



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA AMBIENTAL

Reducción de la concentración de mercurio presente en suelo forestal
mediante nanopartículas de hierro, Huepetuhe-Madre de Dios.

**TESIS PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTORA:

Ambia Yaure, Lourdes Eva (ORCID:0000-0003-2350-3391)

ASESOR:

Dr. Valverde Flores, Jhony Wilfredo (ORCI: 0000-0003-2526-112X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA — PERÚ

2021

Dedicatoria

La presente investigación está dedicada a mi madre, padre, hermanos y docentes, por haber sido el cimiento durante los momentos extenuantes a lo largo del desarrollo de la carrera.

Agradecimiento

Agradecer a Dios, a la Universidad Cesar Vallejo, en especial al ingeniero Jhonny Wilfredo Valverde Flores mis por el apoyo brindado durante el desarrollo de la investigación presentada.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de tablas.....	V
Índice de figuras	VII
Índice de Abreviaturas	VII
Resumen.....	IX
Abstract	X
I. INTRODUCCIÓN	01
II. MARCO TEÓRICO.....	05
III. METODOLOGÍA.....	27
3.1 Diseño de investigación.....	27
3.2 Tipo de investigación.....	27
3.3 Nivel de investigación.....	28
3.4 Variables de operalización.....	28
3.5 Población, muestra y muestreo.....	29
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
3.7 Procedimientos.....	33
3.8 Método de análisis de datos.....	45
3.9 Aspectos éticos.....	45
IV. RESULTADOS.....	46
V. DISCUSIÓN.....	66
VI. CONCLUSIONES.....	68
VII. RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS.....	70
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: Parámetros de ECA suelo	18
Tabla 2: Concentración de referencia tolerantes por tipo de suelo	18
Tabla 3: Criterios de remediación de suelos, valores máximos permisibles.....	19
Tabla 4: Porcentaje de validación.....	32
Tabla 5: Relación de nanopartículas de hierro y muestra de suelo.....	41
Tabla 6: Equivalencia de nanopartículas de hierro y agua.....	42
Tabla 7: Concentración de mercurio en suelo testigo.....	46
Tabla 8: Textura de suelo testigo.....	46
Tabla 9: Características de suelo testigo.....	47
Tabla 10: Resultados de pH con tratamiento.....	48
Tabla 11: Resultados de la conductividad eléctrica con tratamiento.....	49
Tabla 12: Resultado de % de humedad en las muestras tratadas.....	51
Tabla 13: Eficiencia % de la humedad en suelo tratado.....	52
Tabla 14: Resultados de concentraciones de mercurio.....	53
Tabla 15: Resumen de resultados de concentraciones de mercurio.....	55
Tabla 16: Eficiencia de las nanopartículas de hierro.....	56
Tabla 17: Prueba de normalidad reducción de mercurio	57
Tabla 18: Prueba de homogeneidad para reducción de mercurio	58
Tabla 19: Prueba de T-Student para reducción de mercurio	58
Tabla 20: Prueba de normalidad para concentraciones de nanopartículas de hierro.....	62
Tabla 21: Prueba de homogeneidad para concentraciones de nanopartículas de hierro.....	62
Tabla 22: Prueba de T-Student para concentraciones de nanopartículas de hierro.....	63

Tabla 23: Prueba de eficacia de nanopartículas de hierro.....	63
Tabla 24: Prueba de homogeneidad de nanopartículas de hierro.....	64
Tabla 25 Prueba de Tukey para eficacia de nanopartículas de hierro.....	65

índice de figuras

Figura 1: Mercurio en el ambiente amazónico.....	21
Figura 2: Suelos de la zona I muestreada.....	34
Figura 3: Recolección de la muestra de la zona I.....	34
Figura 4: Suelos de la zona II muestreada.....	35
Figura 5: Recolección de muestras de la zona II.....	35
Figura 6: Ubicación de puntos de muestreo.....	36
Figura 7: Elaboración de nanopartículas de hierro.....	37
Figura 8: Diseño del área de trabajo en 3D.....	38
Figura 9: Temperatura de ambiente.....	39
Figura 10: Características de suelo testigo.....	39
Figura 11: Muestras de suelo contaminado	40
Figura 12: Pesaje de muestra para remisión a laboratorio.....	40
Figura 13: Pesaje de nanopartículas de hierro.....	41
Figura 14: Procedimiento de preparación de nanopartículas de hierro con muestras de suelo.....	43
Figura 15: Muestreo y análisis de suelo al cabo de 24 horas.....	44
Figura 16: Muestreo y análisis de suelo al cabo de 48 horas.....	44
Figura 17: Muestreo y análisis de suelo al cabo de 72 horas.....	45
Figura 18: Comparación de suelo testigo y muestra (M2).....	59
Figura 19: Comparación de suelo testigo y muestra (M3).....	60
Figura 20: Comparación de suelo testigo y muestra (M4).....	60

Índice de abreviaturas

ONG	Organismo no gubernamental
SANIPES	Organismo Nacional de Sanidad Pesquera.
OMS	Organismo Mundial de la Salud.
nZVI	Nanopartículas de hierro cero valente.
RNIP	Nanohierro.
ECA	Estándares de Calidad Ambiental.
EPA	Agencia de Protección Ambiental.
FAO	Organismo de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
INACAL	Instituto de Nacional de Calidad.
RnZVI	Ramnolipidos de nanopartículas de hierro

Resumen

La presencia de mercurio en suelo forestal producto de las actividades mineras de procesamiento, durante años han significado una contaminación por mercurio en la región Madre de Dios, factores ambientales como clima, microorganismos, recurso hídrico, han contribuido en la difusión del mercurio en la cadena trófica afectando el ecosistema de la zona y poblaciones cercanas; la presente investigación plantea el uso de las nanopartículas de hierro para reducir la presencia de mercurio presentes en suelos forestales.

