



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Reducción de mercurio en suelos contaminados del Campamento de la mina Santa Bárbara
usando *Pseudomona putida* en Huancavelica

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

Paz Maza Pilar Milagros (ORCID: 0000-0002-6418-9653)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro Elmer (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos naturales

Lima-Perú

2019

DEDICATORIA

A María, mi madre.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida, brindarme salud y permitirme alcanzar mis objetivos.

A María, mi madre, por ser siempre mi fortaleza, ejemplo de constancia y perseverancia, y por inculcarme valores, brindándome amor y comprensión incondicional.

A mis hermanos, por su apoyo y palabras de aliento para conseguir mis metas.

A Carlos por su comprensión, apoyo y por siempre estar para mí, así mismo, ser de ayuda primordial en el desarrollo de mi tesis.

A mis amigos de trabajo, que me brindaron su cooperación para poder llevar a cabo mi investigación, con el uso del laboratorio, así como también despejando dudas sobre la metodología que apliqué en mi tesis, les agradezco infinitamente.

A mi asesor, Ingeniero Elmer Benites por sus consejos, recomendaciones y brindarme sus conocimientos para poder concretar mi investigación.

A la Universidad Cesar Vallejo por las oportunidades que me ha brindado, así mismo, agradezco a los profesores que fueron partícipes del proceso de mi formación académica.

PÁGINA DEL JURADO

 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-FR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 2
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don
 (a) PAZ HAZA PILAR MILAGROS
 (Apellidos, nombre)

Cuya título es:
REDUCCIÓN DE MERCURIO EN SUELOS CONTAMINADOS
DEL CAMPAMENTO DE LA MINA SANTA BARBARA
GRANDO Pseudomona putida EN HUANCAYENCA

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por
 el estudiante, otorgándole el calificativo de:
17 (Número) DIECISIETE (Letras).

Lugar y fecha La Oroya, 16 Julio 2011



PRESIDENTE
Dr. JORGE RAMAYO JORGE LEONARDO
 (Grado Apellidos, Nombre)



SECRETARIO
Dr. Gabriela Coronado Coronado
 (Grado Apellidos, Nombre)





VOCAL
Dr. BENITES ALFARO, EMER
 (Grado Apellidos, Nombre)

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectoras de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	--	--------	-----------

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Pilar Milagros Paz Maza, con DNI N° 43290354, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grado y títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda documentación es auténtica y veraz.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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

Lima, 01 de julio de 2019



Pilar Milagros Paz Maza
Pilar Milagros Paz Maza

DNI: 43290354

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO	19
2.1 Diseño de Investigación	19
2.2 Variables, Operacionalización.....	20
2.3 Población y muestra.....	22
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	25
2.5 Métodos de análisis de datos	33
2.6 Aspectos éticos	33
III. RESULTADOS	35
IV. DISCUSIÓN	46
V. CONCLUSIONES.....	48
VI. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS.....	59
Anexo 1: Propiedades Físicas del suelo.....	59
Anexo 2: Propiedades Químicas del suelo	60
Anexo 3: Dosificación de uso de la bacteria <i>Pseudomonas putida</i>	61
Anexo 4: Ficha de muestreo de suelo.....	62
Anexo 6: Ficha de control de aplicación de tratamiento con <i>Pseudomonas putida</i>	65
OTROS ANEXOS.....	67
Anexo 7: Matriz de consistencia	67
Anexo 8: Área de estudio.....	69
Anexo 9: Toma de muestra.....	70
Anexo 10: Reactivación de cepa <i>Pseudomonas putida</i>	71
Anexo 11: Preparación de medios y siembra de bacteria.....	72
Anexo 12: Aplicación de tratamiento	73

Anexo 13: Validación de instrumentos	75
Anexo 14: Informe del ensayo de mercurio pre tratamiento	91
Anexo 15: Informe del ensayo de mercurio muestra control y post tratamiento	92
Anexo 16: Metodología usada en el análisis de mercurio.....	93
Anexo 17: Informe del análisis fisicoquímico de la muestra pre tratamiento.....	94
Anexo 18: Informe del ensayo de la muestra control	95
Anexo 19: Informe del análisis fisicoquímico de M 1.1.....	96
Anexo 20: Informe del análisis fisicoquímico de M 1.2.....	97
Anexo 21: Informe del análisis fisicoquímico de M 1.3.....	98
Anexo 22: Informe del análisis fisicoquímico de M 2.1.....	99
Anexo 23: Informe del análisis fisicoquímico de M 2.2.....	100
Anexo 24: Informe del análisis fisicoquímico de M 2.3.....	101
Anexo 25: Informe del análisis fisicoquímico de M 3.1.....	102
Anexo 26: Informe del análisis fisicoquímico de M 3.2.....	103
Anexo 27: Informe del análisis fisicoquímico de M 3.3.....	104
Anexo 28: Informe del análisis fisicoquímico de M 4.1.....	105
Anexo 29: Informe del análisis fisicoquímico de M 4.2.....	106
Anexo 30: Informe del análisis fisicoquímico de M 4.3.....	107
Anexo 31: Metodología usada en el análisis fisicoquímico.....	108

Índice de Tablas

Tabla 1: Clases texturales del suelo	12
Tabla 2: Profundidad de muestreo según el tipo de suelo	23
Tabla 3: Coordenadas de los puntos de muestreo	25
Tabla 4: Cantidad de u.f.c. /ml por tratamiento.....	32
Tabla 5: Lista de expertos que validaron los instrumentos de recolección de información	32
Tabla 6: Resultados iniciales de análisis de mercurio de la muestra de suelo de la mina Santa Bárbara – Huancavelica	35
Tabla 7: Resultados iniciales de análisis fisicoquímico de la muestra de suelo de la mina Santa Bárbara – Huancavelica	35
Tabla 8: Resultados de análisis de mercurio de la muestra de control	36
Tabla 9: Resultados de análisis fisicoquímicos de la muestra de control	36
Tabla 10: Resultados de niveles de mercurio con tratamiento N° 01	37
Tabla 11: Resultados de análisis químico con tratamiento N° 01	37
Tabla 12: Resultados de niveles de mercurio con tratamiento N° 02.....	38
Tabla 13: Resultados de análisis químico con tratamiento N° 02	38
Tabla 14: Resultados de niveles de mercurio con tratamiento N° 03.....	38
Tabla 15: Resultados de análisis químico con tratamiento N° 03	39
Tabla 16: Resultados de niveles de mercurio con tratamiento N° 04.....	39
Tabla 17: Resultados de análisis químico con tratamiento N° 04	39
Tabla 18: Prueba de normalidad de la concentración de mercurio después de los 04 tratamientos con <i>Pseudomona putida</i>	43
Tabla 19: Prueba de homogeneidad de varianzas para la concentración de mercurio después de los 04 tratamientos con <i>Pseudomona putida</i>	43
Tabla 20: Prueba de Anova de la concentración de mercurio después de los 04 tratamientos con <i>Pseudomona putida</i>	44
Tabla 21: Prueba de normalidad de la variación del nivel de mercurio después del tratamiento con <i>Pseudomona putida</i>	44
Tabla 22: Prueba de homogeneidad de varianzas para la variación del nivel de mercurio después del tratamiento con <i>Pseudomona putida</i>	45
Tabla 23: Prueba de Anova de la variación del nivel de mercurio después del tratamiento con <i>Pseudomona putida</i>	45

Índice de Figuras

Figura 1: Ciclo Biogeoquímico del mercurio.....	15
Figura 2: Muestreo aleatorio simple.....	22
Figura 3: Método del cuarteo	23
Figura 4: Localización de las submuestras.....	24
Figura 5: Descripción de toma de muestra de suelo.....	27
Figura 6: Distribución de tratamientos.....	30
Figura 7: Recuento bacteriano por tratamiento	31
Figura 8: Comparación de nivel de mercurio inicial con ECA para	40
Figura 9: Nivel de mercurio Post Tratamiento.....	41
Figura 10: Nivel de pH Pre y Post Tratamiento	41
Figura 11: Concentración de materia orgánica Pre y Post Tratamiento.....	42

RESUMEN

La contaminación del suelo por mercurio es uno de los impactos más graves que sufre el planeta, no sólo porque es a nivel mundial, sino también porque la recuperación de estos suelos afectados suele ser lenta y muy compleja. La presente investigación tuvo la finalidad de brindar un aporte sobre la reducción de los niveles de mercurio en el suelo del campamento de la mina Santa Bárbara usando la bacteria *Pseudomona putida*; creándose el ambiente con las condiciones físicas y químicas para el desarrollo óptimo del microorganismo antes mencionado. El desarrollo del ensayo se inició con la obtención de la cepa bacteriana con la que se trabajó (*Pseudomona putida* ATCC 49128) en estado liofilizado, se reconstituyó con fluido hidratante para la reactivación, luego se sembró en agar MacConkey para poder reproducirlas. Las colonias obtenidas se suspendieron en tubos cónicos que contenían 20, 30, 40 y 50 ml de caldo TSB respectivamente, es decir se trabajó con cuatro tratamientos diferentes. Por otro lado, a la muestra de suelo se le realizaron análisis antes del tratamiento: nivel de mercurio, análisis físicos (textura y estructura) y químicos (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, intercambio catiónico y carbonatos). Se dispuso en macetas 1.5 kg de suelo y semanalmente se le agregó la cepa contenida en los tubos cónicos de 20 ml, 30 ml, 40 ml y 50 ml, diluida en 300 ml de agua destilada cada uno, este tratamiento se realizó por un periodo de 6 semanas. El resultado inicial de mercurio (pre tratamiento) fue de 2255.41 mg/Kg PS de suelo, al término de las 6 semanas se volvió a analizar el nivel de mercurio y se obtuvo un valor promedio de 847.4 mg/Kg PS de suelo con el cuarto tratamiento (50 ml de cepa diluida en 300 ml de agua destilada) confirmando la reducción del nivel de mercurio en el suelo.

Palabras clave: *Pseudomona putida*, nivel de mercurio, liofilizada, cepa bacteriana

ABSTRACT

Soil contamination by mercury is one of the most serious impacts the planet suffers, not only because it is worldwide, but also because the recovery of these affected soils is usually slow and very complex. The present investigation was intended to provide a contribution on the reduction of mercury levels in the soil of the Santa Bárbara mine camp using the *Pseudomonas putida* bacteria; creating the environment with the physical and chemical conditions for the optimal development of the aforementioned microorganism. The development of the trial began with the obtaining of the bacterial strain with which it was worked (*Pseudomonas putida* ATCC 49128) in a lyophilized state, reconstituted with hydrating fluid for reactivation, then seeded in MacConkey agar to reproduce them. The colonies obtained were suspended in conical tubes containing 20, 30, 40 and 50 ml of TSB broth, respectively, that is, they worked with four different treatments. On the other hand, the soil sample was analyzed before treatment: mercury level, physical analysis (texture and structure) and chemical analysis (pH, electrical conductivity, organic matter, cation exchange and carbonates). 1.5 kg of soil was placed in pots and weekly the strain contained in the conical tubes of 20 ml, 30 ml, 40 ml and 50 ml was added, diluted in 300 ml of distilled water each, this treatment was carried out for a period 6 weeks. The initial result of mercury (pretreatment) was 2255.41 mg / kg PS of soil, at the end of 6 weeks the mercury level was re-analyzed and an average value of 847.4 mg / kg PS of soil was obtained with the fourth treatment (50 ml of strain diluted in 300 ml of distilled water) confirming the reduction of the level of mercury in the soil.

Keywords: *Pseudomonas putida*, mercury level, lyophilized, bacterial strain

I. INTRODUCCIÓN

La minería es una de las actividades que más ingresos económicos genera, pero de igual forma es una de las más contaminantes. El mercurio es un contaminante a nivel mundial que perjudica tanto al ecosistema como a la salud de la población y esto se debe mayormente a la industrialización asociada al uso de combustibles fósiles, pero sobre todo a la minería informal, pues ésta actividad contamina el suelo como consecuencia de los procesos de extracción del metal, y en la mayoría de los casos estos suelos no son restaurados. HERNANDEZ, G. et al. (2012).

Nuestro país no está exento de esta problemática, pues en la actualidad Huancavelica es una de las regiones que presenta los índices más altos de contaminación por mercurio, es importante mencionar que la contaminación no solo está en el suelo sino que también se ha expandido a las aguas del río e incluso a la población, puesto que en el año 1564 se inició la extracción de mercurio en el campamento minero Santa Bárbara hasta 1820 y aunque actualmente ha cesado la explotación, han quedado graves secuelas de ello. THE ENVIRONMENTAL HEALTH COUNCIL (2015).

El presente trabajo de investigación buscó fomentar una alternativa de remediación del suelo contaminado con mercurio utilizando un método ambiental inocuo y asequible, como es el uso de la bacteria *Pseudomona putida*. El propósito de esta investigación fue determinar el nivel de mercurio presente en el suelo del campamento de la mina Santa Bárbara en Huancavelica antes y después del tratamiento con la bacteria. La técnica de muestreo que se utilizó fue aleatoria simple superficial, según la Guía para el Muestreo de Suelos en el Marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

La metodología que se usó fue experimental, se trabajó con la cepa *Pseudomona putida* ATCC 49128, una vez obtenida la muestra de suelo, se depositó en macetas con 1.5 Kg cada una, se trabajó con 13 macetas para 04 tratamientos distintos por triplicado y una muestra control (a la que no se le agregó ningún tratamiento durante el periodo de experimentación). La cepa bacteriana estaba liofilizada es por esto que se reconstituyó para su posterior aplicación al suelo. Los 04 tratamientos o dosis fueron de 20 ml, 30 ml, 40 ml y 50 ml respectivamente, cada dosis fue mezclada con 300 ml de agua destilada antes de ser vertida a la maceta, este tratamiento fue por un periodo de 06 semanas.

Los metales pesados como el mercurio tienden a unirse a la superficie de las bacterias por diversos mecanismos, como reacción redox, precipitación, etc., luego de esto son transportados al citoplasma del microorganismo y retenidos por la proteína metalotioneína (presente en bacterias como *Pseudomona putida*, *Escherichia Coli*, *Cyanobacterium*), que es una enzima que facilita la transformación y/o absorción del metal. BELTRAN & GOMEZ (2016). El mecanismo de la bacteria *Pseudomona putida* es la reducción de Hg^{2+} a las especies de Hg^0 que son menos tóxicas y volátiles, esto lo logra por medio de la enzima mercurio reductasa, COVARRUBIAS, S. et al. (2015).

Una parte de la muestra de suelo obtenida se envió a Certimin y al Laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y para los respectivos análisis previos al tratamiento: nivel de mercurio y parámetros fisicoquímicos, el valor inicial de mercurio que se encontró en el suelo fue de 2255.41 mg/Kg PS, cabe mencionar que el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelo establecido por el MINAM, refiere que el valor máximo permitido para mercurio en suelo extractivo es hasta 25 mg/Kg PS, por lo que se infiere que el nivel del contaminante previo al tratamiento sobrepasa considerablemente el ECA. El tratamiento con la bacteria se aplicó por un periodo de seis semanas, posterior al tratamiento con la cepa, las muestras de suelo fueron enviadas a los laboratorios ya mencionados para los respectivos análisis, se analizaron parámetros físicos, químicos y mercurio respectivamente. Los resultados obtenidos indican que la cepa *Pseudomona putida* logró reducir el nivel de mercurio presente en el suelo con los cuatro tratamientos aplicados, sin embargo, con el tratamiento N° 04 el nivel de mercurio se redujo a un promedio de 847.43 mg/Kg PS.

Es importante mencionar que debe existir una estrategia para la adecuada gestión del suelo, que permita el aprovechamiento de este recurso de forma sostenible sin perjudicar al ecosistema y a los que forman parte de él, también es primordial que exista un marco legal que se cumpla no solo por la población, sino sobre todo por las empresas; así mismo se debe contar con un plan de contingencia frente a sucesos que puedan deteriorar el suelo, El Estado debería tomar cartas en el asunto en cuanto a zonas impactadas y que no hayan recibido la restauración y/o remediación adecuadas para una mejor calidad de suelo y mejor calidad de vida de la población.

El mercurio es un metal pesado que se encuentra en nuestro entorno, pasa por una serie de fases que determinan su acumulación en el ambiente, todos estos procesos se pueden dar de manera natural o por acción antrópica. Sin embargo, cabe mencionar que las emanaciones

naturales son mayormente en forma de mercurio elemental a diferencia de las emisiones causadas por el hombre que suelen ser en forma gaseosa o en su forma oxidada. Las propiedades del suelo tales como pH, temperatura, contenido de materia orgánica y una serie de procesos químicos y biológicos son requisito indispensable para que el mercurio se convierta en compuesto orgánico o inorgánico una vez asentado en el suelo. El metil mercurio es una especie de mercurio que cobra mayor relevancia por su alta toxicidad y la facilidad que tiene para acumularse en el suelo y sedimentos, así lo indica GAONA (2004).

La contaminación del suelo por mercurio es uno de los impactos más graves que sufre nuestro planeta, no sólo porque es a nivel mundial, sino también porque la recuperación de estos suelos afectados suele ser lenta y muy compleja. La extracción de mercurio en diferentes partes del mundo data desde hace más de miles de años, pues la actividad minera es una fuente importante de ingreso económico; en la actualidad muchas de esas minas ya no están en funcionamiento, sin embargo, los suelos nunca fueron remediados para darle un empleo alternativo. MILLAN et al. (2007) afirman que esta polución se ha extendido de tal forma que ha contaminado el agua de los ríos, cabe resaltar que esta contaminación se magnifica ya que entra a la cadena trófica, afectando la flora, fauna y seres humanos que viven en los alrededores del lugar de la explotación.

Perú no es la excepción, ya que también ha sido expuesto a la contaminación por mercurio; la región Huancavelica tiene uno de los índices más altos de contaminación, debido a que aquí funcionó la mina más grande dedicada a la extracción de este metal durante la época de la colonia; la mina Santa Bárbara; el problema se ha acentuado debido a que sobre este suelo contaminado se han establecido diversos grupos humanos y han construido sus moradas. THE ENVIRONMENTAL HEALTH COUNCIL (2015) hizo un estudio en esta zona de la región y manifestó que estos terrenos emiten vapores tóxicos que son inhalados por los pobladores, esta realidad se agrava debido a que más de la mitad de casas son de barro y han utilizado la tierra procedente del campamento minero para su construcción.

De igual forma THE ENVIRONMENTAL HEALTH COUNCIL (2015) tomó muestras de suelo: sobre la superficie, a 1 y a 3 pulgadas de profundidad, para precisar con exactitud la distribución de mercurio total en el terreno de diversos lugares pertenecientes a zonas residenciales. Los resultados de mercurio total obtenidos en muestras de tierra: a 0.1 pulgadas: 1201mg/kg, a 1 pulgada de profundidad: 2,5 a 688 mg/kg y a 3 pulgadas: 1,5 a

90mg/kg. Asimismo se recolectaron muestras de sedimentos de diversas partes del río Ichu, obteniéndose niveles de mercurio por encima de 535 mg/kg. También se analizaron muestra de diversos alimentos que conforman la dieta habitual de la zona tales como: papa, chuño, charque de alpaca, alcanzando valores de 29.30 mg/kg en el charque de alpaca, estos resultados demuestran el peligro inminente para su ingestión.

En el campamento de la mina Santa Bárbara, Huancavelica y zonas aledañas, el suelo, las viviendas construidas en su mayoría de tierra, el aire al interior de las moradas, los sedimentos del río, y los alimentos, están contaminados con mercurio, asimismo es importante decir que esta región tiene uno de los índices más altos de pobreza a nivel nacional, es por esto que el Estado debería intervenir y tomar las medidas necesarias para revertir esta situación.

La investigación buscó aplicar una metodología que pueda reducir el nivel de mercurio presente en el suelo del campamento minero, a través del uso de la bacteria *Pseudomona putida* y que con las condiciones adecuadas el microorganismo logró su cometido, ésta técnica sería una buena alternativa para restaurar los daños ocasionados por los altos niveles de mercurio, asimismo mejorar la calidad del suelo y calidad de vida de los pobladores de los alrededores de la mina antes mencionada.

Los antecedentes relativos al tema de investigación son los siguientes:

COVARRUBIAS, S; GARCIA, J y PEÑA, J. (2015) en su investigación titulada “El papel de los microorganismos en la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados” cuyo objetivo es dar a conocer diversas técnicas para remediar los suelos contaminados, haciendo uso de microorganismos tales como bacterias y hongos, la metodología usada son procedimientos fisicoquímicos y biológicos como: biolixiviación, biosorción, bioprecipitación y biovolatilización. El propósito de la biovolatilización es la de metilar los metales pesados como el mercurio, en este caso particular utilizan las reacciones enzimáticas de la bacteria *Pseudomona putida* para reducir el metilmercurio a Hg (0) por medio de la enzima mercurio reductasa presente en la bacteria antes mencionada. Concluyeron que estos métodos biológicos son muy prometedores, sin embargo cabe resaltar que son necesarios estudios más a fondo sobre la variedad microbiana que crece en estos lugares contaminados con metales pesados, para encontrar cepas de bacterias mejor acondicionadas.

PEREZ, A; et. Al. (2016) en el artículo científico llamado “Bacterias endófitas asociadas a los géneros *Cyperus* y *Paspalum* en suelos contaminados con mercurio” mencionan que se realizó con la finalidad de conocer y aislar bacterias endófitas (residen en los tejidos de las plantas) resistentes a mercurio. Las especies de plantas que se utilizaron son oriundas de la región. Cabe resaltar que se realizaron estudios del suelo previos al tratamiento y se encontró un suelo carente de sus principales componentes (contenido de materia orgánica, calcio, magnesio, potasio, etc.) y un pH extremadamente ácido lo que facilita la filtración del mercurio. Los resultados concluyentes fueron que los niveles de mercurio más elevados se encontraron en la raíces de las plantas, asimismo las bacterias encontradas son de mucha utilidad para reducir mercurio así como cadmio, sin embargo son pocos los estudios previos, por lo que es recomendable seguir con las investigaciones para conocer más acerca de los beneficios de estas bacterias.

