10	185,32	163,37
Torio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Uranio (*)	mg/Kg	0,01	0,03	<0,03	<0,03
Vanadio (*)	mg/Kg	0,01	0,04	41,91	38,47
Zinc (*)	mg/Kg	0,01	0,02	10 901,93	9 922,68

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"