BELTRAN, M y GOMEZ, A (2016) en su informe denominado “Biorremediación de metales pesados cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg) mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: una revisión” usan mecanismos bioquímicos con apoyo de la ingeniería genética para incrementar las características que tienen estas bacterias para reducir los niveles de metales pesados. Existen muchas especies de bacterias que pueden lograr esta reducción antes mencionada por medio de diversos mecanismos, sin embargo la incursión de la ingeniería genética genera mejores resultados, básicamente este método se basa en el uso de “biomarcadores” para hacer seguimiento a bacterias específicas. Si se pone en práctica estos procesos metabólicos y genéticos de microorganismos y plantas, se lograrán obtener técnicas efectivas en lo que respecta a procesos de biorremediación.

ZAPATA, I et.al. (2017) en el artículo “Efectos de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), sobre el crecimiento de microorganismos en suelos contaminados con mercurio de Segovia, Antioquia” cuya finalidad fue evaluar el efecto de la lombriz roja californiana sobre el crecimiento poblacional de los microorganismos en suelos contaminados con mercurio. Esta lombriz tiene la cualidad de subsistir en el suelo con altos niveles de metales, sin alterar o dañar su presencia. Se concluyó que hubo una mejoría de las condiciones del suelo, gracias a que las lombrices se alimentaban de la materia orgánica presente en el suelo y sus evacuaciones logran que las condiciones físicas y químicas del suelo mejoren sobremanera, lo que a su vez permite el incremento de la flora microbiana que descontamina el suelo.

MAHBUB, K. et. Al (2017) en el artículo “Bio-augmentation and nutrient amendment decrease concentration of mercury in contaminated soil” refieren que utilizaron una cepa bacteriana que volatiliza el mercurio; la cepa que utilizaron fue *Sphingobium* y fue aislada de un suelo contaminado con mercurio, para conservarla la inocularon en caldo glicerol al 15% y para activarla la incubaron en caldo Luria por 24 horas, y la agregaron a cuatro muestras de suelo contaminadas con el metal pesado, que tenían cuatro niveles de pH distintos, al mismo tiempo adicionaron nutrientes a las muestras de suelo, ésta combinación mejoró sobremanera la rapidez para disminuir el mercurio en casi un 60% en 7 días; en comparación con muestras de suelo a las que sólo se les aplicó el tratamiento con bacterias y tratamiento con nutrientes por separado que lograron disminuir el mercurio de 33 a 48% en 14 días y 50% de en 28 días respectivamente.

CHEN, J et. Al (2018) en su investigación denominada “Characterization of an Hg (II)-volatilizing *Pseudomonas* sp. strain, DC-B1, and its potential for soil remediation when combined with biochar amendment” aducen que aislaron la cepa *Pseudomona* sp. de una muestra de suelo contaminada con mercurio, la cual tenía la capacidad de volatilizar el mercurio (II), inicialmente la cepa fue inoculada en soluciones de cultivo con concentraciones de 5.1, 10.4 y 15.7 mg / L de mercurio (II) y comprobaron que volatilizó 81.1%, 79.2% y 74.3% del mercurio (II) inicial respectivamente dentro de las 24 horas, así mismo comprobaron la capacidad de la cepa en muestra de suelo contaminada con mercurio, pero esta vez le agregaron enmienda de biochar, logrando comprobar que existe mayor eficiencia en la eliminación del mercurio en un periodo de incubación de 24 días.

GIOVANELLA, P et. Al (2015) en su trabajo de investigación titulada “Detoxification of Mercury by Bacteria Using Crude Glycerol from Biodiesel as a Carbon Source” argumentan que utilizaron el glicerol residual de la industria de biodiesel como fuente de carbono para ciertas bacterias, lo que a su vez incrementó la velocidad del proceso de desintoxicación, ellos mencionan que obtuvieron mejores resultados de eliminación de mercurio y degradación del glicerol utilizando aislamiento de cepas bacterianas de *Serratia*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca* y *Arthrobacter* sp. a las que le agregaron 0,5 g de extracto de levadura, de esa forma obtuvieron hasta 100% de reducción de mercurio usando las cepas antes mencionadas.

FERNANDEZ, I. (2012) en su tesis “Estudio del metabolismo de polihidroxicanoatos en *Pseudomona putida*: implicaciones fisiológicas y aplicaciones en el desarrollo de bioplásticos funcionalizados” refiere que las bacterias que pertenecen al género de

Pseudomona se adaptan con bastante facilidad, motivo por el cual se les puede encontrar en agua, suelos e incluso alimentos. Cabe resaltar que la *Pseudomona putida* es de mayor relevancia ambiental, es de metabolismo muy variable y suele habitar en el suelo, rizósfera y agua dulce. La cepa *P. putida* KT2440 es la primera de su género en ser secuenciada, lo que la hace más resistente a la rifampicina (medicamento de amplio espectro) y la más usada en biorremediación de suelos contaminados con compuestos aromáticos, asimismo esta cepa posee plásmidos que logran el incremento de la capacidad para degradar otros compuestos, tal es el caso del plásmido OCT, que permite degradar alcanos.

LOPEZ, M. (2015) en su tesis “Las interacciones aire/suelo/plantas-líquenes/leguminosas - *Rhizobium* del mercurio en áreas contaminadas” manifiesta que hay plantas como las leguminosas que pueden crecer con normalidad en suelos contaminados con mercurio, acumulan el metal pesado en sus raíces sin migrarla a la parte aérea y al interactuar con las bacterias del genero *Rhizobium*, el mercurio puede ser metilado, de esa forma ya migra a la parte aérea de la planta y es fácilmente eliminado en su forma más volátil y menos tóxica al medio ambiente, esta asociación permite reducir los niveles de mercurio y ayudan a la restauración de suelos contaminados por este metal pesado, cabe resaltar que este resultado se obtiene gracias a la acción simbiótica leguminosa-bacteria, pues no hay información de que por separado se obtengan los mismos resultados de reducción de mercurio en el suelo.

AKINTUI, M. et. Al (2015) en su artículo de investigación “*Pseudomonas fluorescens* de suelos agrícolas degradadora del herbicida ácido 2,4 Diclorofenoxiacético” exponen que experimentaron con *Pseudomona fluorescens* a nivel de laboratorio para poder remediar el suelo contaminado por el herbicida, este compuesto químico es el más usado para evitar el incremento de maleza en los campos de cultivo. El mecanismo de acción de la bacteria se basa en que utilizan el herbicida como fuente de carbono y energía, es por esto que son capaces de reducir ampliamente el nivel del compuesto químico en el suelo, ya que su uso excesivo está perjudicando a los animales y plantas. Es importante mencionar que aislaron la bacteria a escala de laboratorio, pero que el microorganismo ya estaba presente en el suelo agrícola, pues a pesar de la contaminación, la bacteria puede desarrollarse debido a que el suelo es su hábitat natural y a la poca exigencia con los componentes que puedan existir en el medio donde vive.

MARTINEZ, A. (2018) en su tesis “Biorremediación bacteriana de suelo contaminado con fluidos y residuos de perforación mediante diferentes métodos” expone que utilizó diversos métodos (7) para comparar cuál de ellos es más eficaz remediando el suelo

contaminado; durante los diversos procesos de la explotación de petróleo; a escala de laboratorio. El tiempo de acción que se le dio a cada método fue de 90 días, también es importante mencionar que se agregaron varios compuestos orgánicos que aceleraron el crecimiento de grupos de microorganismos que habitan en el suelo. Entre las bacterias que incrementaron su población luego de aplicar los tratamientos antes mencionados se encuentran *Pseudomona* y *Bacillus*, sin embargo, el género *Streptomyces* alcanzó un porcentaje de 98% de eficacia en la degradación de hidrocarburos.

MAYZ, J. & MANZI, L. (2017) en su artículo de investigación “Bacterias hidrocarburoclásticas del género *Pseudomonas* en la rizósfera de *Samanea saman*” manifiestan que el área de muestreo fue el suelo afectado por el derrame de petróleo, aquí se halló la leguminosa *Samanea saman*, especie que se utiliza para reforestar sitios contaminados por petróleo, debido a que incrementan el nivel de nitrógeno en el suelo. El procedimiento del estudio empezó con la identificación adecuada de la leguminosa, luego se llevaron estas plantas de raíz al laboratorio con la finalidad de aislar la bacteria *Pseudomona* asociada a la rizósfera de la planta, luego el suelo que se obtuvo al sacudir la raíz fue suspendido en un medio líquido, que usa como única fuente de carbono al petróleo para facilitar el crecimiento de la bacteria, comprobando de esa manera que este género de bacterias es capaz de degradar el petróleo presente en su medio. Es importante mencionar que se hizo la respectiva identificación bacteriológica, por lo que se identificaron tres especies de *Pseudomona*: *P. aeruginosa*, *P. fluorescens* y *P. putida*.

LOPEZ, E. (2014) en su tesis “Alternativas de disposición para la fitorremediación de suelos contaminados por actividades mineras” manifiesta que especies de plantas de mostaza tienen capacidad de acumular elevadas concentraciones de mercurio en hojas y raíces, también es eficaz en caso de suelos contaminados con cadmio, cromo, zinc y plomo. Otra especie de planta óptima para la fitorremediación es el guarumo, pues puede crecer en zonas impactadas por la minería, e incluso esta especie maderable se puede utilizar para la reforestación, ya que tiene la capacidad de crecer en suelos poco productivos como consecuencia de la contaminación con mercurio, el mecanismo de acción de este árbol es que acumula el metal pesado en la raíz, hojas y tallos, sin embargo la mayor cantidad de mercurio se queda en la epidermis de la planta, así evita que dañe la parte superior de la misma.

PATERNINA, R., PÉREZ, A. & VITOLA, D. (2017) en su artículo “Presencia de bacterias rizosféricas resistentes a mercurio en suelos del sur de Bolívar, Colombia” refieren

que aislaron bacterias rizosféricas para comprobar la resistencia al mercurio en diferentes concentraciones a nivel de laboratorio, las muestras se extrajeron de zonas contaminadas por la actividad minera. Los microorganismos fueron expuestos a diversas concentraciones de cloruro de mercurio (HgCl₂). Al término del ensayo se identificó *Pseudomona luteola*, la cual resistió a una de las más altas dosis de mercurio e incluso tuvo la capacidad de fijar el nitrógeno, se debe agregar que la bacteria resistente se empleó para evaluar el desarrollo de las plantas.

GIOVANELLA, P et. Al (2017) en su artículo científico “Metal resistance mechanisms in Gram-negative bacteria and their potential to remove Hg in the presence of other metals” argumentan que el objetivo del proyecto fue evaluar la capacidad de cuatro cepas resistentes al mercurio para eliminar mercurio solo y en presencia de otros metales como Cadmio, Níquel y Plomo. Ellos demostraron que las cuatro cepas eliminaron el mercurio presente en un medio de cultivo sin agregar los otros tres metales contaminantes antes mencionados. Sin embargo, la cepa de *Pseudomona sp.* B50D removi6 una mayor cantidad de mercurio en presencia de los otros metales, logrando eliminar el 75% de Hg en presencia de Cd y el 91% en presencia de Ni y Pb. Con respecto a los otros metales elimin6 60%, 15% y 85% de Cd, Ni y Pb, respectivamente, as6 mismo la cepa de *Pseudomona sp.* B50D fue inoculada en muestras con efluentes y logr6 eliminar el 85% de Hg pero no elimin6 los otros metales, lo que demostr6 su limitada capacidad frente a otros metales diferentes al mercurio.

PESANTES, M. & CASTRO, R. (2016) en su investigación “Potencial de cepas de *Trichoderma spp.* para la biorremediación de suelos contaminados con petr6leo” mencionan que utilizaron tres cepas de *Trichoderma*, que fueron aisladas del suelo contaminado con hidrocarburos, el tratamiento fue in situ, ya que inocularon una concentraci6n de cada cepa en el suelo contaminado por un derrame de petr6leo, luego de 96 d6as se tomaron muestras de suelo a 10 y 15 cm de profundidad, inicialmente se determinaron los niveles de hidrocarburos y metales pesados como Cadmio, N6quel y Plomo para contrastarlo con los resultados obtenidos despu6s del tratamiento con la cepa, logrando resultados de remoci6n de hasta 69.1% en los hidrocarburos y hasta 53.7% en los metales pesados.

RAFIQUE, A. AMIN, A. & LATIF, Z. (2015) en su art6culo llamado “Screening and Characterization of Mercury-Resistant Nitrogen Fixing Bacteria and Their Use as Biofertilizers and for Mercury Bioremediation” refieren que aislaron cepas bacterianas fijadoras de nitr6geno resistentes al mercurio (NFB) en un medio selectivo con el fin de inocularlas como biofertilizante en muestras de suelo y agua contaminadas para biorremediar

mercurio. Para la identificación de las cepas NFB realizaron diversas pruebas bioquímicas, logrando identificar los géneros *Pseudomonas*, *Cronobacter* y *Bacillus*. Cabe resaltar que la cepa de *Cronobacter* es la que mostró mayor eficiencia en la biorremediación de mercurio logrando hasta un 95% de eliminación del contaminante.

AZODDEIN, A. et. Al (2016) en su artículo científico denominado “A Bioremediation Approach to Mercury Removal in a Shake Flask Culture Using *Pseudomonas putida* (ATCC 49128)” refieren que utilizaron la cepa bacteriana *Pseudomonas putida* ATCC 49128 a escala de laboratorio en un matraz de agitación, para reducir el mercurio presente en aguas residuales de una planta de la industria petrolera, y acondicionaron los niveles de pH, nutrientes y otros factores físicos, luego de un periodo de 96 horas el nivel de mercurio se redujo en un 90.5 % lo que demuestra la eficacia de la cepa *Pseudomonas putida* ATCC 49128 para reducir el nivel de mercurio en un tiempo bastante corto.

ARAUJO, J. et. Al (2015) en su investigación científica llamada “Biocatalizadores fúngicos hidrocarbonoclasticos del genero *Aspergillus* para la descontaminación de agua con Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPAs)” refieren que aislaron hongos del género *Aspergillus* de una bahía con el objetivo de recuperar un sistema acuático marino contaminado por hidrocarburos, ellos aplicaron el tratamiento por un periodo de 1 a 3 meses obteniendo de 70 a 80% de remoción del contaminante y llegando al 100 % de descontaminación en 12 meses. El mecanismo de acción de los hongos se basa en que estos microorganismos rompen los enlaces carbono-carbono gracias a las enzimas que poseen, lo que es equivalente a descontaminación.

VELASQUEZ, J. (2017) en su artículo científico “Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación” refiere que la contaminación de suelos y agua por la explotación del petróleo y todos los procesos dentro de ésta, es una de las más severas, es por esto que la fitorremediación surge como una de las estrategias que podría minimizar el impacto negativo de la contaminación por hidrocarburos, la asociación de las bacterias *Bacillus cereus* promotoras del crecimiento vegetal y la planta *Sorghum vulgare* han sido más eficientes degradando el contaminante, así mismo menciona que las especies de las gramíneas son las que han dado mejores resultados degradando el petróleo y sus derivados.

MAIZEL, D. et. Al (2017) en su trabajo de investigación denominado “Arsenic-hypertolerant and arsenic-reducing bacteria isolated from wells in Tucumán, Argentina” mencionan que tomaron una muestra de agua de un pozo contaminado con arsénico y

aislaron cepas bacterianas, lo que prueba su alta tolerancia al arsénico inorgánico, a temperaturas variables, así como también a variaciones de pH. Las cepas de bacterias que se aislaron fueron *Brevibacterium sp.* y *Microbacterium sp.* y que resultaron ser especies hipertolerantes al arsénico, ya que lograron reducir el arsenato aeróbico presente en el agua del pozo.

ITURBE & LOPEZ (2015) en su artículo “Bioremediation for a Soil Contaminated with Hydrocarbons” mencionan que a través de un sistema de biopilas pudieron remediar el suelo contaminado con hidrocarburos, el tratamiento fue por un periodo de 8 meses, controlaron factores como humedad, nutrientes, temperatura, aireación, y mensualmente tomaron muestras de la biopila para monitorear los parámetros previamente mencionados, asimismo realizaron identificación de los microorganismos, y lograron aislar bacterias de los géneros *Vibrio*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Bacillum* y *Flavimonas*, concluyendo que estas especies son consideradas como degradadoras de hidrocarburos.

ROMERO et al. (2019) en su investigación denominada “Bioremediation of soils contaminated with petroleum solid wastes and drill cuttings by *Pleurotus sp.* strains under different treatment scales” refieren que utilizaron cepas del hongo *Pleurotus* aisladas de madera en descomposición, y luego las aplicaron al suelo contaminado con residuos de petróleo por un periodo de 15 días, es importante mencionar que el suelo contaminado fue repartido en parcelas a las que previamente les agregaron aserrín y hojas de henequén (bioestimuladores), al cabo del tiempo antes mencionado el hongo pudo degradar hidrocarburos saturados, resinas, grasas y aceites en casi un 45%.

LUSTOSA et al. (2018) en su artículo denominado “Petroleum hydrocarbon degradation by isolated mangrove bacteria” argumentan que recogieron muestras de sedimento del suelo de un manglar, luego diluyeron la muestra y la agregaron en placas que contenían hidrocarburos, logrando aislar cepas de *Proteobacterium*, *Pseudomonas* y *Exiguobacterium* que utilizan los hidrocarburos como fuente de carbono, la investigación fue por un periodo de 15 días y evaluaron el crecimiento bacteriano por turbidometría, concluyendo que las bacterias aisladas son degradadoras de hidrocarburos.

COELHO et al. (2015) en su artículo científico “Bioremediation of polluted waters using microorganisms” alegan que utilizaron bacterias, hongos y algas para descontaminar cuerpos de agua contaminados con metales pesados como Cr, Cd, Pb, la capacidad de descontaminación de los microorganismos se fundamenta en la facultad natural de biosorber los iones de los contaminantes, sin embargo los estudios deben profundizarse más, ya que

existen muchos mecanismos de los microorganismos que aún no se han identificado, así mismo la ingeniería genética es una herramienta muy útil que podría ofrecer resultados mucho más favorables.

Existe teoría relacionada al tema de investigación; el suelo se define como la capa exterior y visible de la tierra que provee las sustancias nutritivas para el crecimiento de los seres que habitan en él. La importancia del suelo radica en que es un elemento natural en constante variación, es un recurso único no sustituible, complejo y multifuncional, entre muchas de las funciones que cumple podríamos citar que es fundamental para el crecimiento de las plantas las cuales proporcionan los alimentos, asimismo es esencial para todos los organismos vivos, incluyendo al hombre. (JIMENEZ & NAVARRO, 2017, p.11). Las propiedades físicas del suelo se definen según la dimensión y organización de sus partículas y están ligadas a la estructura y textura del mismo. (NAVARRO & NAVARRO, 2014). La estructura del suelo está conformada por la agrupación de partículas como arena, limo y arcilla. Food and Agriculture Organization (FAO) alega que el agua es el factor fundamental para la precipitación de minerales, que a su vez influye en la estructura, lo cual repercute en el crecimiento de las plantas. La textura es una característica primordial, ya que es determinante en la retención de agua, aireación, drenaje, productividad y contenido de materia orgánica y está definida por la cantidad de los componentes inorgánicos, que se caracterizan por poseer diversas formas y tamaño. En la tabla 1 se puede visualizar la clasificación de las diversas texturas de suelo según USDA (U.S. Department of Agriculture).

Tabla 1: Clases texturales del suelo

Nombre común de los suelos	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Clase textural
suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	arenoso
	70-86	0-30	0-15	franco arenoso
suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	franco arenoso
suelos francos (textura mediana)	23-52	28-50	7-27	franco
	20-50	74-88	0-27	franco limoso
	0-20	88-100	0-12	limoso
suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	franco limoso arcilloso
suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	arcilloso arenoso
	0-20	40-60	40-60	arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	arcilloso

Fuente: (FAO)

La consistencia del suelo puede ser suave, dura y muy dura, ésta cualidad determina la tolerancia a la manipulación del suelo, la cantidad de humedad presente en el suelo será primordial. (FAO, s.f, párr.1). La porosidad es un factor muy importante, ya que la capacidad para almacenar agua y permitir el intercambio físico-químico y biológico entre las diversas fases del suelo se determinan por el tamaño, cantidad y distribución de los poros que existen en él, todos estos factores repercuten en la productividad biológica, es por esto que la calidad del suelo está ligada a las características de almacenamiento que tengas los poros presentes en el suelo. (GONZALES, J. et. al. 2011).

Las propiedades químicas del suelo están definidas principalmente por la desintegración de minerales y roca ocasionada por el agua (FAO, s.f, párr.1). El pH es un valor que indica la acidez o basicidad en una solución acuosa, los valores fluctúan entre 0 (más ácido), 7 (neutro) y 14 (más básico). AGUILAR, B, (2011) afirma que los suelos ácidos (los que tienen un pH menor a 7) tienden a ser poco fructíferos, debido a las pocas reservas de nutrientes necesarias para el óptimo crecimiento de las plantas, así como también hay un deficiente crecimiento bacteriano, esta acidez se suele modificar con productos que contienen calcio y magnesio. Asimismo los suelos básicos (los que tienen un pH superior a 7) tienen dificultad para la fijación de ciertos componentes tales como el hierro, en estos casos la corrección se obtiene con compuestos de azufre. La capacidad de intercambio catiónico mide el número de cargas negativas presentes en los componentes orgánicos del suelo, simboliza la cantidad de cationes tales como Ca, Mg, Na, K, NH₄, etc. que se conservan para luego ser cambiados por otros cationes o iones. Es por esto que, un suelo con alta capacidad de intercambio catiónico tiende a brindar mayor cantidad de nutrientes necesarios para las plantas. (FAO, s.f, párr.1). La presencia de carbonatos en el suelo es primordial ya que tienen una acción positiva sobre la estructura del suelo y sobre los microorganismos existentes, sin embargo, la abundancia de estos elementos puede impactar el suelo de forma negativa, ya que altera la nutrición de las plantas por discrepancia con otros elementos (ANDRADES & MARTINEZ, 2014). La proporción de materia orgánica está determinada por el pH, material vegetal y textura presente en suelo, la cantidad conveniente de materia orgánica protege al suelo frente a la erosión, de igual forma favorece la aireación y retención de agua, así como también es reserva de elementos nutritivos. (ANDRADES & MARTINEZ, 2014). La estimación de la conductividad eléctrica depende de la concentración y composición de las sales disueltas, cabe resaltar que la salinidad afecta sobremanera a las plantas y a mayor

valor de conductividad eléctrica, mayor es la salinidad presente en el suelo, (REBOLLEDO, 2017).

El mercurio es un elemento químico metálico, que en condiciones a temperatura ambiente se encuentra en estado líquido, asimismo el mercurio innato de la naturaleza es procedente de la desgasificación de la corteza de la tierra, volcanes y evaporación del agua de los océanos. Existen tres formas en las que se puede encontrar el mercurio: metilmercurio, mercurio elemental y mercurio orgánico e inorgánico. Sin embargo el metilmercurio es el que cobra mayor relevancia, puesto que también es la forma más tóxica. Así mismo la movilidad del mercurio de la fase acuosa a la sólida dependerá de la valencia en que se encuentre el elemento, el nivel de pH del lugar y la concentración del ion cloruro. (MARTINEZ & URIBE, 2015). La toxicidad del mercurio va a depender de la fase química en la que se encuentre. El metilmercurio es una de las formas con las tasas más elevadas de toxicidad, por otro lado suele incorporarse en la cadena alimenticia muy fácilmente y tiende a bio-acumularse en seres vivos tales como peces, mariscos, aves y mamíferos. Esta forma del mercurio afecta principalmente al sistema nervioso y puede producir graves daños en los bebés de madres gestantes. De igual forma perjudica el sistema cardiovascular y puede ser cancerígeno. REYES, Y. et. Al (2016). El ciclo del mercurio empieza con el vapor de mercurio, el cual es estable en la atmósfera, lo que permite que se distribuya y se tornen en formas hidrosolubles, para que puedan llegar a la tierra en el agua de las precipitaciones. En esta fase el mercurio puede volver a reducirse para retornar a la atmósfera en forma de vapor o bien puede ser metilado. La metilación es una reacción química que ocurre en los sistemas biológicos, luego de este proceso se obtienen compuestos de metilmercurio. La metilación puede darse gracias a los microorganismos propios del suelo y/o sedimentos del agua dulce o salada. Los compuestos orgánicos del mercurio tienen la facilidad de ingresar a la cadena trófica, lo cual representa un serio problema a la salud. En la cadena alimentaria estos compuestos orgánicos de mercurio logran la bioacumulación, bioconcentración y biomagnificación. PROYECTO BANHG (2007). Cabe resaltar que una de las principales maneras en las que se contamina el hombre es a través de la alimentación, pues la población suele consumir pescado contaminado con altos índices de mercurio. Recientemente se han realizado estudios en donde mencionan que del total de las emisiones de mercurio a la atmósfera que data desde 1890, casi el 95 % se encuentra asentado en suelo terrestre, alrededor de 3% en aguas oceánicas y 2% en la atmósfera. Así mismo se estima que entre el

40 y 75% del mercurio atmosférico actual tiene como origen la actividad antropogénica. (GAONA, X. 2004). En la figura 1 se puede observar el ciclo biogeoquímico del mercurio.

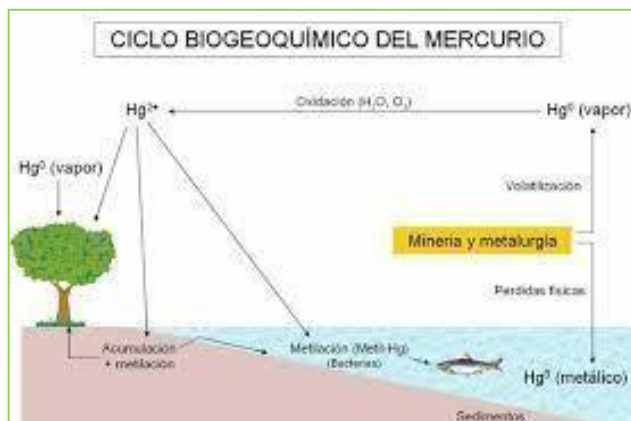


Figura 1: Ciclo Biogeoquímico del mercurio
Fuente: LOPEZ, I. (2010)

HERNANDEZ et. al, 2012 menciona que la explotación del mercurio data desde mucho tiempo atrás, es por esto que las diversas condiciones climáticas, la erosión y lixiviación han contribuido a que el sulfuro de mercurio (HgS) en forma de cinabrio y metacinabrio producto de la explotación por miles de años, se asienten en las menas y restos de desechos de las minas que se dedicaron a la extracción de este metal, de igual forma se libera mercurio elemental en estado gaseoso desde la superficie del suelo hacia la atmósfera y una parte de esto se dispersa contaminando agua y flora aledaña. Los suelos tienden a ser depósitos de mercurio secundario Hg (II) una vez que se encuentre en la superficie del suelo, el mercurio es rápidamente absorbido por las plantas, la materia orgánica que se encuentra en el suelo y luego por los minerales que constituyen el mismo. El metilmercurio es una de las formas más tóxicas del mercurio, sin embargo, no se conoce con precisión cuáles son los mecanismos de metilación, las dos posibles vías de metilación del mercurio inorgánico son: la metilación biótica; que es la más cotidiana y está relacionada con la actividad de las bacterias sulfuroductoras (microorganismos anaerobios) que se encuentran en cuerpos de agua como ríos, lagos, etc., y la metilación abiótica; que ocurre de manera más frecuente por transmetilación por parte de especies organometálicas de otros metales como plomo, arsénico o estaño (GAONA, X. 2004).

Nuestro país no es ajeno a esta problemática, puesto que los ríos amazónicos están contaminados por las toneladas de mercurio que han sido vertidas en el agua de los mismos,

esto ocurre por la minería informal que se practica en esta zona del territorio, así mismo, hay información que hace referencia a un estudio en donde mencionan la liberación de una sustancia por la explotación del gas de Camisea, que es otro de los agentes de contaminación, también se dio a conocer que la población de la comunidad indígena Nahua de la región Ucayali ha sido afectada, ya que se le practicó exámenes médicos a la población y presentaron altas concentraciones de mercurio en la sangre. Es importante mencionar que el Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCA) está realizando un estudio completo sobre la presencia de mercurio en Madre de Dios, ellos refieren que están realizando diversos análisis para conocer los niveles de contaminación a partir de un estudio integral que abarca suelo, agua, plantas, peces y aire. Así mismo están desarrollando proyectos de remediación y reforestación en las zonas degradadas.

La región Huancavelica es una de las más afectadas por la contaminación por mercurio, esto es como resultado de que aquí funcionó por mucho tiempo la mina Santa Bárbara, que se dedicaba a la extracción de este metal en la época de la colonia, THE ENVIRONMENTAL HEALTH COUNCIL (2015), realizó una investigación y tomó muestras de suelo, agua del río Ichu, polvo de los interiores de las casas de los distritos que se encuentran en los alrededores del campamento de la mina mencionada y encontró valores elevados de mercurio que sobrepasan los límites permisibles, es por esto que el campamento de la mina Santa Bárbara, Huancavelica y zonas aledañas, el suelo, las viviendas construidas en su mayoría de tierra, el aire al interior de las moradas, los sedimentos del río, y los alimentos, están contaminados con mercurio.

El ser humano suele contaminarse con mercurio por la vía aérea en casi un 80% de los casos de exposición a este metal, puesto que el vapor de Hg^0 se absorbe rápidamente y se distribuye por todo el organismo, por su gran liposolubilidad se difunde a los tejidos atravesando fácilmente la barrera hematoencefálica y la placenta, por la vía intestinal la absorción es mínima. El Hg^0 se oxida a ion mercúrico anulándose su capacidad de difusión, luego se acumula en los glóbulos rojos, sistema nervioso central, así mismo daña los riñones, causando síndrome nefrótico y otras enfermedades como neumonitis química, etc. así manifiestan GAIOLI, M., AMOEDOA, D. & GONZÁLEZ, D. (2012). En el 2007, El Programa de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente (PNUMA) instó a tomar acciones sobre el control del mercurio para disminuir las emisiones antropogénicas a la atmósfera, acondicionando un plan de manejo de desechos hasta la disposición final, dando prioridad a la recuperación de sitios contaminados, concientizando a la población sobre el impacto en la salud y en el ambiente que causa el uso de este metal pesado.

Las bacterias del género *Pseudomona* son bacilos Gram negativo, corresponden a la clase de gamma proteobacterias, sus principales características son: su amplia variabilidad metabólica, son muy flexibles y adaptables a diversos medios, tales como suelo, agua e incluso alimentos. De igual forma esta bacteria colabora en los ciclos ambientales de algunos elementos, así como también tiene una alta eficacia en la reducción de ciertos contaminantes. Dentro de este género la *Pseudomona putida* tiene mayor relevancia, dado que es un microorganismo no patógeno, cuyo hábitat es el suelo, rizósfera y agua dulce, esta especie de *Pseudomona* es un prototipo de variabilidad metabólica. (FERNANDEZ, I, 2012).

Esta bacteria está ligada a la asociación suelo-planta. En el aspecto ambiental es de mucha utilidad, ya que es una especie capaz de eliminar algunos de los agentes tóxicos ambientales más peligrosos. (KAHLON, 2016, p.10).

En el contexto el problema general que se planteó fue ¿Se reduce el nivel de mercurio presente en el suelo del campamento de la mina Santa Bárbara usando *Pseudomona putida* en Huancavelica? Con los problemas específicos siguientes: ¿Las propiedades físicas del suelo del campamento minero varían después del tratamiento con *Pseudomona putida*? ¿Las propiedades químicas del suelo del campamento minero varían después del tratamiento con *Pseudomona putida*? Y ¿Cuál es la concentración de mercurio presente en el suelo del campamento minero antes y después del tratamiento con la bacteria *Pseudomona putida*?

La investigación se justifica ambientalmente porque los depósitos de mercurio en el suelo hacen que los seres vivos estén más expuestos a contaminarse, existen muchos sucesos particulares a nivel mundial en donde el ecosistema ha sido alterado por vertidos provenientes de las industrias. Este contaminante suele entrar a la cadena trófica causando toxicidad en plantas; que suelen sufrir alteraciones en la fotosíntesis y retardo en su crecimiento, que a su vez son consumidas por animales y seres humanos, magnificándose el riesgo a la contaminación. PAISIO et.al (2012) argumentan que se han realizado numerosos estudios para conocer a profundidad los daños causados por el mercurio y sus diferentes derivados en los seres humanos; cabe mencionar que el mercurio es un elemento liposoluble lo que permite la facilidad para atravesar diversas membranas como la placentaria lo que

desencadena en daños al sistema nervioso, daño renal e incluso la muerte. Estos son unos de los motivos más relevantes para remediar los suelos contaminados por mercurio.

La justificación económica se debe a que el uso de bacterias para reducir el nivel de mercurio en el suelo es una técnica que no perjudica el medio ambiente y es ventajoso en el aspecto económico, ya que algunas bacterias que se utilizan son especies indígenas del suelo, tal es el caso de la *Pseudomona putida*; es por esto que COVARRUBIAS et.al (2015) refieren que los métodos biológicos basados en el uso de las características metabólicas de las bacterias para eliminar cualquier elemento contaminante son una alternativa bastante viable y sobretodo económica, asimismo cabe resaltar que es recomendable ahondar las investigaciones para conocer el hábitat más adecuado que permita el incremento de cepas mejor acondicionadas que puedan reducir el nivel de metales pesados presentes en el suelo.

La justificación teórica radica en la trascendencia del uso de la cepa *Pseudomona putida* ya que esta bacteria tiene una enzima llamada mercurio reductasa, ésta enzima es la que va a reducir el metil mercurio a una forma menos nociva como el Hg (0), COVARRUBIAS et.al (2015) argumenta que los metales metilados pueden ser reducidos por medio de reacciones enzimáticas bacterianas. Esta investigación se elabora con la intención de contribuir más aportes sobre el uso de bacterias propias del suelo, ya que es una opción muy útil y mucho más si propiciamos las condiciones necesarias para lograr el incremento de cepas más resistentes y que puedan reducir el nivel de mercurio.

La justificación práctica de esta investigación se fundamenta en brindar mayor aporte sobre la reducción de los niveles de mercurio en el suelo usando bacterias propias de éste, por otro lado es importante mencionar que la metodología que se va aplicar es sencilla. Así mismo las expectativas con el uso de esta técnica son bastante altas, sin embargo, el éxito es condicional a las condiciones físicas y químicas del ambiente en donde se desarrolle el microorganismo. La zona donde se tomaran las muestras es en una de las provincias de la región Huancavelica, de fácil y rápido acceso, por consiguiente el proyecto es viable.

En el desarrollo de la investigación se planteó el objetivo general: Reducir el nivel de mercurio presente en el suelo del campamento de la mina Santa Bárbara, Huancavelica usando *Pseudomona putida*, con los objetivos específicos: determinar las propiedades físicas del suelo del campamento minero antes y después del tratamiento con *Pseudomona putida*, determinar las propiedades químicas del suelo del campamento minero antes y después del tratamiento con *Pseudomona putida* y determinar la concentración de mercurio presente en

el suelo del campamento minero antes y después del tratamiento con la bacteria *Pseudomona putida*.

Para lo cual se planteó la hipótesis general: El uso de *Pseudomona putida* reduce el nivel de mercurio presente en el suelo del campamento de la mina Santa Bárbara en Huancavelica y las siguientes hipótesis específicas: las propiedades físicas del suelo del campamento minero varían después del tratamiento con *Pseudomona putida*, las propiedades químicas del suelo del campamento minero varían después del tratamiento con *Pseudomona putida* y la concentración de mercurio presente en el suelo del campamento minero varía después del tratamiento con la bacteria *Pseudomona putida*.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de Investigación

Tipo de la investigación

El tipo de investigación que se usó es aplicado, ya que se utilizaron estudios previos (artículos científicos, tesis, etc), que tenían la misma finalidad que era la de reducir o eliminar contaminantes usando microorganismos, así lo explica MAYA (2014) quien argumenta que este tipo de investigación necesita de los adelantos de la investigación elemental para poder ejecutar los resultados previamente obtenidos.

Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es explicativo, ARIAS (2012) afirma que este nivel de estudio investiga la causa de los hechos, es decir busca averiguar la correlación causa – efecto.

Diseño de la investigación

Es experimental, ya que se realiza manipulación de la variable independiente, así como también existe grupo experimental y grupo de control, de igual forma se realizan análisis pre test y pos test. ARIAS (2012)

Enfoque de la investigación

Es cuantitativo, ya que emplean variados métodos estadísticos, perspectiva metódica y asimismo los resultados obtenidos pueden ser adaptados a diversos ámbitos. ARIAS (2012)

2.2 Variables, Operacionalización

Matriz operacional de la variable independiente

Variable Independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad
Uso de <i>Pseudomona putida</i>	Esta bacteria está ligada a la asociación suelo-planta. En el aspecto ambiental es de mucha utilidad, ya que es una especie capaz de eliminar algunos de los agentes tóxicos ambientales más peligrosos. (KAHLON, 2016, p.10).	La bacteria <i>Pseudomona putida</i> se administró en diferentes dosificaciones con el fin de determinar la cantidad óptima utilizada en el ensayo que logre reducir el nivel de mercurio presente en el suelo, así mismo se determinó la cantidad de bacterias (u.f.c.) por cada tratamiento aplicado, para esto se utilizaron diluciones y se hizo el recuento de colonias en placa.	Dosificación	20 ml	ml
				30 ml	
				40 ml	
				50 ml	
			Cantidad de bacterias	Recuento de colonias en placa	u.f.c.

Matriz operacional de la variable dependiente

Variable Dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad
Suelo contaminado con mercurio	La presencia de metales pesados en el suelo puede ser de forma natural (componente del suelo) o como resultado de la polución causada por el hombre. Uno de los metales pesados que genera mayor toxicidad es el mercurio, por su lenta y compleja recuperación (MILLAN et.al.,2007)	El suelo contaminado con mercurio se envió al laboratorio para conocer la concentración inicial del contaminante, así como las propiedades físicas y químicas iniciales, de igual forma después del tratamiento se evaluaron la variación de estas propiedades y de la concentración del nivel de mercurio.	Propiedades físicas del suelo antes y después del tratamiento	Estructura	-
			Propiedades químicas del suelo antes y después del tratamiento	Textura	Triangulo textural
				pH	5.1 - 8.4
				Carbonatos	% CaCO3
				Materia orgánica	%
				Conductividad eléctrica	dS/m
			Capacidad de intercambio catiónico	meq/100 g de suelos	
Concentración de mercurio en el suelo antes y después del tratamiento	Nivel de mercurio pre y post tratamiento con <i>Pseudomona putida</i>	mg/Kg PS			

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

La población es el suelo contaminado con mercurio del campamento de la mina Santa Bárbara con un área total de 1600 m², ubicada en la provincia de Huancavelica, región Huancavelica, Perú.

2.3.2 Muestra

La muestra es probabilística AVILA, H. (2006), los motivos tomados en cuenta fueron: estudios previos sobre niveles de mercurio en el suelo que afectan tanto a la población, como a la flora, fauna y ecosistemas en general como ríos y suelos aledaños al campamento de la mina Santa Bárbara, Huancavelica. Se tomaron 25 kg de suelo.

2.3.3. Muestreo

- a) La técnica de muestreo a utilizar fue aleatoria simple superficial, en la figura 1 se muestran los cuatro puntos del muestreo. Se procedió a recolectar las muestras de suelo por medio de calicatas, según la Guía para el Muestreo de Suelos en el Marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

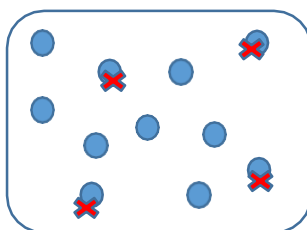


Figura 2: Muestreo aleatorio simple
Fuente: Ministerio del Ambiente (2014)

- b) El procedimiento para la elección de la muestra consistió en extraer 4 sub-muestras para obtener la cantidad original, éstas fueron tomadas en los 10 primeros centímetros de profundidad del suelo, siguiendo la metodología de la Guía para el muestreo de suelos/MINAM (ver tabla 2), para luego ser homogenizadas. De igual forma se documentaron los datos básicos del muestreo (fecha y hora de toma de muestra, datos climáticos, volumen de muestra, etc.), así mismo la muestra que fue enviada al laboratorio para la medición de mercurio inicial fue transportada en bolsa negra y a

temperatura de 4° C, es importante de cumplir con las indicaciones dadas por la Guía para el Muestreo de Suelos del MINAM a fin de preservar la muestra y evitar alteraciones de la misma.

Tabla 2: Profundidad de muestreo según el tipo de suelo

Usos del suelo	Profundidad del muestreo /capas
Suelo agrícola	0 - 30 cm (1) 30 - 60 cm
Suelo residencial/parques	0 - 10 cm (2) 10 - 30 cm (3)
Suelo comercial/industrial/extractivo	0 - 10 cm (2)

Fuente: MINAM, 2014

* (1) Profundidad de aradura.

** (2) Capa de contacto oral o dermal de contaminantes.

*** (3) Profundidad máxima alcanzable por niños.

- c) Así mismo se aplicó el método del cuarteo (ver figura 3), ya que de esa manera se obtuvo una muestra más representativa de la zona contaminada.

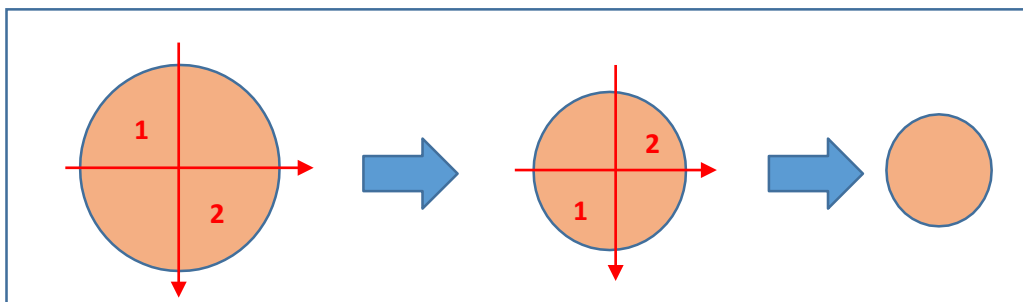


Figura 3: Método del cuarteo

Fuente: Ministerio del Ambiente (2014)

Localización de la zona de estudio

El área de estudio se encuentra en el yacimiento minero de Santa Bárbara, ubicado a 2.5 km de la ciudad de Huancavelica, región Huancavelica, con las coordenadas UTM WGS84:

X: 502699.620

Y: 8583906.588

Zona: 18L

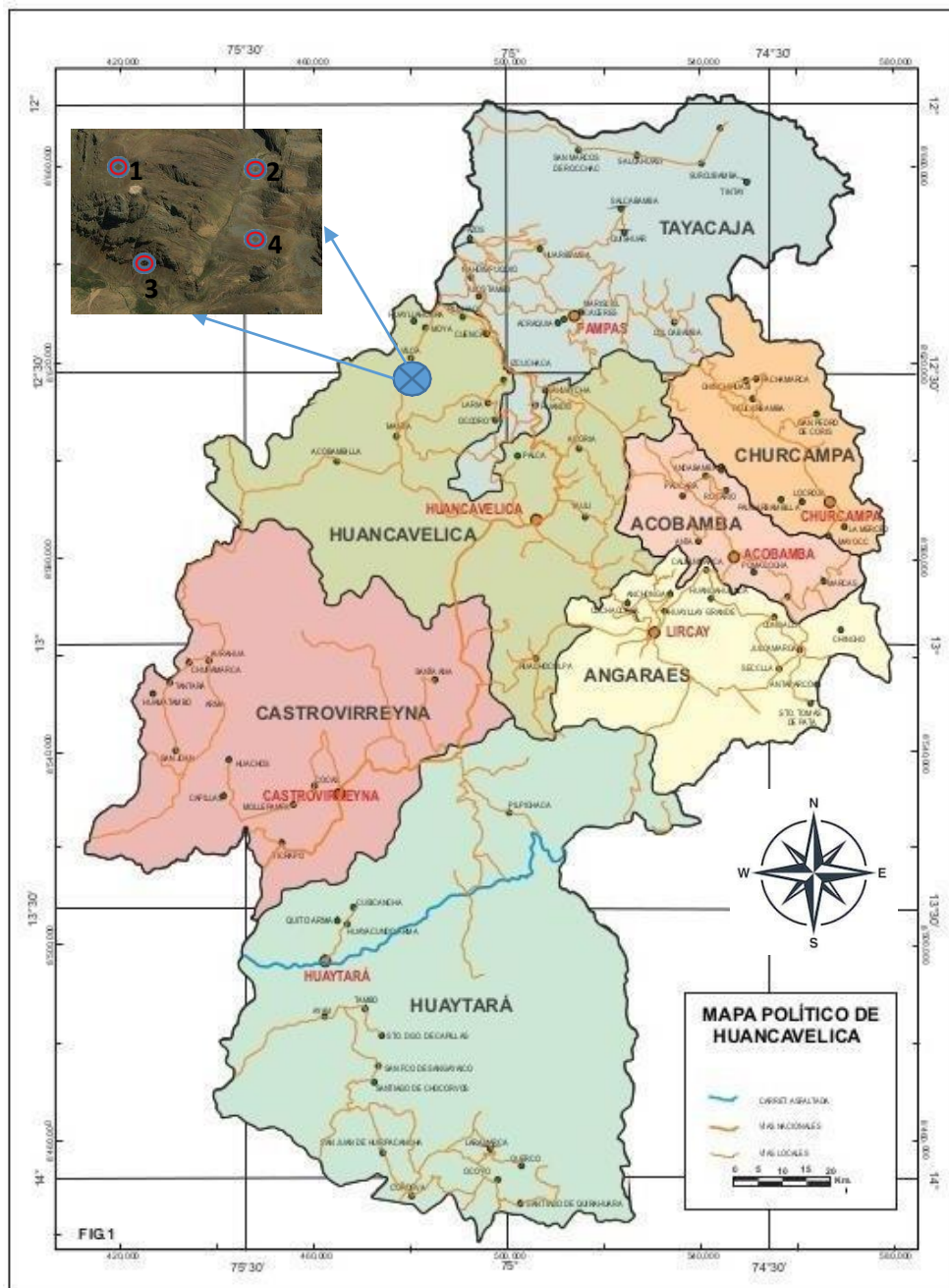


Figura 4: Localización de las submuestras

Fuente: Elaboración propia adaptado de ArcGis (2019)

La ubicación de las submuestras tomadas, fueron de cuatro puntos distintos, que se muestran a continuación en la tabla 3:

Tabla 3: Coordenadas de los puntos de muestreo

Puntos	X (Este)	Y (Norte)
1	502846.262 E	8583644.208 N
2	502827.305 E	8583635.677 N
3	502767.980 E	8583834.527 N
4	502674.768 E	8583900.480 N

Fuente: Elaboración propia (2019)

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

2.4.1. Técnicas:

- . Observación participante, ya que los datos obtenidos fueron registrados y descritos en las fichas para la recolección de datos tal y como acontecieron.
- . Experimentación, ya que una vez que las muestras fueron recolectadas se enviaron para su respectivo análisis inicial y final, es decir antes y después del tratamiento con *Pseudomona putida*.

2.4.2. Instrumentos:

- Ficha de recolección de datos (Anexo 4)
- Ficha de cadena de custodia (Anexo 5)

2.4.3. Materiales y equipos:

Para el desarrollo de la investigación, se emplearon los siguientes materiales y equipos:

- 01 lampa
- 01 wincha
- Guantes
- Medios de cultivo (agar sangre, caldo TSB, agar MacConkey, caldo Luria).
- Incubadora
- 01 pico
- Mascarilla
- Glicerol
- Autoclave
- Balanza de mano

2.4.4. Descripción del Procedimiento:

El presente trabajo tuvo una secuencia de acciones a seguir para lograr el objetivo planteado, el cual fue la reducción del nivel de mercurio en el suelo del campamento de la mina Santa Bárbara – Huancavelica utilizando la cepa bacteria *Pseudomona putida*, los pasos a seguir fueron los siguientes:

a. Obtención de la muestra de suelo:

El campamento de la mina Santa Bárbara tiene un área total de 1600 m², está ubicado en la provincia de Huancavelica, región Huancavelica, Perú. La muestra de suelo contaminada con mercurio se obtuvo de cuatro puntos diferentes del campamento (entrada de la mina, plaza de armas de Santa Bárbara y planta de procesos), para la toma de muestra de suelo se utilizó la técnica de muestreo aleatoria simple superficial, según la Guía para el Muestreo de Suelos en el Marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. El procedimiento para la elección de la muestra consistió en extraer 4 sub-muestras para obtener la cantidad necesaria, éstas fueron tomadas en los 10 primeros centímetros del suelo por medio de calicatas, luego se homogenizó y de igual forma se aplicó el método del cuarteo, ya que de esa manera se obtuvo una muestra más representativa de la zona contaminada. Se extrajo un total de 25 Kg de suelo, de igual forma se documentó los datos básicos del muestreo (fecha y hora de toma de muestra, datos climáticos, volumen de muestra, etc.), así mismo las muestras que se enviaron al laboratorio para la medición de mercurio inicial y parámetros físicos y químicos (estructura, textura, pH, carbonatos, materia orgánica, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico), se trasladaron manteniendo la cadena de frío para conservarlas en condiciones óptimas para los análisis respectivos, teniendo un máximo de 24 horas para ello, el resto de la muestra se colocó en bolsas herméticas impermeables para su respectivo traslado.

Las muestras fueron depositadas en 13 macetas, 1.5 kg de suelo en cada una (4 tratamientos por triplicado y 1 muestra control).

A continuación se detalla el procedimiento (figura 5) para la obtención de la muestra de suelo, y las consideraciones que se tomaron para la conservación de la misma y de esa forma obtener resultados fidedignos.

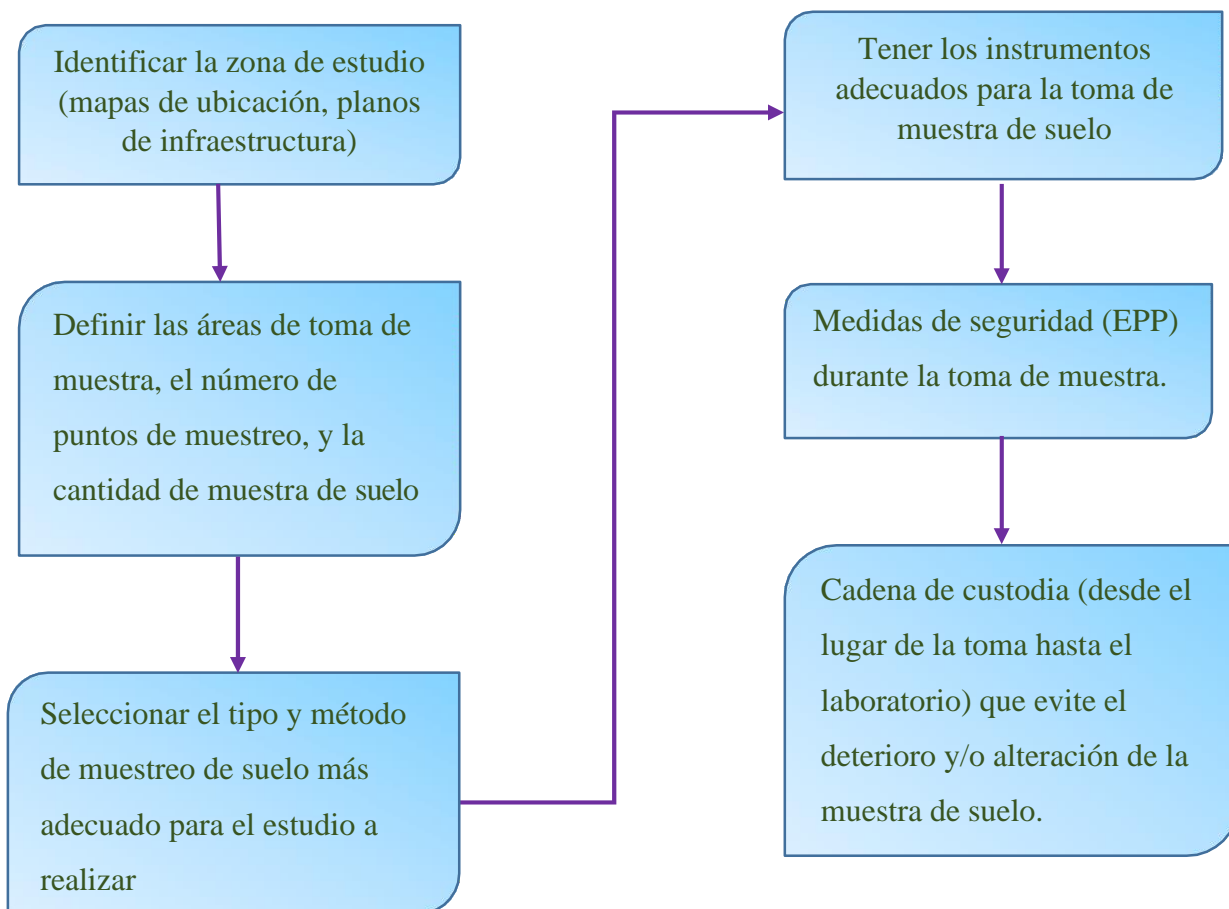


Figura 5: Descripción de toma de muestra de suelo
Fuente: Elaboración propia (2019)

b. Reactivación y preservación de la cepa bacteriana

La cepa bacteriana *Pseudomona putida* ATCC 49128 con población bacteriana aproximada de 1000 UFC por pellet se encontraba liofilizada, es por esto también que cada dispositivo contenía un pellet o sedimento integrado con hisopo inoculador y vial conteniendo fluido hidratante para la reactivación.

- **Caldo Luria** (Luria Bertani LB); para su preparación se mezcló 20 g del medio en un litro de agua destilada. Se dejó reposar 10 a 15 minutos, se distribuyó en tubos de ensayo (3 ml) y luego se esterilizó en autoclave a 121°C (15 lb de presión) durante 15 a 30 minutos. Se conservó en refrigeración de 2° a 8°C. Es importante mencionar que el caldo Luria (Luria Bertani LB) sirve como medio de enriquecimiento ya que contiene peptona de caseína y extracto de levadura, nutrientes necesarios para el desarrollo óptimo de los microorganismos.

- **Glicerol al 50 %**; para su preparación se diluyó en partes iguales en agua destilada en un matraz Erlenmeyer, luego se esterilizó en autoclave a 121°C (15 lb de presión). Posteriormente a la hidratación correspondiente de la cepa, se inoculó el hisopo en un tubo de ensayo que contenían 3 ml del caldo Luria; después se incubó por 24 horas para esperar el crecimiento, éste se constató por medio de la turbidez, después en los viales eppendorf se agregó 500 ul de la cepa que había crecido en el caldo Luria y se le adicionó 500 ul de glicerol al 50% ,esto se realizó con el fin de preservar la cepa y evitar que se formen cristales, ya que el tratamiento se aplicó por 6 semanas, luego los viales se mantuvieron congelados a -20 ° C para su preservación, y a la hora de su uso respectivo el vial se descongeló a temperatura ambiente.

- **Preparación de caldo TSB**

El caldo TSB (Tryptic Soy Broth, medio de digerido de soja y caseína) es un medio líquido para enriquecimiento y cultivo de microorganismos aerobios. Para su preparación se pesó 30 g del medio en un litro de agua destilada en un matraz Erlenmeyer, luego se esterilizó en autoclave a 121°C (15 lb de presión) durante 15 a 30 minutos. Se conservó en refrigeración de 2° a 8°C.

- **Preparación de agar MacConkey**

El agar MacConkey es un medio selectivo, contiene sales biliares y cristal violeta que inhiben el crecimiento de microorganismos Gram positivos, y que a su vez favorecen el desarrollo de los bacilos Gram negativos que no son afectados por estas sustancias, para su preparación se pesó 50 g y se mezcló en un litro de agua destilada en un matraz Erlenmeyer, luego se esterilizó en autoclave a 121°C (15 lb de presión) durante 15 a 30 minutos. Después se dejó enfriar hasta alcanzar una temperatura de 45°C, para posteriormente servir en placas de Petri estériles dentro de una campana de flujo laminar o frente al mechero de Bunsen. Se conservó en refrigeración de 2° a 8°C.

c. Procedimiento experimental

Se dejó a temperatura ambiente el vial con caldo Luria más glicerol al 50% que contenía la cepa de *Pseudomona putida*, luego se sembró en agar MacConkey y se incubó a 37°C por un período de 24 horas, después de este tiempo se observó el crecimiento de colonias, en seguida en los tubos cónicos se agregó el caldo TSB, 3 tubos con 20 ml, 3 tubos con 30 ml, 3 tubos con 40 ml y 3 tubos con 50 ml respectivamente y se dejó a temperatura ambiente, posteriormente con un asa de siembra se tomaron colonias que habían crecido en el agar MacConkey y se inocularon en los tubos cónicos que

contenían el caldo TSB, después se incubó a 37° C por un período de 24 horas, pasado este tiempo se pudo visualizar el crecimiento de la bacteria por medio de la turbidez.

Para el presente trabajo de investigación, se usó el diseño en bloques completos aleatorizados, con cuatro tratamientos y 3 repeticiones y una unidad de control, usando macetas con capacidad de 1.5 Kg. Se puede visualizar el esquema de distribución de tratamientos en la figura 6.

A la maceta unidad de control no se le aplicó ningún tratamiento, y se mantuvo a condición del medio ambiente, solo se regó con 300 ml de agua una vez por semana. Esta unidad de control, se usó ya que el tratamiento es ex situ, es por esto que se compararon los resultados con los del grupo experimental para determinar si hay diferencias en el nivel de mercurio.

Se colocó 1.5 kg de suelo en cada maceta, se le agregó 100g de humus de lombriz (como fuente de nutrientes), de esta forma se acondicionó el suelo para el crecimiento óptimo de la bacteria, se mezcló y se agregó la cepa de *Pseudomonas putida* diluida en 300ml de agua destilada.

Se trabajó con 4 dosis distintas (20 ml, 30 ml, 40 ml y 50 ml) previamente diluidas en 300ml de agua destilada, la proporción de suelo y humus no varió, se regó una vez por semana, es importante mencionar que la bacteria que se usó es Gram negativa, aeróbica y el pH óptimo para su crecimiento no debe ser menor a 4.5, asimismo la temperatura debe oscilar entre 28 y 30°C (Becerra 2007).

Esta etapa experimental tuvo una duración de seis semanas. Luego de las seis semanas las muestras de suelo se enviaron a un laboratorio certificado para la medición de las propiedades físicas, propiedades químicas y nivel de mercurio (post tratamiento).

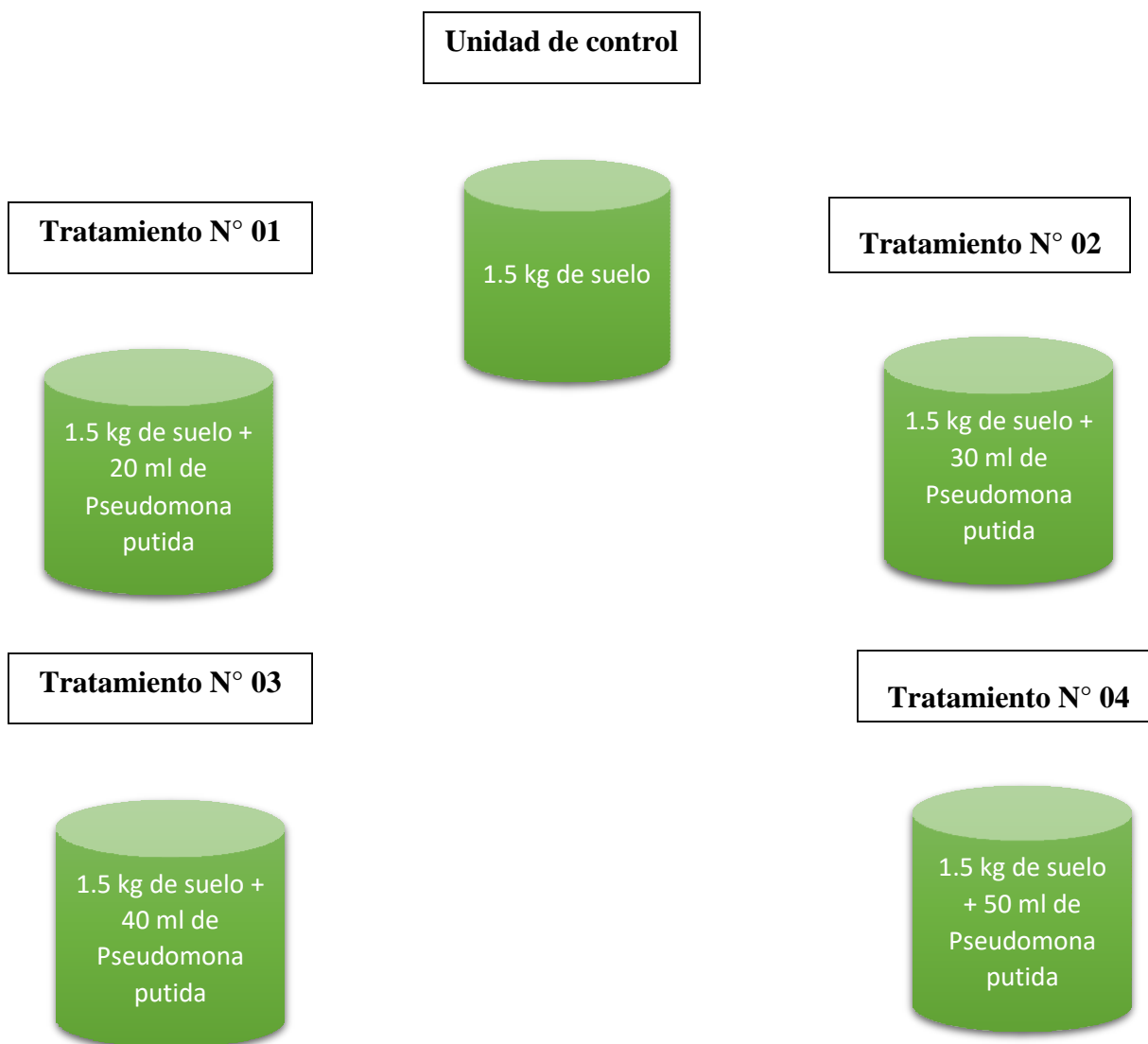


Figura 6: Distribución de tratamientos
Fuente: Elaboración propia (2019)

d. Recuento bacteriano

Para poder determinar el número aproximado de unidades formadoras de colonias presentes en 1 ml de muestra (u.f.c.) se utilizó el método de recuento de colonias en placa, para realizar este procedimiento se trabajó con las mismas suspensiones que se usaron para los tratamientos: cuatro tubos cónicos con caldo TSB que contenían 20 ml, 30 ml, 40 ml y 50 ml respectivamente, a los cuatro tubos se le agregó una asada de la colonia de la cepa *Pseudomonas putida* previamente aislada en agar McConkey, luego los tubos se incubaron por un periodo de 24 horas, al cabo de ese tiempo se observó el crecimiento bacteriano por medio de la turbidez, luego se prosiguió con las diluciones que consistió en agregar 9,9 ml

de agua destilada a cuatro tubos, posteriormente del tubo que contenía la cepa en 20 ml de caldo TSB se extrajo 100 ul y se agregó al primer tubo que contenía el agua destilada, se mezcló y se volvió a extraer 100 ul de esta dilución y se transfirió al segundo tubo, éste procedimiento se repitió hasta el cuarto tubo, es decir que se hicieron cuatro diluciones de 1/100 (10^{-2}), de ésta última dilución se volvió a pipetear 100ul y se inoculó en la placa de agar MacConkey, y con ayuda de un asa de siembra se extendió por toda la placa, ésta técnica de dilución se repitió con los otros tres tubos que contenían 30 ml, 40 ml y 50 ml respectivamente (ver figura 7).

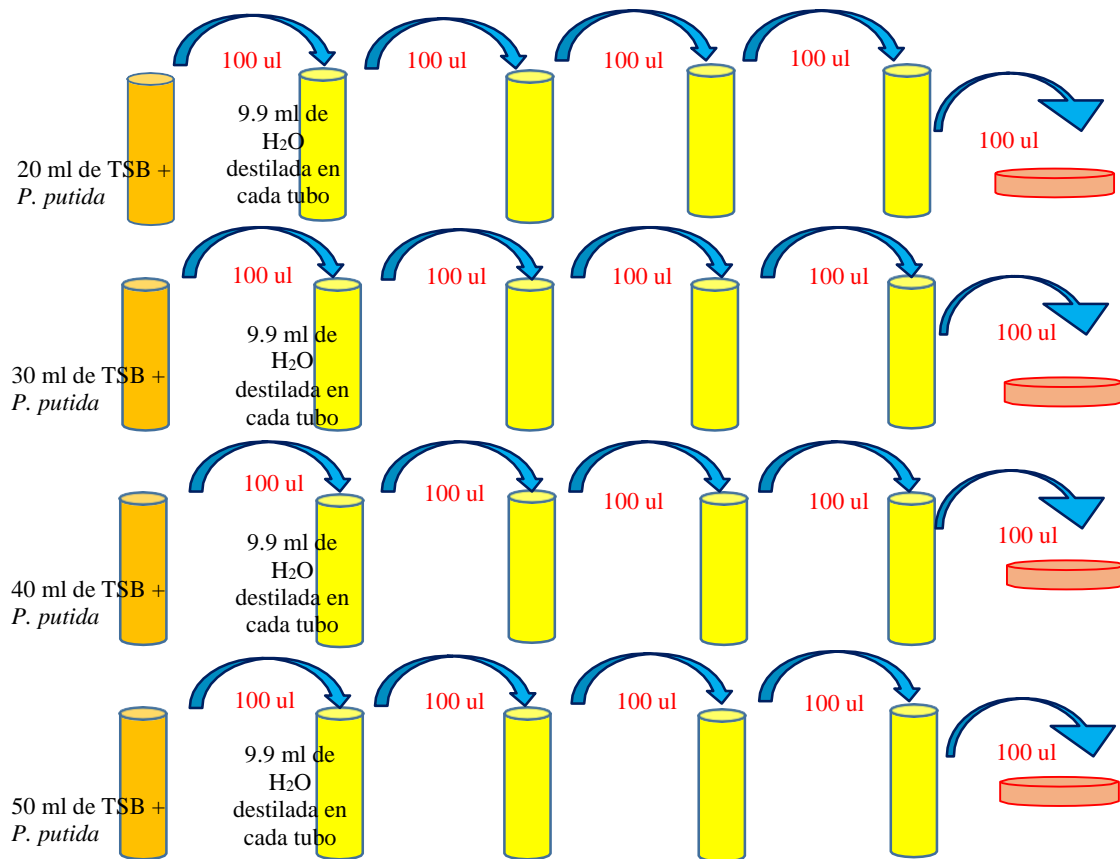


Figura 7: Recuento bacteriano por tratamiento
Fuente: Elaboración propia (2019)

Luego las cuatro placas se llevaron a la incubadora por un periodo de 24 horas, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4, es importante mencionar que en el caso del primer tratamiento (20 ml) el recuento de colonias se hizo de la tercera dilución, debido a que con la última dilución no se observó crecimiento bacteriano, tanto las diluciones como la siembra en placa se llevaron a cabo dentro del laboratorio, con material estéril y se utilizó un mechero

durante todo el proceso. Así mismo en la tabla 4 se puede observar los resultados obtenidos del recuento de colonias por tratamiento.

Tabla 4: Cantidad de u.f.c. /ml por tratamiento

Nombre	N° Dilución	Factor de Dilución	Cantidad de caldo TSB (ml)	u.f.c./ml
T1	3	1/100	20	12×10^6
T2	4	1/100	30	9×10^8
T3	4	1/100	40	5×10^8
T4	4	1/100	50	10×10^8

Fuente: Elaboración propia (2019)

2.4.5. Validez

La validación de los instrumentos se realizó mediante el juicio de tres expertos en el tema de investigación, ellos verificaron y realizaron las observaciones necesarias y con su firma se concretó la validación. Los instrumentos a evaluar fueron los siguientes:

- Ficha de propiedades físicas del suelo (Anexo 1)
- Ficha de propiedades químicas del suelo (Anexo 2)
- Ficha de dosificación de uso de la bacteria *Pseudomona putida* (Anexo 3)
- Ficha de muestreo de suelo (Anexo 4)

Tabla 5: Lista de expertos que validaron los instrumentos de recolección de información

Especialista	Nombres	Apellidos	Especialidad	Porcentaje
1	Elmer	Benites Alfaro	Ingeniero Químico	95%
2	Cesar	Jiménez Calderón	Ingeniero Agrónomo	91%
3	Freddy	Pillpa Aliaga	Ingeniero Agrónomo	85%
Promedio Total de valoración				90.3 %

Fuente: Elaboración propia (2019)

2.4.6. Confiabilidad: Los resultados de los análisis antes y después del tratamiento con la cepa *Pseudomona putida* fueron obtenidos por laboratorios confiables y debidamente certificados.

2.5 Métodos de análisis de datos

Las estimaciones estadísticas (descriptiva e inferencial) se realizaron mediante el programa estadístico SPSS 21

2.5.1 Método de recojo de datos

Las muestras de suelo pre tratamiento, muestra control y post tratamiento fueron enviadas al laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), así mismo para la medición de mercurio las muestras fueron enviadas al Laboratorio CERTIMIN, con los resultados obtenidos se pudo constatar que el tratamiento con *Pseudomona putida* utilizado en el ensayo si reduce el nivel de mercurio en el suelo del campamento de la mina Santa Bárbara, Huancavelica. Los datos también fueron procesados por los programas SPSS y Excel.

2.5.2 Método de procesamiento de datos

Para procesar los resultados y aplicar la estadística descriptiva, se realizaron cuadros y gráficas de barra con ayuda del programa Excel con el promedio de cada parámetro obtenido (propiedades físico-químicas), de esa forma se pudo conocer la variación de las propiedades del suelo después del tratamiento con la cepa *Pseudomona putida*. De igual forma se hizo una comparación de los promedios de los resultados obtenidos de la concentración del mercurio en el suelo del campamento minero con el uso de la bacteria con el nivel de ECA para suelo.

En cuanto a la estadística inferencial, se usó el programa SPSS 21 para verificar la normalidad de las variables, la homogeneidad de las varianzas y se aplicó ANOVA de un factor para la contrastación de hipótesis.

2.6 Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación se ha realizado con la compilación de información de diversas fuentes bibliográficas relacionadas al tema, siguiendo los lineamientos del Código de ética de la UCV, cabe resaltar que se encuentran citadas correctamente por el autor correspondiente y el año de publicación. Así mismo los resultados obtenidos de la información en campo no han sido manipulados, puesto que las muestras de suelo se enviaron al Laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y al Laboratorio CERTIMIN, quienes han proporcionado un certificado de los resultados, los cuales han sido anexados, de igual

forma se cuenta con registro fotográfico del proceso de desarrollo del presente trabajo de investigación. Así mismo, la presente investigación fue sometida al software de verificación de similitud Turnitin, obteniendo 17 % de similitud.

III. RESULTADOS

3.1 Resultados iniciales (pre tratamiento)

Las muestras de suelo antes del tratamiento fueron enviadas al Laboratorio CERTIMIN para la medición del nivel mercurio, los resultados que se obtuvieron se muestran en la tabla 6.

Tabla 6: Resultados iniciales de análisis de mercurio de la muestra de suelo de la mina Santa Bárbara – Huancavelica

Parámetro analizado	Resultado
Mercurio (Hg mg/Kg PS*)	2255.41

Fuente: Certimin (2019)

*PS: Peso Seco

Para los análisis fisicoquímicos, las muestras se enviaron al Laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), los resultados se visualizan en la tabla 7

Tabla 7: Resultados iniciales de análisis fisicoquímico de la muestra de suelo de la mina Santa Bárbara – Huancavelica

Parámetros analizado	Resultado
Textura	Franco arenoso
Estructura	Granular
Conductividad eléctrica (dS/m)	1.5
pH	6.72
Materia orgánica (%)	1.35
Carbonato de calcio (%)	15.91
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr)	8.79

Fuente: UNALM (2019)

Los resultados iniciales obtenidos del nivel de mercurio de la muestra de suelo del campamento de la mina Santa Bárbara, Huancavelica sobrepasa sobremanera el nivel permitido, ya que el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelo DS N° 011-2017-MINAM indica que el valor de mercurio para suelo extractivo (caso particular de la mina Santa Bárbara) es hasta 24 mg/Kg PS. Así mismo se pudo observar por los resultados obtenidos que el porcentaje de materia orgánica era bajo, es decir un suelo pobre en nutrientes y con el pH ácido.

3.2 Resultados de la muestra control (M. Control)

En los resultados obtenidos de la muestra control se puede observar que hay una ligera variación del nivel de mercurio (ver tabla 8) comparado con el nivel de la muestra inicial.

Tabla 8: Resultados de análisis de mercurio de la muestra de control

Parámetro analizado	Resultado
Mercurio (Hg mg/Kg PS)	2117.67

Fuente: Certimin (2019)

Así mismo con el transcurrir de las semanas el pH se acidificó, fue por este motivo que no se realizó el examen de carbonatos de calcio en el suelo dentro de los parámetros fisicoquímicos (ver tabla 9).

Tabla 9: Resultados de análisis fisicoquímicos de la muestra de control

Parámetros analizado	Resultado
Estructura	Granular
Textura	Franco arenoso
Conductividad eléctrica (dS/m)	2.58
pH	5.91
Materia orgánica (%)	1.36
Carbonato de calcio (%)	-
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr)	10.69

Fuente: UNALM (2019)

3.3 Resultados post tratamiento con *Pseudomona putida*

Con respecto a los resultados post tratamiento, es importante recalcar que se trabajó con cuatro tratamientos, se puede visualizar que el nivel de mercurio disminuyó a medida que aumentó la dosificación de la cepa *Pseudomona putida*, así mismo también hubo una variación del pH, contenido de materia orgánica, así como del nivel de carbonatos de calcio.

3.3.1 Resultados del tratamiento N° 01 con *Pseudomona putida*

En las tablas 10 y 11 se muestran los resultados de mercurio y parámetros químicos, con el tratamiento N° 01

Tabla 10: Resultados de niveles de mercurio con tratamiento N° 01
con *Pseudomona putida* (20 ml)

Parámetro analizado	Tratamiento 1			Promedio
	M 1.1	M 1.2	M 1.3	
Mercurio (Hg mg/Kg PS)	1966.45	1960.33	1420.22	1782.33

Fuente: Certimin (2019)

Tabla 11: Resultados de análisis químico con tratamiento N° 01
con *Pseudomona putida* (20 ml)

Parámetros analizado	Tratamiento 1			Promedio
	M 1.1	M 1.2	M 1.3	
Conductividad eléctrica (dS/m)	2.98	3.59	2.22	2.93
pH	7.36	7.14	7.39	7.30
Materia orgánica (%)	4.88	5.57	4.42	4.96
Carbonato de calcio (%)	17.92	5.19	37.68	20.26
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr)	21.71	17.45	13.85	17.67

Fuente: UNALM (2019)

3.3.2 Resultados del tratamiento N° 02 con *Pseudomona putida*

En las tablas 12 y 13 se muestran los resultados de mercurio y parámetros químicos, con el tratamiento N° 02

Tabla 12: Resultados de niveles de mercurio con tratamiento N° 02
con *Pseudomona putida* (30 ml)

Parámetro analizado	Tratamiento 2			Promedio
	M 2.1	M 2.2	M 2.3	
Mercurio (Hg mg/Kg PS)	1418.71	1354	1282.38	1351.70

Fuente: Certimin (2019)

Tabla 13: Resultados de análisis químico con tratamiento N° 02
con *Pseudomona putida* (30 ml)

Parámetros analizado	Tratamiento 2			Promedio
	M 2.1	M 2.2	M 2.3	
Conductividad eléctrica (dS/m)	1.42	2.36	4.7	2.827
pH	7.5	7.46	7.11	7.36
Materia orgánica (%)	3.62	2.72	4.81	3.72
Carbonato de calcio (%)	26.51	24.84	6.53	19.29
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr)	22.17	21.75	26.81	23.58

Fuente: UNALM (2019)

3.3.3 Resultados del tratamiento N° 03 con *Pseudomona putida*

En las tablas 14 y 15 se muestran los resultados de mercurio y parámetros químicos, con el tratamiento N° 03

Tabla 14: Resultados de niveles de mercurio con tratamiento N° 03
con *Pseudomona putida* (40 ml)

Parámetro analizado	Tratamiento 3			Promedio
	M 3.1	M 3.2	M 3.3	
Mercurio (Hg mg/Kg PS)	1270.14	979.86	1222.08	1157.36

Fuente: Certimin (2019)

Tabla 15: Resultados de análisis químico con tratamiento N° 03
con *Pseudomona putida* (40 ml)

Parámetro analizado	Tratamiento 3			Promedio
	M 3.1	M 3.2	M 3.3	
Conductividad eléctrica (dS/m)	2.8	3.29	2.62	2.90
pH	7.4	7.45	7.48	7.44
Materia orgánica (%)	4.04	3.62	3.55	3.74
Carbonato de calcio (%)	47.72	22.33	36.56	35.54
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr)	15.82	14.52	12.87	14.40

Fuente: UNALM (2019)

3.3.4 Resultados del tratamiento N° 04 con *Pseudomona putida*

En las tablas 16 y 17 se muestran los resultados de mercurio y parámetros químicos, con el tratamiento N° 04

Tabla 16: Resultados de niveles de mercurio con tratamiento N° 04
con *Pseudomona putida* (50 ml)

Parámetro analizado	Tratamiento 4			Promedio
	M 4.1	M 4.2	M 4.3	
Mercurio (Hg mg/Kg PS)	870.85	709.1	962.33	847.43

Fuente: Certimin (2019)

Tabla 17: Resultados de análisis químico con tratamiento N° 04
con *Pseudomona putida* (50 ml)

Parámetro analizado	Tratamiento 4			Promedio
	M 4.1	M 4.2	M 4.3	
Conductividad eléctrica (dS/m)	2.12	2.8	3.37	2.76
pH	7.47	7.5	7.51	7.49
Materia orgánica (%)	4.18	3.8	4.08	4.02
Carbonato de calcio (%)	44.65	34.88	35.16	38.23
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr)	15.19	16.5	17.49	16.39

Fuente: UNALM (2019)

Los resultados obtenidos de la concentración de mercurio varían después del tratamiento, se puede observar que la relación es inversamente proporcional, es decir que a mayor dosis menor concentración de mercurio en el suelo, cabe recalcar que el tratamiento se aplicó por un periodo de seis semanas, de igual forma se ve un aumento bastante notorio en el

porcentaje de materia orgánica, así como del nivel de carbonatos de calcio, esto es como consecuencia del humus que se agregó al suelo, y también influye la presencia de la bacteria con la que se trabajó, también se puede observar que el valor de pH se alcalinizó ligeramente. El tratamiento N° 4 es el que logró mejores resultados, puesto que redujo más el nivel de mercurio en el suelo.

. Comparación de nivel de mercurio inicial con ECA para suelo industrial/extractivo

Los valores de mercurio encontrados en la muestra de suelo antes del tratamiento, eran bastante elevados, a continuación se muestra en la figura 8 los valores de mercurio comparados con el ECA para suelo extractivo, que es el caso particular del campamento de la mina Santa Bárbara – Huancavelica.

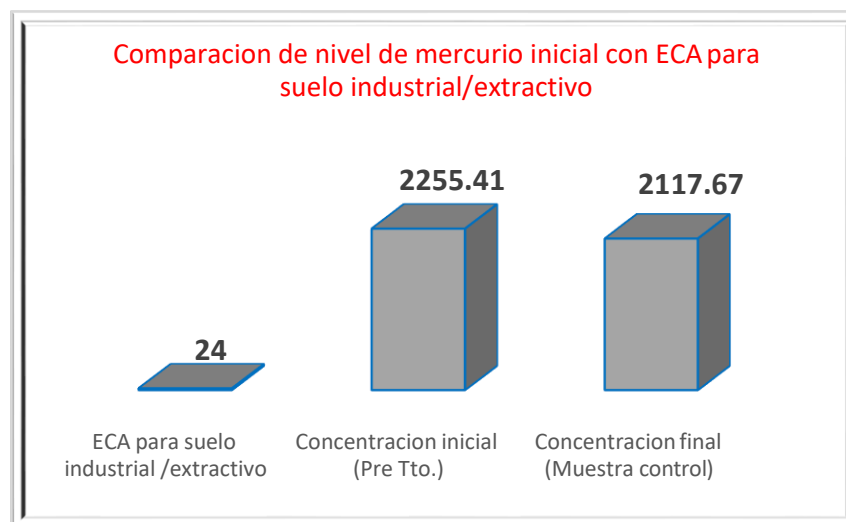


Figura 8: Comparación de nivel de mercurio inicial con ECA para suelo industrial/extractivo

Fuente: Elaboración propia (2019)

. Nivel de mercurio Post Tratamiento

La reducción del nivel de mercurio se hizo evidente con el tratamiento de la cepa *Pseudomona putida*, en la figura 9 se constata esa reducción, así mismo, el tratamiento N°04

es el que logró reducir más el nivel de mercurio presente en el suelo en comparación con los otros tres tratamientos, ya que logró un 62.4 % de reducción de contaminante.

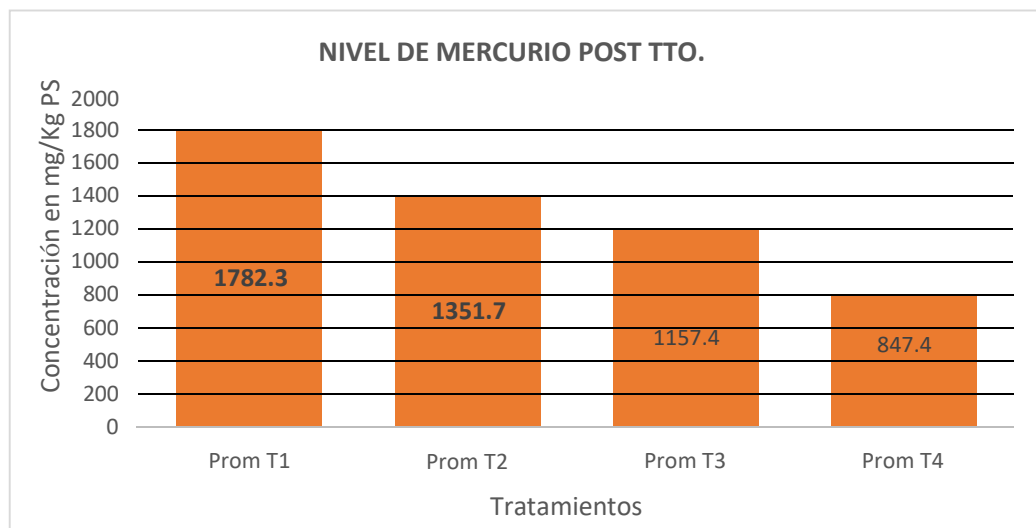


Figura 9: Nivel de mercurio Post Tratamiento
Fuente: Elaboración propia (2019)

. Nivel de pH

Los niveles de pH también variaron a raíz del tratamiento (ver figura 10); de ligeramente ácido a ligeramente alcalino, pues inicialmente el suelo tenía un pH de 6.72, el mayor incremento se reportó después del tratamiento N°04, pues el pH varió a 7.49

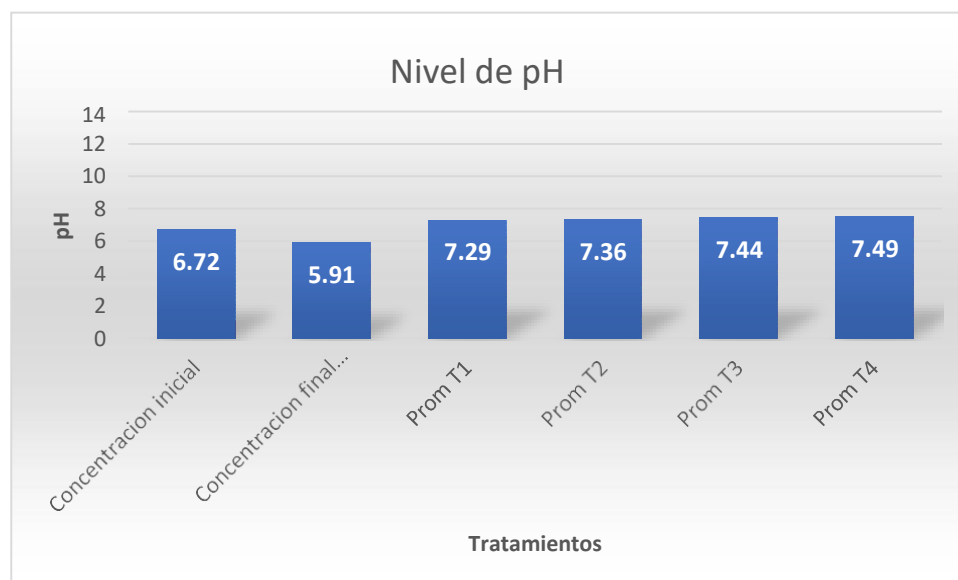


Figura 10: Nivel de pH Pre y Post Tratamiento
Fuente: Elaboración propia (2019)

. Concentración de Materia Orgánica

El porcentaje de materia orgánica es otro de los parámetros químicos que varió después del tratamiento con la cepa, pues inicialmente el suelo tenía una concentración de 1.35 %, llegando a alcanzar un incremento de hasta 4.96%, después del tratamiento, lo que es indicador de mejora en la calidad del suelo, esto se logró gracias a que también se le agregó humus de lombriz (como fuente de nutrientes) para crear mejores condiciones para el crecimiento de la bacteria. (Ver figura 11).

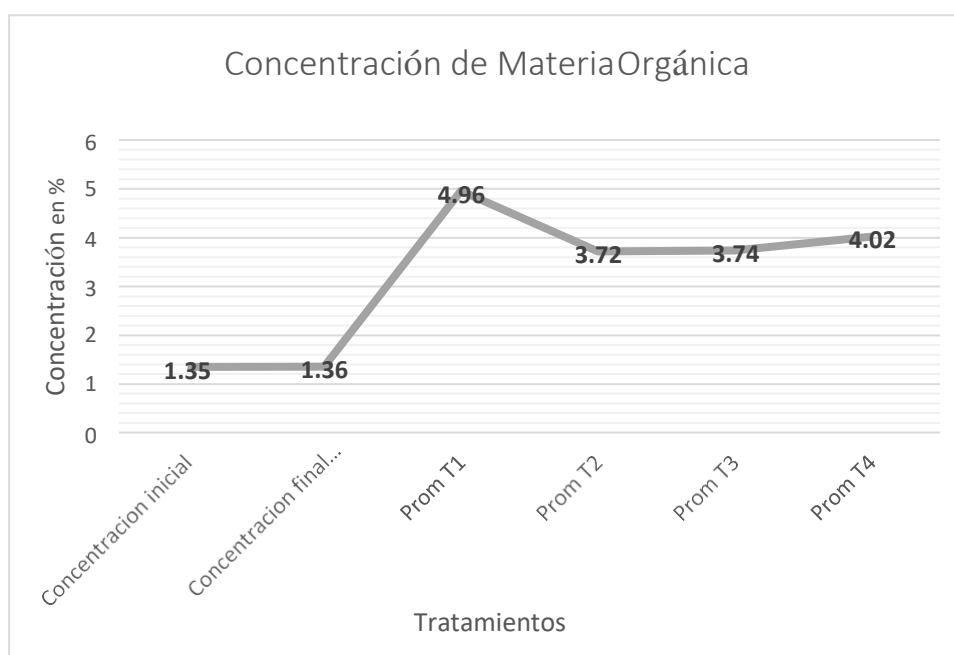


Figura 11: Concentración de materia orgánica Pre y Post Tratamiento
Fuente: Elaboración propia (2019)

3.4 Contrastación de hipótesis – estadística inferencial:

Hipótesis general

Hi: El uso de *Pseudomona putida* reduce el nivel de mercurio presente en el suelo de la mina de Santa Bárbara, Huancavelica.

Ho: El uso de *Pseudomona putida* no reduce el nivel de mercurio presente en el suelo de la mina de Santa Bárbara, Huancavelica.

En la tabla 18 se observa la prueba de normalidad de variables de la concentración de mercurio después de los 04 tratamientos con *Pseudomona putida*, ésta se comprueba con el test de Shapiro–Wilk porque la cantidad de muestras es menor a 30. La normalidad se interpreta de acuerdo al valor de significancia (“Sig”) o “P” valor, el cual debe ser mayor a

0,05 para distribución normal y menor a 0,05 cuando la distribución no es normal. Los datos obtenidos que se muestran en la tabla son mayores a 0,05; por lo tanto la distribución es normal.

Tabla 18: Prueba de normalidad de la concentración de mercurio después de los 04 tratamientos con *Pseudomona putida*

Prueba de normalidad							
Concentración de mercurio	Tratamientos	Kologorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
	Tratamiento 1	0,372	3	.	0,781	3	0,071
	Tratamiento 2	0,180	3	.	0,999	3	0,944
	Tratamiento 3	0,328	3	.	0,870	3	0,296
	Tratamiento 4	0,239	3	.	0,975	3	0,697

Fuente: Elaboración propia, adaptado de SPSS 21 (2019)

La tabla 19 es sobre la prueba de homogeneidad de varianzas para la concentración de mercurio después de los 04 tratamientos con *Pseudomona putida*, ésta prueba se utiliza para evaluar la igualdad de las varianzas, la homogeneidad de varianzas de los tratamientos se verifica positivamente según el test de Levene (“P” valor = Sig, el cual debe ser mayor a 0,05), por lo tanto, en esta tabla se puede visualizar que si existe homogeneidad de varianzas.

Tabla 19: Prueba de homogeneidad de varianzas para la concentración de mercurio después de los 04 tratamientos con *Pseudomona putida*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Concentración de mercurio después de Tratamiento con <i>Pseudomona putida</i>			
Estadístico de Levene	gl 1	gl 2	Sig
3,361	4	10	0,055

Fuente: Elaboración propia, adaptado de SPSS 21 (2019)

Cuando se confirmó que los datos son normales y homogéneos, se procedió a aplicar el estadístico inferencial Anova para la contrastación de la hipótesis.

En la tabla 20 de Anova de un factor para la concentración de mercurio después de los 04 tratamientos con *Pseudomona putida*, si “P” valor = Sig es menor a 0,05; se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; por lo tanto podemos concluir que el uso de *Pseudomona putida* si reduce el nivel de mercurio presente en el suelo de la mina de Santa Bárbara, Huancavelica.

Tabla 20: Prueba de Anova de la concentración de mercurio después de los 04 tratamientos con *Pseudomona putida*

Anova de un factor						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Concentración de mercurio después de Tratamiento con <i>Pseudomona putida</i>	Entre grupos	3351345, 252	4	837836, 313	80, 341	0, 0
	Dentro de grupos	104284, 467	10	10428, 467		
	Total	3455629, 953	14			

Fuente: Elaboración propia, adaptado de SPSS 21 (2019)

Hipótesis específicas

Hi: La concentración de mercurio presente en el suelo del campamento minero varía después del tratamiento con la bacteria *Pseudomona putida*

Ho: La concentración de mercurio presente en el suelo del campamento minero no varía después del tratamiento con la bacteria *Pseudomona putida*

En la tabla 21 se observa la prueba de normalidad de la variación de la concentración de mercurio después del tratamiento con la bacteria *Pseudomona putida*. Ésta se comprueba con el test de Shapiro–Wilk porque la cantidad de muestras es menor a 30. La normalidad se interpreta de acuerdo al valor de significancia (“Sig”) o “P” valor, el cual debe ser mayor a 0,05 para distribución normal y menor a 0,05 cuando la distribución no es normal. Los datos obtenidos que se muestran en la tabla son mayores a 0,05; por lo tanto la distribución es normal.

Tabla 21: Prueba de normalidad de la variación del nivel de mercurio después del tratamiento con *Pseudomona putida*.

Prueba de normalidad							
Variación del nivel de mercurio después del tratamiento con <i>Pseudomona putida</i> .	Tratamientos	Kologorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
	Tratamiento 1	0,372	3	.	0,781	3	0,071
	Tratamiento 2	0,180	3	.	0,999	3	0,944
	Tratamiento 3	0,328	3	.	0,870	3	0,296
	Tratamiento 4	0,239	3	.	0,975	3	0,697

Fuente: Elaboración propia, adaptado de SPSS 21 (2019)

La tabla 22 es sobre la prueba de homogeneidad de varianzas para la variación del nivel de mercurio después del tratamiento con *Pseudomona putida*, ésta prueba se utiliza para evaluar la igualdad de las varianzas, la homogeneidad de varianzas de los tratamientos se verifica positivamente según el test de Levene (“P” valor = Sig, el cual debe ser mayor a 0,05), por lo tanto, en esta tabla se puede visualizar que si existe homogeneidad de varianzas.

Tabla 22: Prueba de homogeneidad de varianzas para la variación del nivel de mercurio después del tratamiento con *Pseudomona putida*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Variación del nivel de mercurio después del tratamiento con <i>Pseudomona putida</i>			
Estadístico de Levene	gl 1	gl 2	Sig
1,330	3	8	0,331

Fuente: Elaboración propia, adaptado de SPSS 21 (2019)

En la tabla 23 de Anova de un factor para la variación del nivel de mercurio después del tratamiento con *Pseudomona putida*, si “P” valor = Sig es menor a 0,05; se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; por lo tanto podemos concluir el nivel de mercurio varía después del tratamiento con *Pseudomona putida*.

Tabla 23: Prueba de Anova de la variación del nivel de mercurio después del tratamiento con *Pseudomona putida*

Anova de un factor						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Variación del nivel de mercurio después del tratamiento con <i>Pseudomona putida</i>	Entre grupos	1816756, 127	3	605585, 376	46, 456	0, 0
	Dentro de grupos	104284, 671	8	13035, 584		
	Total	1921040, 798	11			

Fuente: Elaboración propia, adaptado de SPSS 21 (2019)

IV. DISCUSIÓN

Para el desarrollo de la investigación se usó la cepa de *Pseudomona putida* ATCC 49128 con 04 dosis distintas, con el tratamiento N° 01 (20ml) logró reducir el nivel de mercurio a 1782,33 mg/Kg PS; con el tratamiento N° 02 (30 ml) descendió a 1351,70 mg/Kg PS; con el tratamiento N° 03 (40ml) descendió a 1157,36 mg/Kg PS y con el tratamiento N° 04 (50ml) el nivel de mercurio disminuyó a 847,43 mg/Kg PS, es decir que la cepa logró reducir el nivel de mercurio en un periodo de seis semanas, lo cual corrobora lo descrito en su artículo de investigación por AZODDEIN, A. et al. (2016), pues ellos refieren que utilizaron la cepa bacteriana *Pseudomona putida* ATCC 49128, para reducir el mercurio presente en aguas residuales de una planta de la industria petrolera, luego de un periodo de 96 horas.

De acuerdo a los resultados obtenidos se pudo constatar que el tratamiento con la bacteria *Pseudomona putida* logra reducir el nivel de mercurio hasta un 62.4 % con el tratamiento N°04 (50 ml), los otros tres tratamientos también reducen el nivel del contaminante, pero es el tratamiento con la dosis más alta el que logra resultados más favorables, en forma similar a lo descrito por CHEN, J et. Al (2018), ellos aislaron la cepa *Pseudomona sp.* de una muestra de suelo contaminada con mercurio, inicialmente la cepa fue inoculada en soluciones de cultivo con concentraciones de 5.1, 10.4 y 15.7 mg / L de mercurio (II) y comprobaron que volatilizó 81.1%, 79.2% y 74.3% del mercurio (II) respectivamente dentro de las 24 horas.

De igual forma el mercurio también puede ser reducido hasta en un 100 % por cepas bacterianas de *Serratia*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca* y *Arthrobacter sp.* Así lo refiere GIOVANELLA, P et. Al (2015), puesto que las bacterias antes mencionadas utilizaron el glicerol residual de la industria de biodiesel como fuente de carbono y de esa manera logran descontaminar el suelo.

Así mismo con estos resultados se pudo comprobar lo planteado por GIOVANELLA, P et. Al (2017) ellos argumentan que utilizaron cuatro cepas resistentes al mercurio para eliminar mercurio solo y en presencia de otros metales como Cadmio, Níquel y Plomo. Demostraron que las cuatro cepas eliminaron el mercurio presente en un medio de cultivo sin agregar los otros tres metales contaminantes antes mencionados. Sin embargo, la cepa de *Pseudomona sp.* B50D removi6 una mayor cantidad de mercurio en presencia de los otros metales, logrando eliminar el 75% de Hg en presencia de Cd y el 91% en presencia de Ni y Pb.

Con respecto al contenido de materia orgánica, se pudo visualizar un incremento importante en los resultados post tratamiento, inicialmente la muestra de suelo contenía 1.35 % de materia orgánica, es por esto que para asegurar una mejor proliferación de la bacteria *Pseudomona putida* se agregó 100 g de humus de lombriz a cada maceta previo al tratamiento, los resultados de contenido de materia orgánica post tratamiento lograron aumentar a 4.96 % , esto se hizo teniendo en cuenta lo realizado por ZAPATA, I et.al. (2017) quienes mencionan que utilizaron la lombriz roja californiana para incrementar el crecimiento poblacional de los microorganismos en suelos contaminados con mercurio, ellos concluyeron que hubo una mejoría de las condiciones del suelo, sobre todo un incremento de la materia orgánica, pues las deyecciones de las lombrices permiten que las condiciones físicas y químicas del suelo mejoren sobremanera lo que a su vez logra el incremento de la flora microbiana que descontamina el suelo.

En cuanto a la metodología usada en esta investigación, para la reactivación y preservación de la cepa bacteriana *Pseudomona putida* fue similar a la realizada por MAHBUB, K. et. Al (2017) donde refieren que utilizaron la cepa bacteriana *Sphingobium*; para obtener una disminución de mercurio; para conservar esta cepa la inocularon en glicerol al 15% y para activarla la incubaron en caldo Luria por 24 horas, ésta combinación mejoró sobremanera la rapidez para disminuir el mercurio en aproximadamente 60% en 7 días.

Sin embargo, no sólo el tratamiento con bacterias suele ser eficaz para recuperar sitios contaminados, puesto que la investigación de ROMERO et al (2019) donde utilizaron cepas del hongo *Pleurotus* para descontaminar el suelo con residuos de petróleo por un periodo de 15 días, pudo degradar hidrocarburos saturados, resinas, grasas y aceites en casi un 45%.

V. CONCLUSIONES

- El nivel de mercurio en el suelo de la mina Santa Bárbara – Huancavelica tiene valores por encima de lo permitido, pues los resultados preliminares indican que tiene 2255.41 mg/Kg PS de mercurio, por lo que es necesario aplicar algún tratamiento que permita reducir estos niveles.
- El tratamiento con la cepa *Pseudomona putida* logró reducir el nivel de mercurio presente en el suelo de la mina de Santa Bárbara, Huancavelica en un periodo de seis semanas, con el tratamiento N° 01 (20ml) el nivel de mercurio se redujo a 1782,33 mg/Kg PS; con el tratamiento N° 02 (30 ml) descendió a 1351,70 mg/Kg PS; con el tratamiento N° 03 (40ml) descendió a 1157,36 mg/Kg PS y con el tratamiento N° 04 (50ml) el nivel de mercurio disminuyó a 847,43 mg/Kg PS
- Las propiedades químicas del suelo de la mina de Santa Bárbara, Huancavelica variaron después del tratamiento con *Pseudomona putida*, pues hubo un incremento de la materia orgánica, así como del pH y de carbonato de calcio (CaCO₃).
- La concentración del nivel de mercurio presente en el suelo de la mina de Santa Bárbara, Huancavelica varía luego de aplicarse los tratamientos con la cepa *Pseudomona putida*, es importante recalcar que el tratamiento N° 04 con 50 ml fue el que logró reducir más el nivel de mercurio a un promedio de 847,43 mg/Kg PS, lo que significa una reducción de 62,4% del nivel de mercurio.

VI. RECOMENDACIONES

- Usar dosis más altas de la bacteria *Pseudomona putida* para obtener mejores resultados en la reducción de mercurio en posteriores investigaciones, puesto que con los tratamientos usados en el presente ensayo se logró comprobar que a mayor dosis mayor reducción del contaminante, sin embargo se debe tomar en cuenta un límite para la cantidad de la cepa, puesto que por el crecimiento exponencial propio de la bacteria podría llegar un momento en el que ésta sobresature el medio a descontaminar y disminuya su capacidad de reducir el contaminante.
- Prolongar el tiempo del tratamiento con la cepa *Pseudomona putida*, ya que en la presente investigación los tratamientos solo se aplicaron por un periodo de seis semanas, al extender el tiempo de tratamiento, la bacteria podría descontaminar más y por consiguiente reducir el nivel de mercurio en el suelo.
- Este ensayo si bien es cierto se aplicó en suelo, también puede aplicarse en otros ambientes como agua, ya que existen estudios previos que confirman resultados positivos en cuanto a reducción de contaminantes.
- Así mismo el género *Pseudomona* ha demostrado resultados bastante prometedores frente a otros contaminantes como hidrocarburos, derivados del petróleo, herbicidas, etc.
- El trabajo de investigación logró obtener resultados positivos porque se trabajó en un ambiente donde la temperatura oscilaba entre 24 a 30 grados Celsius, pues es primordial para el crecimiento bacteriano, sin embargo, ya que la muestra de suelo es de la región Huancavelica; donde la temperatura promedio en temporada templada es de 15° C; y si se quiere aplicar el tratamiento in situ, lo ideal sería que el suelo a descontaminar se encuentre en un ambiente donde se acondicione la temperatura como en un invernadero, de esa forma se podría controlar este parámetro que es de vital importancia para que el tratamiento funcione, así mismo este procedimiento se puede aplicar en zonas de la selva como Madre de Dios que también tiene el problema de contaminación de suelos por mercurio, y donde la temperatura es ideal para el crecimiento bacteriano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KAHLON, Rashpal. Pseudomonas. Molecular and applied biology. [en línea] India: Springer. 2016. [fecha de consulta: 18 de setiembre de 2018].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=2phPDAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=pseudomona+putida&hl=qu&sa=X&ved=0ahUKEwj12pTL5ujdAhVPqlkKHc-4DosQ6AEILDAC#v=onepage&q=pseudomona%20putida&f=false>

ISBN 978-3-319-31197-5

COBARRUBIAS, Sergio, GARCIA, José y PEÑA, Juan. El papel de los microorganismos en la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. *Acta Universitaria*. [en línea]. 2015, vol. 25 [fecha de consulta: 18 de setiembre de 2018]. Disponible en http://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/viewFile/907/pdf_96

ISSN: 0188-6266

PAISIO, Cintia. [et al]. Remediación biológica de Mercurio: Recientes avances. *Revista Latinoamericana Biotecnología Ambiental Algal*. [en línea]. 2012. Disponible en <https://docplayer.es/25170924-Remediacion-biologica-de-mercurio-recientes-avances.html>

JIMENEZ BALLESTA, Raymundo & NAVARRO PEDREÑO, José . Introducción a la contaminación de suelos. [en línea] España: Mundi Prensa. 2017 [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2018].

<https://books.google.com.pe/books?id=iZg6DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=que+e+s+el+suelo&hl=qu&sa=X&ved=0ahUKEwjWnprXhYneAhUFXq0KHcoSCmMQ6AEIMzAE#v=onepage&q=que%20es%20el%20suelo&f=false>

ISBN 978-84-8476-789-3

Perú. Ministerio del Ambiente. 2013. Disponible en http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf

PEREZ, Alexander. [et al]. Bacterias endófitas asociadas a los géneros *Cyperus* y *Paspalum* en suelos contaminados con mercurio. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* [en línea]. Enero-Junio 2016, n.º1. [fecha de consulta: 20 de setiembre de 2018]. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n1/v19n1a08.pdf>

BELTRÁN, Mayra y GÓMEZ, Alida. Biorremediación de metales pesados cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg) mecanismos bioquímicos e Ingeniería genética: una revisión. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*. [en línea]. 25 de Julio 2016. Vol. 12, nº2.[fecha de consulta: 20 de setiembre de 2018]. Disponible en:
<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/viewFile/2027/1835>
ISSN 1900-4699

ZAPATA, Isabel. [et al]. Efectos de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), sobre el crecimiento de microorganismos en suelos contaminados con mercurio de Segovia, Antioquia. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. [en línea]. 23 de octubre de 2016. vol. 17, nº1. [fecha de consulta: 21 de setiembre de 2018]. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v27n1/v27n1a05.pdf>

FERNANDEZ ESCAPA, Isabel. Estudio del metabolismo de polihidroxicanoatos en *Pseudomonas putida*: implicaciones fisiológicas y aplicaciones en el desarrollo de bioplásticos funcionalizados. Tesis (Doctoral). Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Biológicas. 2012. 217 p.

LOPEZ BERDONCES, Miguel. Las interacciones aire/suelo/plantas-líquenes/leguminosa *Rhizobium* del mercurio en áreas contaminadas. Tesis (Doctorado en Ingeniería Química y Ambiental). Ciudad Real: UCLM. 2015. 205 p.

AKINTUI, Miriam. [et al]. *Pseudomona fluorescens* de suelos agrícolas degradadora del herbicida ácido 2,4 Diclorofenoxiacético. *Rebiolest*. [en línea]. 2015. nº3. [fecha de consulta: 22 de setiembre de 2018]. Disponible en:
<http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/1699>

MARTINEZ RIVERA, Alejandro. Biorremediación bacteriana de suelo contaminado con fluidos y residuos de perforación mediante diferentes métodos. Tesis (Magister en Ciencias– Biotecnología). Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 2018. 123 p.

MAYZ, Juliana y MANZI, Lorna. Bacterias hidrocarburoclásticas del género *Pseudomona* en la rizósfera de *Samanea saman* (Jacq.) Merr. *Revista Colombiana de Biotecnología* [en línea]. Enero-Junio, 2017. N°19. [fecha de consulta: 02 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/57408>

LOPEZ CORRALES, Eliana. Alternativas de disposición para la fitorremediación de suelos contaminados por actividades mineras. Tesis (Especialista en Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos). Caldas: Corporación Universitaria La Sallista , Facultad de Ingenierías, 2014. 46 p.

PATERNINA, Ramón, PEREZ, Alexander y VITOLA, Deimer. Presencia de bacterias rizosféricas resistentes a mercurio en suelos del sur de Bolívar, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. [en línea]. 2017. [fecha de consulta: 01 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/612/pdf>
ISSN: 2027-4297

The Environmental Health Council. Julio de 2015. Disponible en: <http://www.ehcouncil.org/es/files/2016/03/RI-in-Spanish-Text.pdf>

GAONA MARTINEZ, Javier. El mercurio como contaminante global Desarrollo de metodologías para su determinación en suelos contaminados y estrategias para la reducción de su liberación al medio ambiente. Tesis Doctoral. España: Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Química, 2004. 246 p.

MILLÁN, R. [et al]. Rehabilitación de suelos contaminados con mercurio: estrategias aplicables en el área de Almadén. *Revista científica Técnica de Ecología y Medio Ambiente* [en línea]. 2007. [fecha de consulta: 04 de octubre de 2018]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/26595403_Rehabilitacion_de_suelos_contaminados_con_mercurio_estrategias_aplicables_en_el_area_de_Almaden
ISBN: 1697-2473

MAHBUK, Kandaker [et al]. Bio-augmentation and nutrient amendment decrease concentration of mercury in contaminated soil. *Science of The Total Environment*. [en línea]. 2017, vol. 576. [fecha de consulta: 04 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716322495>

CHEN, Jinquan [et al]. Characterization of an Hg(II)-volatilizing *Pseudomonas* sp. strain, DC-B1, and its potential for soil remediation when combined with biochar amendment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. [en línea]. 2018, vol.163. [fecha de consulta: 02 de enero de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651318306675?via%3Dihub>

GIOVANELLA, P. [et al]. Detoxification of Mercury by Bacteria Using Crude Glycerol from Biodiesel as a Carbon Source. *Water Air Soil Pollut.* [en línea]. 2015. [fecha de consulta: 14 de abril de 2019]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-015-2480-9>

GIOVANELLA, P. [et al]. Metal resistance mechanisms in Gram-negative bacteria and their potential to remove Hg in the presence of other metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. [en línea]. 2017. [fecha de consulta: 15 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28259060>

PESANTEZ, Marcia & CASTRO, Rosa. Potencial de cepas de *Trichoderma* spp. para la biorremediación de suelos contaminados con petróleo. *Biotechnologia Vegetal*. 2016, vol. 16, n° 4. [fecha de consulta: 15 de abril de 2019]. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/es/revista/biotechnologia-vegetal/articulo/potencial-de-cepas-de-trichoderma-spp-para-la-biorremediacion-de-suelos-contaminados-con-petroleo>

HERNANDEZ, Gilberto [et al]. Presencia del Hg total en una relación suelo-planta-atmósfera al Sur de la sierra gorda de Querétaro, México. *Revista Especializada en Ciencias*

Químico-Biológicas. 2012, vol.15, n° 1. [fecha de consulta: 18 de abril de 2019]. Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v15n1/v15n1a1.pdf>

RAFIQUE, Amira, AMIN, Aatif & LATIF, Zakia. Screening and Characterization of Mercury-Resistant Nitrogen Fixing Bacteria and Their Use as Biofertilizers and for Mercury Bioremediation. *Zoological Society of Pakistán*. 2015, vol. 47, n° 5. [fecha de consulta: 18 de enero de 2019]. Disponible en:

[http://zsp.com.pk/pdf47/1271-1277%20\(8\)%20QPJZ-0058-2015%2025-6-15%20Page%20Proof.%20Aatif.pdf](http://zsp.com.pk/pdf47/1271-1277%20(8)%20QPJZ-0058-2015%2025-6-15%20Page%20Proof.%20Aatif.pdf)

AZODDEIN, Abd [et al]. A Bioremediation Approach to Mercury Removal in a Shake Flask Culture Using *Pseudomonas putida* (ATCC 49128). *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*. 2016, vol.7, n° 3. [fecha de consulta: 16 de enero de 2019]. Disponible en:

<http://www.omicsonline.org/open-access/a-bioremediation-approach-to-mercury-removal-in-a-shake-flask-culture-using-pseudomonas-putida-atcc-49128-2155-9872-1000312.php?aid=73094>

ISSN: 2155-9872

ARAUJO, José [et al]. Biocatalizadores fúngicos hidrocarbonoclasticos del genero *Aspergillus* para la descontaminación de agua con Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPAs). *Revista Cubana de Química*. 2016, vol. 28, n° 2. [fecha de consulta: 28 de mayo de 2019]. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212016000200013

ISSN: 2224-5421

VELASQUEZ ARIAS, Johana. Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 2017, vol. 8, n° 1. [fecha de consulta: 26 de mayo de 2019]. Disponible en:

<http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1846>

ISSN 2145-6097

MAIZEL, Daniela [et al]. Arsenic-hypertolerant and arsenic-reducing bacteria isolated from wells in Tucuman, Argentina. *Canadian Journal of Microbiology*. 2018. [fecha de consulta: 28 de mayo de 2019]. Disponible en:

https://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/cjm-2017-0535#.XSnr_ZFzIU

ITURBE, Rosario & LOPEZ, Jessica. Bioremediation for a Soil Contaminated with Hydrocarbons. *Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology*. 2015, vol. 6, n° 2. [fecha de consulta: 28 de mayo de 2019]. Disponible en: [https://www.longdom.org/open-access/bioremediation-for-a-soil-contaminated-with-hydrocarbons-2157-7463-](https://www.longdom.org/open-access/bioremediation-for-a-soil-contaminated-with-hydrocarbons-2157-7463-1000208.pdf)

1000208.pdf

ISSN: 2157-7463

ROMERO, Roberto [et al]. Bioremediation of soils contaminated with petroleum solid wastes and drill cuttings by *Pleurotus* sp. strains under different treatment scales. *Bio Rxiv*. 2019. [fecha de consulta: 28 de mayo de 2019]. Disponible en:

<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/588673v1>

LUSTOSA, Mayara [et al]. Petroleum hydrocarbon degradation by isolated mangrove bacteria. *Revista peruana de Biología*. 2018, vol. 25, n° 4. [fecha de consulta: 28 de mayo de 2019]. Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1727-99332018000400007&lng=es&nrm=iso&tlng=en

ISSN-L 1561-0837

COEHLO, Luciene [et al]. Bioremediation of polluted waters using microorganisms. *Intech Open*. 2015. [fecha de consulta: 26 de mayo de 2019]. Disponible en:

<https://www.intechopen.com/books/advances-in-bioremediation-of-wastewater-and-polluted-soil/bioremediation-of-polluted-waters-using-microorganisms>

NAVARRO GARCÍA, Ginés & NAVARRO GARCÍA Simón. Fertilizantes química y acción. [en línea] España: Mundi Prensa. 2014 [fecha de consulta: 19 de setiembre de 2018].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=3McUBQAAQBAJ&pg=PA1&dq=el+suelo+y+sus+propiedades&hl=qu&sa=X&ved=0ahUKEwjKkPOv74PeAhVxzlkKHe3DDpUQ6AEITTAI#v=onepage&q=el%20suelo%20y%20sus%20propiedades&f=false>
ISBN: 978-84-8476-678-0

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. 2019.

Disponible en:

<http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-biologicas/es/>

GONZALES BARRIOS, José [et al]. Caracterización de la porosidad edáfica como indicador de la calidad física del suelo. *Terra Latinoamericana*. 2011, vol. 29, n° 4. [fecha de consulta: 26 de octubre de 2018]. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000400369
ISSN 2395-8030

AGUILAR ALINQUER, Beatriz. El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. [en línea] Málaga: Innovación y Cualificación. 2011. [fecha de consulta: 01 de octubre de 2018].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=Oen2AgAAQBAJ&pg=PT16&dq=propiedades+del+suelo&hl=qu&sa=X&ved=0ahUKEwj1sS9oYneAhWorVkKHRFXCTk4FBD0AQhCMAc#v=onepage&q=propiedades%20del%20suelo&f=false>

ISBN: 978-84-8364-916-9

ANDRADES, Marisol, & MARTINEZ, María. Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. *Universidad de La Rioja*. 2014. [fecha de consulta: 26 de octubre de 2018]. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=267902>

ISBN: 978- 84-695-9286-1

REBOLLEDO, Sergio. Conductividad eléctrica y salinidad. *Red Agrícola*. 2017. [fecha de consulta: 16 de octubre de 2018]. Disponible en:

<http://www.redagricola.com/cl/conductividad-electrica-salinidad/>

MARTINEZ, José & URIBE, Alberto. El mercurio y la contaminación por actividad extractiva. *Ontare*. 2015. [fecha de consulta: 13 de octubre de 2018]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282577670_El_Mercurio_y_la_contaminacion_por_actividad_extractiva

REYES, Yulieth [et al]. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*. 2016, vol. 16, n° 2. [fecha de consulta: 16 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>
ISSN e: 2422-4324

Información sobre el mercurio. [en línea] Argentina. Programa Nacional de Riesgos químicos – Proyecto BANHG. 2007. [fecha de consulta: 16 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://www.fmed.uba.ar/sites/default/files/2018-03/mercurio.pdf>

Perú: Cuatro regiones expuestas a la contaminación por mercurio. [en línea] Centro de Innovación Científica Amazónica - CINCIA. Febrero de 2018. [fecha de consulta: 16 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://cincia.wfu.edu/prensa/medios/internet/peru-cuatro-regiones-expuestas-a-la-contaminacion-por-mercurio/>

GAIOLI, Marisa, AMOEDO, Diego y GONZALES, Daniel. Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente. *Pediatría Práctica*. 2012, vol. 110, n° 3. [fecha de consulta: 16 de noviembre de 2018]. Disponible en: <https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2012/v110n3a18.pdf>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2007. Disponible en: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7647/UNEP_AR_2007_SP.pdf?sequence=7&isAllowed=y

MAYA, Esther. Métodos y técnicas de Investigación. *Revista Digital Universitaria*. 2014. [fecha de consulta: 20 de octubre de 2018]. Disponible en:
<https://www.unam.mx/recursos/82437-metodos-y-tecnicas-de-investigacion-una-propuesta-agil-para-la-presentacion-de-trabajos-cientificos-en-las-areas-de-arquitectura-urbanismo-y-disciplinas-afines>
ISBN: 978-97032-5432-3

ÁVILA BARAY, Héctor. Introducción a la metodología de la investigación. [en línea]. México: Eumed.net (2006) [fecha de consulta: 18 de setiembre de 2018]. Disponible en:
www.eumed.net/libros/2006c/203/
ISBN-10: 84-690-1999-6

ARIAS, Fidias. El proyecto de investigación [en línea]. 6.^a ed. Venezuela: Episteme, 2012 [fecha de consulta: 18 de setiembre de 2018]. Disponible en:
<https://books.google.com.pe/books?id=W5n0BgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=el+proyecto+de+investigacion&hl=qu&sa=X&ved=0ahUKEwii1IX07tXjAhUhq1kKHZZzCaoQ6AEIKTAB#v=onepage&q&f=false>
ISBN: 980-07-8529-9

LOPEZ, I. [et al]. Estudio de la Absorción y Distribución del Mercurio en Nerium Oleander L. en la Ribera del Río Valdeazogues (Estación de Chillón - Almadén) [en línea]. Ciemat 2010. [fecha de consulta: 18 de noviembre de 2018]. Disponible en:
https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/41/122/41122006.pdf
ISSN: 1135 - 9420

BECERRA MEJIA, Camilo. Optimización de un medio de cultivo para la producción de biomasa de la cepa *Pseudomonas putida* UA 44 aislada del suelo bananero de Uraba – Antioquia. Tesis (Ingeniero de Procesos). Medellín: EAFIT, Escuela de Ingeniería. 2007. 136 p.

ANEXOS
INSTRUMENTOS DE RECOJO DE DATOS

Anexo 1: Propiedades Físicas del suelo

Propiedades Físicas del suelo			
Estructura		Textura	
Inicial	Final	Inicial	Final
Observaciones			
Nombres y Apellidos:	Pilar Paz Maza		Facultad:
Fecha:			

Fuente: Elaboración propia (2019)

Anexo 2: Propiedades Químicas del suelo

Propiedades Químicas del suelo									
pH		Carbonatos		Materia orgánica		Conductividad eléctrica		Capacidad de intercambio catiónico	
Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Observaciones									
Nombres y Apellidos:	Pilar Paz Maza		Facultad:	Ingeniería Ambiental					
Fecha:									

Fuente: Elaboración propia (2019)

Anexo 3: Dosificación de uso de la bacteria *Pseudomona putida*

Nivel de mercurio en el suelo	Pre tratamiento (inicial)			
	Dosificación de uso de la bacteria <i>Pseudomona putida</i>			
Post tratamiento (final)	20 ml	30 ml	40 ml	50 ml
R1				
R2				
R3				
Observaciones				
Nombres y Apellidos:	Pilar Paz Maza	Facultad:		Ingeniería Ambiental
Fecha:				

Fuente: Elaboración propia (2019)

Anexo 4: Ficha de muestreo de suelo

Nombre del sitio en estudio	Departamento
Uso principal	Provincia
Dirección del predio	
Nombre del punto de muestreo	Operador (empresa/persona)
<p align="center">X: Y:</p> <p align="center">Coordenadas (UTM, WGS 84)</p>	Descripción de la superficie (asfalto, cemento, vegetación, etc.)
Temperatura (C)	Precipitación (si/no, intensidad)
Técnica de muestreo (sondeo manual, mecánico, etc.)	Instrumentos usados

Profundidad final (en metros bajo la superficie)		Napa freática (si/no, profundidad en metros)	
Clave de la muestra			
Fecha			
Hora			
Profundidad desde (en metros bajo la superficie)			
Profundidad hasta (en metros bajo la superficie)			
Características organolépticas			
Color			
Olor			

Fuente: Elaboración propia (2019)

Anexo 5: Cadena de custodia para muestra de suelo

NOMBRE DEL CLIENTE:	
UBICACIÓN DEL MUESTREO (DISTRITO/PROVINCIA/DEPARTAMENTO)	

Identificación de la muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Ubicación Geográfica (UTM)	Profundidad del muestreo (m)	Ensayos o parámetros solicitados	Observaciones
			N: O: Altitud: (m.s.n.m.)			
			N: O: Altitud: (m.s.n.m.)			
			N: O: Altitud: (m.s.n.m.)			
Temperatura al muestreo:					Responsable del muestreo:	Firma:
Observaciones en la recepción de muestra:				Recibido por:		Firma:

Fuente: Elaboración propia (2019)

Anexo 6: Ficha de control de aplicación de tratamiento con Pseudomona putida

Tratamientos		Fecha					
		17/02/2019	24/02/2019	3/03/2019	10/03/2019	17/03/2019	24/03/2019
M. Control	Agua dest. (ml)	300	300	300	300	300	300
	P. putida (ml)	0	0	0	0	0	0
Tto. 1	M 1.1	Agua dest. (ml)	300	300	300	300	300
		P. putida (ml)	20	20	20	20	20
	M 1.2	Agua dest. (ml)	300	300	300	300	300
		P. putida (ml)	20	20	20	20	20
	M 1.3	Agua dest. (ml)	300	300	300	300	300
		P. putida (ml)	20	20	20	20	20
Tto. 2	M 2.1	Agua dest. (ml)	300	300	300	300	300
		P. putida (ml)	30	30	30	30	30
	M 2.2	Agua dest. (ml)	300	300	300	300	300
		P. putida (ml)	30	30	30	30	30
	M 2.3	Agua dest. (ml)	300	300	300	300	300
		P. putida (ml)	30	30	30	30	30
Tto. 3	M 3.1	Agua dest. (ml)	300	300	300	300	300
		P. putida (ml)	40	40	40	40	40

	M 3.2	Agua dest. (ml)	300	300	300	300	300	300
		P. putida (ml)	40	40	40	40	40	40
	M 3.3	Agua dest. (ml)	300	300	300	300	300	300
		P. putida (ml)	40	40	40	40	40	40
Tto. 4	M 4.1	Agua dest. (ml)	300	300	300	300	300	300
		P. putida (ml)	50	50	50	50	50	50
	M 4.2	Agua dest. (ml)	300	300	300	300	300	300
		P. putida (ml)	50	50	50	50	50	50
	M 4.3	Agua dest. (ml)	300	300	300	300	300	300
		P. putida (ml)	50	50	50	50	50	50

Fuente: Elaboración propia (2019)

OTROS ANEXOS

Anexo 7: Matriz de consistencia

Reducción de mercurio en suelos contaminados de la mina de Santa Bárbara usando <i>Pseudomona putida</i> en Huancavelica						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento de medición
PG: ¿Se reduce el nivel de mercurio presente en el suelo del campamento de la mina Santa Bárbara usando <i>Pseudomona putida</i> en Huancavelica?	OG: Reducir el nivel de mercurio presente en el suelo del campamento de la mina Santa Bárbara, Huancavelica usando <i>Pseudomona putida</i>	HG: El uso de <i>Pseudomona putida</i> reduce el nivel de mercurio presente en el suelo del campamento de la mina Santa Bárbara en Huancavelica.	VI: Uso de <i>Pseudomona putida</i>	Dosificación	20 ml	ml
					30 ml	
					40 ml	
					50 ml	
				Cantidad de bacterias	Recuento de colonias en placa	u.f.c.
¿Las propiedades físicas del suelo del campamento minero varían después del tratamiento con <i>Pseudomona putida</i> ?	Determinar las propiedades físicas del suelo del campamento minero antes y después del tratamiento con <i>Pseudomona putida</i>	Las propiedades físicas del suelo del campamento minero varían después del tratamiento con <i>Pseudomona putida</i>	VD: Suelo contaminado con mercurio	Propiedades físicas del suelo	Estructura	-
					Textura	Triangulo textural
				Propiedades químicas del suelo	pH	5.1 - 8.4
					Carbonatos	% CaCO ₃

¿Las propiedades químicas del suelo del campamento minero varían después del tratamiento con Pseudomona putida?	Determinar las propiedades químicas del suelo del campamento minero antes y después del tratamiento con Pseudomona putida.	Las propiedades químicas del suelo del campamento minero varían después del tratamiento con Pseudomona putida			Materia orgánica %
					Conductividad eléctrica dS/m
					Capacidad de intercambio catiónico meq/100 g de suelos
¿Cuál es la concentración de mercurio presente en el suelo del campamento minero antes y después del tratamiento con la bacteria Pseudomona putida?	Determinar la concentración de mercurio presente en el suelo del campamento minero antes y después del tratamiento con la bacteria Pseudomona putida.	La concentración de mercurio presente en el suelo del campamento minero varía después del tratamiento con la bacteria Pseudomona putida	Concentración de mercurio en el suelo antes y después del tratamiento	Nivel de mercurio pre y post tratamiento con Pseudomona putida	mg/Kg PS

Fuente: Elaboración propia (2019)

Anexo 8: Área de estudio

Campamento de la mina Santa Bárbara, Huancavelica



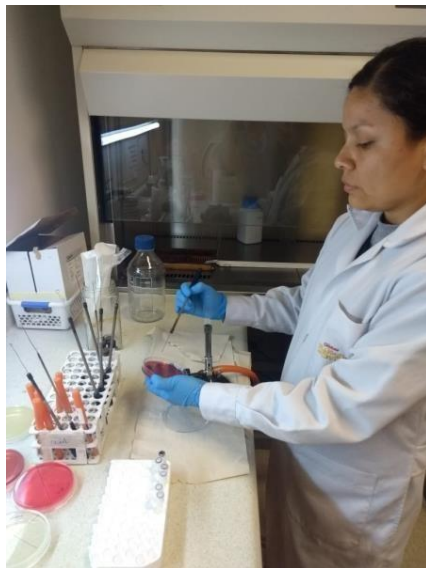
Anexo 9: Toma de muestra



Anexo 10: Reactivación de cepa *Pseudomona putida*



Anexo 11: Preparación de medios y siembra de bacteria



Anexo 12: Aplicación de tratamiento





Anexo 13: Validación de instrumentos

Anexo 1

Propiedades Físicas del suelo			
Estructura		Textura	
Inicial	Final	Inicial	Final
Observaciones			
Nombres y Apellidos: Pilar Paz Maiza		Facultad:	
Fecha:			

Fuente: Elaboración propia (2019)


ELMER GONZÁLEZ BENITES ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP N° 71958


 CIP: 196897-
 Freddy Pulpa Buaya

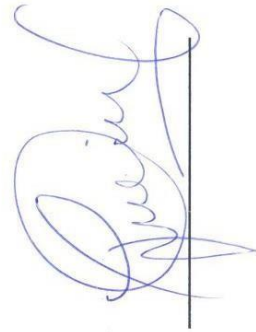

Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP: 42355



Anexo 2

Propiedades Químicas del suelo										
pH	Carbonatos		Materia orgánica		Conductividad eléctrica		Capacidad de intercambio catiónico			
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final		
Observaciones										
Nombres y Apellidos:			Pilar Paz Maiza			Facultad:			Ingeniería Ambiental	
Fecha:										

Fuente:
Elaboración propia (2019)




ELMER GONZALES BENTES ALFARO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 71998



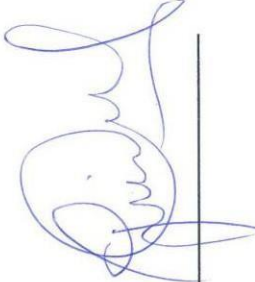
Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
C.I.P. 42355

Anexo 3

Nivel de mercurio en el suelo	Pre tratamiento (inicial)			
	Dosificación de uso de la bacteria <i>Pseudomonas putida</i>			
Post tratamiento (final)	20 ml	30 ml	40 ml	50 ml
R1				
R2				
R3				
Observaciones				
Nombres y Apellidos:	Pilar Paz Maaza	Facultad:		Ingeniería Ambiental
Fecha:				


Fuente: Elaboración propia (2019)


Luzmila González Bertrán
 INGENIERA QUÍMICA
 Reg. CIP N° 71986




Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355

Nombre del sitio en estudio		Departamento
Uso principal		Provincia
Direccion del predio		
Nombre del punto de muestreo		Operador (empresa/persona)
X: Y: Coordenadas (UTM, WGS 84)		Descripcion de la superficie (asfalto, cemento, vegetacion, etc)
Temperatura (C)		Precipitacion (si/no, intensidad)
Tecnica de muestreo (sondeo manual, mecanico, etc)		Instrumentos usados
Profundidad final (en metros bajo la superficie)		Napa freatica (si/no, profundidad en metros)
Clave de la muestra		
Fecha		
Hora		
Pofundidad desde (en		
Pofundidad hasta (en		
Caracteristicas organolepticas		
Color		
Olor		



ELMER GONZALES BENTES ALFARO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 71998




Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP. 42355

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Benítez Alvaro Almer
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente, I.C. - U.C.V.
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Químico - IBC en Gestión Amb. - Dr. Ing. Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Propiedades físicas del suelo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Pilar Milagros Paz Maza

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.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 01 de Abril del 2019

[Firma]
 FIRMA DEL INSTRUMENTO FORMANTE

INGENIERO QUÍMICO

Reg. CIP N° 71996

DNI No. Telf.:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Bermejo Alfaro Elmer
 1.2. Cargo e institución donde labora: Asesor T.C. U.C.V.
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Química M.Sc. en Gestión Acad. Dr. Ing Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Propiedades Químicas del Suelo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Plan Milagro Paz Maya

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.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 04 de Abril del 2019

FIRMA Bermejo Alfaro Elmer INFORMANTE

INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP N° 71998

DNI No. Telf.:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Berites Alfaro Almas*
 1.2. Cargo e institución donde labora: *Docente - TC - UCV*
 1.3. Especialidad o línea de investigación: *Iny. Químico - MSc en Gestión Amb. - Dr. Jorge Aramburo*
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Dotación de una de la bacteria P. putida*
 1.5. Autor(A) de Instrumento: *Pilar Milagros Paz Maga*

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.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, *02 de Abril* del 2019


FIRMA DE LA PERSONA RESPONSABLE DEL INSTRUMENTO
INGENIERO QUÍMICO
REG. CIP N° 71993

DNI No..... Telf.:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Bonites Alfaro Almer
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente T.C. - U.C.V.
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Química - Msc en Gestión Amb. - Dr. Ing. Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Muestras de Suelos
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Pilar Milagros Paz Maza

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.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 02 de Abril del 2019

FIRMA DEL EXPEDIENTE INFORMANTE

INGENIERO QUÍMICO

DNI No. ROL CIP N° 71998 Telf.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón César
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - TC - U.C.V.
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Sistemas de Gestión Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Propiedades Físicas del Suelo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Pilar Milagros Paz Maza

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.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP. 42355

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

91 %

Lima, 01 de Abril del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres:..... Jiménez Calderón César.....
 1.2. Cargo e institución donde labora:..... Docente F.C - UCV.....
 1.3. Especialidad o línea de investigación:..... Sistemas de Gestión Ambiental.....
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:..... Propiedades químicas del suelo.....
 1.5. Autor(A) de Instrumento:..... Plan Milagro Paz Maza.....

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.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

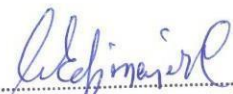
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

91 %


 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355

Lima,..... 01 de Abril del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf.:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres:..... *Jiménez Calderón César*.....
 1.2. Cargo e institución donde labora:..... *Docente - T.C. - U.C.V.*.....
 1.3. Especialidad o línea de investigación:..... *Sistema de Gestión Ambiental*.....
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:..... *Disposición de una de la bacteria P. putida*.....
 1.5. Autor(A) de Instrumento:..... *Pilar Milagros Paz Maza*.....

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.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

91 %



César Jiménez
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355

Lima,..... *01* de *Abril* del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón César
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de muestreo de suelo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Pilar Milagros Paz Maza

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.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													✓
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

91 %



Dr. César Edgardo Jiménez Calderón
CIP. 42355

Lima, 01 de Abril del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf.:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Pulpa Alvaro Freddy*
- 1.2. Cargo e institución donde labora: *Coordinador Responsabilidad Social - Decrede T.C.*
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: *Geomorfología, Edafología y Hidrogeología*
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Propiedades físicas del suelo*
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: *Llan Milagro Paz Maza*

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.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, *01* de *Abril* del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. *70190090* Telf.: *942966666*

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Pillpa Aliapa Freddy
 1.2. Cargo e institución donde labora: Coordinador de Responsabilidad Social - Santa T.C.
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Geomorfología, Edafología e Hidrogeología
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Propiedades químicas del suelo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Pilar Milagros Paz Maza

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.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 01 de Abril del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 70298990 Telf.: 942966666

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Pillpa Altaga Freddy
 1.2. Cargo e institución donde labora: Coordinador de Responsabilidad Social - Docente T.C
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Geomorfología, Edafología e Hidrogeología
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Dotación del uso de la bacteria P. putida
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Pilar Milagro Paz Maga

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.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 01 de Abril del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 7029 8990 Telf.: 916 66 666

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:..... *Pillpa Aliapa Freddy*
- 1.2. Cargo e institución donde labora:..... *Coordinador de Responsabilidad Social, Docente, T.C*
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:..... *Geomorfología, Edafología y Hidrogeología*
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:..... *Ficha de Muestreo de Suelo*
- 1.5. Autor(A) de Instrumento:..... *Pilar Milagros Paz Maza*

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.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

85 /
85 /

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima,..... *04* de *Abril* del 2019


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. *7298990* Telf.: *942.66.666*

Anexo 14: Informe del ensayo de mercurio pre tratamiento



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-022**



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

INFORME DE ENSAYO
N° DIC1186M01.R18

Registro N° LE -022

RESULTADOS

N°	Código de Servicio Elemento Fecha Límite de Detección ID	Elementos			
		MOR0000 Fecha Monitoreo	MOR0000 Tipo Muestra	MOR0447 Humedad*	MA0370 Hg mg/Kg PS 0,01
1	PRE T-01	2018-12-18 11:28	Suelos	--	2255,41
2	PRE T-02	2018-12-18 11:28	Suelos	14,4	--
3	PRE T-03	2018-12-18 11:28	Suelos	--	--


LD: Límite de Detección (Límite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.
PS: Peso Seco
La presente Modificación al Informe de Ensayo reemplaza al anterior emitido el 17 de enero del presente, se corrigió el resultado de Hg.

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*


CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas N° 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656 e-mail: certimin@certimin.pe

Fuente: Certimin (2019)

Anexo 15: Informe del ensayo de mercurio muestra control y post tratamiento



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-022



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

INFORME DE ENSAYO
N° ABR1049.R19

Registro N° LE-022

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

RESULTADOS


N°	Muestras		Elementos						
	Codigo de Servicio	Elemento Unidad	MON0000	MON0000	MA1000	MA1000	MA1000	MA1000	MA0370
Limite de deteccion	Fecha Monitoreo	Tipo Muestra	No.* WCS-84	No.* WCS-84	Est.* WCS-84	Altitud mm	mg/Kg PS	mg/Kg PS	0.01
1	M. Control	2019-04-01 14:40	Suelos	8655885.521	284237.464	--	2117.67	1966.45	
2	M.1.1	2019-04-01 14:40	Suelos	8655885.521	284237.464	--	1966.45	1966.45	
3	M.1.2	2019-04-01 14:40	Suelos	8655885.521	284237.464	--	1960.33	1960.33	
4	M.1.3	2019-04-01 14:40	Suelos	8655885.521	284237.464	--	1420.22	1420.22	
5	M.2.1	2019-04-01 14:40	Suelos	8655885.521	284237.464	--	1418.71	1418.71	
6	M.2.2	2019-04-01 14:40	Suelos	8655885.521	284237.464	--	1354.00	1354.00	
7	M.2.3	2019-04-01 14:40	Suelos	8655885.521	284237.464	--	1282.38	1282.38	
8	M.3.1	2019-04-01 14:40	Suelos	8655885.521	284237.464	--	1270.14	1270.14	
9	M.3.2	2019-04-01 14:40	Suelos	8655885.521	284237.464	--	979.86	979.86	
10	M.3.3	2019-04-01 14:40	Suelos	8655885.521	284237.464	--	1222.08	1222.08	
11	M.4.1	2019-04-01 14:40	Suelos	8655885.521	284237.464	--	870.85	870.85	
12	M.4.2	2019-04-01 14:40	Suelos	8655885.521	284237.464	--	709.10	709.10	
13	M.4.3	2019-04-01 14:40	Suelos	8655885.521	284237.464	--	962.33	962.33	

LD: Limite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Limite de Cuantificación del Método LCM.
 Los Concentrados, son datos proporcionados por el cliente
 PS: Peto seco


CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas N° 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656 e-mail: certimin@certimin.pe

Fuente: Certimin (2019)

Anexo 16: Metodología usada en el análisis de mercurio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-022**



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

INFORME DE ENSAYO
N° ABR1049.R19

Registo N° LE-022

MÉTODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Análisis	Designación	Cod. Serv.	Descripción
1	Nor*	Norte	MA1000	Estandar GPS
2	Est*	Este	MA1000	Estandar GPS
3	Altitud*	Altitud	MA1000	Estandar GPS
4	Mercurio	Mercurio	MA0370	EPA Method 7471 B, Rev 2, 2007, Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold Vapor Technique).

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(1) SMEVW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
 APHA : American Public Health Association.
 AWWA: American Water Works Association.
 WEF: Water Environment Federation.
 EPA: Environmental Protection Agency.
 ASTM: American Society for Test and Materials.
 ISO: International Organization for Standardization.
 NTP: Norma Técnica Peruana.
 NIOSH: The National Institute for Occupational Safety and Health.

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas N° 645 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656 e-mail: certimin@certimin.pe

Fuente: Certimin (2019)

Anexo 17: Informe del análisis fisicoquímico de la muestra pre tratamiento



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe




Nº 014663

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : PILAR MILAGROS PAZ MAZA
UBICACIÓN : Santa Barbara - Huancavelica . Huancavelica
Datos N: 12° 48' 43. 53" O : 74° 58' 25. 58" altitud: 4256. 8 m.s.n.m.
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
-FECHA DE ANALISIS : La Molina, 20 de diciembre de 2018


Número de muestra Lab.	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
14663	PRE -T-04 Prof. 0.15 m.	1.50	64.04	32.36	3.60	6.72	1.35	25.90	154.00	15.91	8.79	8.30	0.30	0.03	0.16	-




LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Facultad de Ingeniería Agrícola
 Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO

Fuente: UNALM (2019)

Anexo 18: Informe del análisis fisicoquímico de la muestra control



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe




Nº 015047

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : PILAR PAZ MAZA
PROCEDENCIA : Santa Bárbara - Huancavelica- Huancavelica
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de abril 2019


Número de muestra Lab.	Campo	CE dS/m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables				
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na
15047	M. Control	2.59	67.12	29.57	3.31	5.91	1.36	59.40	-	10.69	10.34	0.17	0.03	0.08	0.07

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miquel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO



Fuente: UNALM (2019)

Anexo 20: Informe del análisis fisicoquímico de M 1.2


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 015049

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : PILAR PAZ MAZA
 PROCEDENCIA : Santa Bárbara - Huancavelica- Huancavelica
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de abril 2019


Número de muestra		CE ds / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables									
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	Cic total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺			
Lab.	Campo																			
15049	M 1.2	3.59	67.12	27.57	5.31	7.14	5.57	72.18	486.00	5.19	17.45	16.40	0.76	0.03	0.26					




LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO

Fuente: UNALM (2019)

Anexo 21: Informe del análisis fisicoquímico de M 1.3



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe




Nº 015050

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : PILAR PAZ MAZA
 PROCEDENCIA : Santa Bárbara - Huancavelica- Huancavelica
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de abril 2019



Número de muestra Lab.	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables				
			Arena %	Limo %	Arcilla %						CIC Total	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺ ,H ⁺
15050	M 1.3	2.22	61.12	23.57	15.31	7.39	4.42	438.00	37.68	13.85	12.40	0.87	0.04	0.44	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA, MEDIO AMBIENTE Y FERTILIZANTES
 Facultad de Ingeniería Agrícola
 Ing. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO

Fuente: UNALM (2019)

Anexo 22: Informe del análisis fisicoquímico de M 2.1

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA


DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 015051

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : PILAR PAZ MAZA
 PROCEDENCIA : Santa Bárbara - Huancavelica- Huancavelica
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de abril 2019


Número de muestra		Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables				
				Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
15051		M 2.1	1.42	61.12	33.57	5.31	Francos arenoso	7.50	3.62	78.73	458.00	26.51	22.17	21.10	0.64	0.12	0.31




LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA, SUELO
 Ing. Msc. Micaela Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO

Fuente: UNALM (2019)

Anexo 23: Informe del análisis fisicoquímico de M 2.2



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe




Nº 015052

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : PILAR PAZ MAZA
PROCEDENCIA : Santa Bárbara - Huancavelica- Huancavelica
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de abril 2019

Número de muestra Lab.	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables Cmol (+) / Kg					
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ Na ⁺ K ⁺	Al ³⁺ ·H ⁺				
15052	M 2.2	2.36	63.12	32.57	4.31	7.46	2.72	64.33	362.00	24.84	21.75	20.82	0.47	0.16	0.29	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. MSc. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO

Fuente: UNALM (2019)

Anexo 25: Informe del análisis fisicoquímico de M 3.1



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015054

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : PILAR PAZ MAZA
 PROCEDENCIA : Santa Bárbara - Huancavelica- Huancavelica
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de abril 2019


Número de muestra Lab.	Campo	CE dS/m	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na	K ⁺	Al ³⁺ -H ⁺
15054	M 3.1	2.80	64.12	22.57	13.31	7.40	4.04	103.67	428.00	47.72	15.82	14.34	0.87	0.21	0.41	-
											Cmol (+) / Kg					




LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO

Fuente: UNALM (2019)

Anexo 26: Informe del análisis fisicoquímico de M 3.2



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS Y FERTIRRIEGO
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe




Nº 015055

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : PILAR PAZ MAZA
 PROCEDENCIA : Santa Bárbara - Huancavelica- Huancavelica
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de abril 2019


Número de muestra Lab.	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables Cmol (+) / Kg					
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	Cic total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
15055	M 3.2	3.29	65.12	22.57	12.31	7.45	3.62	102.10	418.00	22.33	14.52	13.34	0.75	0.10	0.33	-




LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO

Fuente: UNALM (2019)

Anexo 28: Informe del análisis fisicoquímico de M 4.1



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fla@lamolina.edu.pe




Nº 015057

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : PILAR PAZ MAZA
PROCEDENCIA : Santa Bárbara - Huancavelica- Huancavelica
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de abril 2019

Número de muestra Lab.	CE		Análisis Mecánico			pH	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
	dS / m	Relación 1:1	Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
15057	2.12		65.48	19.21	15.31	7.47	4.18	110.69	418.00	44.65	15.19	13.73	0.93	0.15	0.39	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Facultad de Ingeniería Agrícola
 Ing. Mónica A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO

Fuente: UNALM (2019)

Anexo 29: Informe del análisis fisicoquímico de M 4.2



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015058

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : PILAR PAZ MAZA
 PROCEDENCIA : Santa Bárbara - Huancavelica- Huancavelica
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de abril 2019

Número de muestra Lab.	Campo	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
			Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	Ca ⁺⁺ total	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺
15058	M 4.2	2.80	63.34	21.35	15.31	7.50	3.80	99.79	418.00	34.88	16.50	15.32	0.84	0.03	0.32	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO

Fuente: UNALM (2019)

Anexo 30: Informe del análisis fisicoquímico de M 4.3



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015059

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : PILAR PAZ MAZA
 PROCEDENCIA : Santa Bárbara - Huancavelica- Huancavelica
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 01 de abril 2019

Número de muestra Lab.	Número de muestra		CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables				
	Campo	M 4.3		Arena %	Limo %	Arcilla %						Textura	CIC Total	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	Na ⁺ K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺
15059		M 4.3	3.37	63.88	23.81	12.31	7.51	4.08	460.00	35.16	17.49	15.80	1.10	0.17	0.42	-



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguéla Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO


Fuente: UNALM (2019)

Anexo 31: Metodología usada en el análisis fisicoquímico

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS																					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis Mecánico: Textura por el Método de Hidrómetro. 2. Conductividad eléctrica: C.E. Lectura de extracto de relación suelo agua 1:1 y extracto de la pasta saturada. 3. pH. Método de potenciómetro, relación suelo-agua 1:1 y en la pasta saturada. 4. Calcio total: Método gaso-volumétrico. 5. Materia orgánica: Método de Walkley y Black % M.O. = % C x 1,724 6. Nitrógeno total: Método Micro Kjeldahl. 7. Fósforo: Método de Olsen Modificado, Extracto, NaHCO_3 0.5M, pH = 8.5 8. Potasio Disponible: Extracto Acetato de Amonio 1N, pH 7.0 9. Capacidad de Intercambio Catiónico: Acetato de Amonio 1N pH 7.0 10. Cambiables: Determinaciones en extracto Amónico. Ca^{2+} : Espectrofotometría de Absorción Atómica. Mg^{2+} : Espectrofotometría de Absorción Atómica. K^+ : Espectrofotometría de Absorción Atómica. Na^+ : Espectrofotometría de Absorción Atómica. 	<ol style="list-style-type: none"> 11. Iones Solubles <ol style="list-style-type: none"> a. Cationes Solubles: Ca^{2+} : Espectrofotometría de Absorción Atómica. Mg^{2+} : Espectrofotometría de Absorción Atómica. K^+ : Espectrofotometría de Absorción Atómica. Na^+ : Espectrofotometría de Absorción Atómica. b. Aniones Solubles: Cl^- : Volumétrico: Nitrato de Plata. CO_3 : Volumétrico: Ácido Clorhídrico. HCO_3 : Volumétrico: Ácido Clorhídrico. SO_4 : Tubidimétrico: Sulfato de Bario. NO_3 : Colorimétrico. 12. Yeso Soluble: Solubilización con agua y precipitación con acetona. 13. Boro Soluble: Colorimétrico, Método de la Curcumina. 																				
INTERPRETACIÓN																					
<p>C.E. (Sales) Según respuesta de los cultivos (ds/m)</p> <p>Muy ligeramente Salino : < 2 Ligeramente Salino : 2 - 4 Moderadamente Salino : 4 - 8 Fuertemente Salino : 8 - 16 Extremadamente Salino : > 16</p>	<p style="text-align: center;">DISPONIBLES</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Clase</th> <th>Materia Orgánica</th> <th>Calcáreo Total $\text{CaCO}_3\%$</th> <th>Fósforo P (ppm)</th> <th>Potasio K (ppm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bajo</td> <td>< 2%</td> <td>< 1%</td> <td>< 7</td> <td>< 100</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>2 - 4%</td> <td>1 - 5%</td> <td>7 - 14</td> <td>100 - 240</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>> 4%</td> <td>> 5%</td> <td>> 14</td> <td>> 240</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">EQUIVALENCIAS 1 mmhos/cm = 1 ds/m 1 cmol(+)kg = 1 meq/100gr</p>	Clase	Materia Orgánica	Calcáreo Total $\text{CaCO}_3\%$	Fósforo P (ppm)	Potasio K (ppm)	Bajo	< 2%	< 1%	< 7	< 100	Medio	2 - 4%	1 - 5%	7 - 14	100 - 240	Alto	> 4%	> 5%	> 14	> 240
Clase	Materia Orgánica	Calcáreo Total $\text{CaCO}_3\%$	Fósforo P (ppm)	Potasio K (ppm)																	
Bajo	< 2%	< 1%	< 7	< 100																	
Medio	2 - 4%	1 - 5%	7 - 14	100 - 240																	
Alto	> 4%	> 5%	> 14	> 240																	
<p style="text-align: center;">REACCIÓN DEL SUELO (pH)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>CIC Efectiva</th> <th>Reacción del Suelo (pH)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 5 meq/100 gr</td> <td>5.1 - 5.5 Fuertemente ácido.</td> </tr> <tr> <td>5 - 10</td> <td>5.6 - 6.0 Moderadamente ácido.</td> </tr> <tr> <td>10 - 15</td> <td>6.1 - 6.5 Ligeramente ácido.</td> </tr> <tr> <td>15 - 20</td> <td>6.6 - 7.3 Neutro.</td> </tr> <tr> <td>> 20</td> <td>7.4 - 7.8 Ligeramente alcalino. 7.9 - 8.4 Moderadamente alcalino.</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">* CIC: Capacidad Intercambiable de Cationes.</p>	CIC Efectiva	Reacción del Suelo (pH)	< 5 meq/100 gr	5.1 - 5.5 Fuertemente ácido.	5 - 10	5.6 - 6.0 Moderadamente ácido.	10 - 15	6.1 - 6.5 Ligeramente ácido.	15 - 20	6.6 - 7.3 Neutro.	> 20	7.4 - 7.8 Ligeramente alcalino. 7.9 - 8.4 Moderadamente alcalino.									
CIC Efectiva	Reacción del Suelo (pH)																				
< 5 meq/100 gr	5.1 - 5.5 Fuertemente ácido.																				
5 - 10	5.6 - 6.0 Moderadamente ácido.																				
10 - 15	6.1 - 6.5 Ligeramente ácido.																				
15 - 20	6.6 - 7.3 Neutro.																				
> 20	7.4 - 7.8 Ligeramente alcalino. 7.9 - 8.4 Moderadamente alcalino.																				

Fuente: UNALM (2019)

Acta de aprobación de originalidad de tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, ELIJER BENITES ALFARO
 docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, Lima Norte (precisar filial o sede),
 revisor(a) de la tesis titulada

Reducción de mercurio en suelos contaminados del Campamento de la Hino Santa Bárbara, usando Presión osmótica aplicada en Huanacavelica.

del (de la) estudiante PAZ MORA Piles Milagros

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrita (a) analizó dicho reporte y concluyó 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.

Lugar y fecha 16/07/2019





 Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:
ELIJER BENITES ALFARO

DNI: 03267259

Evaluó	Dirección de Investigación	Fecha	Responsable de TGE	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
--------	----------------------------	-------	--------------------	--------	---------------------------------

Software Turnitin

Feedback Studio - Google Chrome
https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?o=1147247297&cs=&u=1077861185&student_user=1&lang=es

feedback studio Pilar Milagros PAZ MAZA REDUCCIÓN DE MERCURIO EN SUELOS CONTAMINADOS DEL CAMPAMENTO DE LA MINA SANTA BÁRBARA, HUANCAMELICA USANDO

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

REDUCCIÓN DE MERCURIO EN SUELOS CONTAMINADOS DEL CAMPAMENTO DE LA MINA SANTA BÁRBARA, HUANCAMELICA USANDO *Pseudomona putida*

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:
Paz Maza Pilar Milagros

ASESOR:
Dr.Sc. Benites Alvaro Elmer

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Calidad y Gestión de los Recursos naturales

Resumen de coincidencias

17 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

Número	Fuente	Porcentaje
1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	3 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
4	www.redalyc.org Fuente de Internet	1 %
5	www.probiotek.com Fuente de Internet	<1 %
6	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %

Página: 1 de 54 Número de palabras: 14938 Text-only Report | High Resolution Activado

11/07/2019 1:27 a. m.

Autorización para la publicación de tesis

 UCV <small>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</small>	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : 606-PP-PP-0002 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---	--

yo Pilar Malayo Paz Maza.....
 identificado con DNI N.º 43296354..... egresado de la Escuela
 Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo,
 autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de
 mi trabajo de investigación titulado

"Reducción de mercurio en suelos contaminados
del campamento de la mina Santa Bárbara
en el distrito Pucallpa, ubicada en Huancabamba".....

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>)
 según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822 Ley sobre Derechos de
 Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....



Pilar Malayo Paz Maza
 FIRMA

DNI: 43296354.....

FECHA: 16 de Julio..... de 2019.

SÍ/NO	Dirección de Investigación	Revisión	Firma y sello de UCV	ACORDO	Vicerrectoría Investigación
-------	----------------------------	----------	----------------------	--------	-----------------------------

Autorización de la versión final del trabajo de Investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Paz Maza Pilar Milagros

INFORME TITULADO:

“Reducción de mercurio en suelos contaminados del Campamento de la mina Santa Bárbara usando *Pseudomonas putida* en Huancavelica ”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERA AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 16/07/2017

NOTA O MENCIÓN: 17



Dr. Elmer Benites Alfaro

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

NRO. 02 -20/I