La parte experimental se realizó con muestras de suelo extraídas de campamentos mineros ubicadas en el distrito de Huepetuhe, las cuales se sometieron a tres concentraciones de nanopartículas de hierro, signadas como muestras M2, M3 y M4 a las que se adicione concentraciones de nanopartículas de hierro 2.5 mg/kg, 5 mg/kg y 7.5 mg/kg respectivamente, finalmente cada muestra fue analizada al cabo 24 horas, 48 horas y 72 horas, a fin de conocer con mayor certeza la reducción de las concentraciones de mercurio.

Los resultados obtenidos a las concentraciones de nanopartículas de hierro 2.5 mg/kg, 5 mg/kg y 7.5 mg/kg, mostraron una eficiencia de 72%, 50% y 77% respectivamente, en la reducción de mercurio presente en el suelo, siendo la dosis optima de 7.5mg/kg.

Palabras clave: Mercurio, Nanopartículas de hierro, suelo forestal.

Abstract

The presence of mercury in the forest soil as a result of mining processing, for years has meant mercury contamination in the Madre de Dios region, environmental factors such as climate, microorganisms, water resources, etc. have contributed to the spread of mercury in the trophic chain, affecting the ecosystem of the area and nearby populations; The present research proposes the uses of iron nanoparticles to reduce the presence of mercury in forest.

The experimental parts were carried out with soil samples extracted from mining camps located in the Huepetuhe district, which were subjected to three concentrations of iron nanoparticles, labeled as sample M2, M3 and M4, to which iron nanoparticles concentrations of 2.5 mg/kg, 5mg/kg and 7.5 mg/kg were added respectively. Finally, each sample was analyzed after 24 hours, 48 hours and 72 hours, in order to know with greater certainty, the reduction of mercury concentrations.

The results obtained at the concentrations of iron nanoparticles 2.5mg/kg, 5mg/kg and 7.5mg/kg, showed an efficiency of 72%, 50% and 77% respectively, in the reduction of mercury present in the soil, being the optimum dose of 7.5 mg/kg.

Keywords: Mercury, Iron nanoparticles, forest floor

I.INTRODUCCIÓN

La contaminación de suelo producto de las actividades humanas se ha convertido en un problema mundial, debido a la implicancia en las afecciones a la salud y al medio ambiente, los principales contaminantes han sido grasas y minerales metálicos, siendo uno de estos contaminantes el mercurio, debido a su toxicidad para los ecosistemas y los humanos, factores naturales y antropogénicos han contribuido para que este mineral llegue con facilidad al suelo, agua y atmosfera, que al contacto con microorganismos ha incrementado su toxicidad y facilidad para llegar a la cadena trófica.

Los suelos forestales en la que hasta hace algunos años atrás existían especies forestales como Anacaspi, Achihua, Tornillo, Cedro y otras, han sido talados, tumbados o extraídos desde la raíz para dar paso a un cambio de uso rotundo con la instalación de los chutes, dragas, cárcavas y campamentos mineros, cambiando así la calidad de los suelos forestales a suelos erosionados y contaminados por estas actividades.

El uso de mercurio en el distrito de Huepetuhe, en los procesos artesanales de amalgamación y refogeo, que debido a la impericia de los pobladores ha implicado la difuminación de este mineral en el suelo, agua, atmosfera y población aledaña, producto de ello la población cercana a estas áreas han sido los principales afectados, quienes sufren de daños múltiples en el organismo, según el Ministerio de Salud al 2018 en esta ciudad se han recibido casos por intoxicación de mercurio, quienes han mostrado parálisis en miembros, pérdida de memoria, vómitos, mareos, entre otros síntomas que no han podido ser tratadas debido a la falta de centros médicos y equipos para tratar intoxicación de mercurio.

Los procesos artesanales de quemado y amalgamación de oro, donde el principal insumo es el mercurio, los cuales son derramados en el suelo producto desconocimiento, inexperiencia, rutina o inexistencia de equipos adecuados para la recuperación de oro, vienen afectando el agua, aire y suelo; asimismo estudios realizados por la ONG canadiense Artisanal Gold Council determinaron que en la

provincia de Madre de Dios se arrojan 181 toneladas de mercurio al suelo anualmente producto de las actividades mineras, monto que podría incrementarse a medida que aumentan personas dedicadas a esta actividad.

La presencia de mercurio en la zona ha generado impactos que se ha extendido producto de las constantes precipitaciones que inundan la zona, esto ha conllevado que el mercurio sea adherido y absorbido por algunos microorganismos, plantas y peces convirtiéndose en metilmercurio o mercurio orgánico, tal es el caso que en el año 2016 el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES), prohibió el consumo del pez mota punteada, al determinarse que pobladores de la comunidad nativa Maizal se venían intoxicando debido a su principal fuente de alimentación la pesca del pez antes descrito, encontrándose en el cabello de un indígena 27 ppm de mercurio, cuando el límite máximo es de 1 ppm según lo indicado por el Organismo Mundial de la Salud.

El uso de diferentes herramientas y acceso a la tecnología, han hecho posible realizar estudios para determinación de presencia de mercurio en la zona, así como se han iniciado con el uso de métodos de fitorremediación in situ para absorber el mercurio acumulado en la zona, estudios que resultarían beneficios para el suelo a largo periodo.

Las nuevas estrategias tecnológicas nos han puesto de manifiesto la efectividad de las nanopartículas de hierro en la reducción de diversos contaminantes en el agua y suelo, los cuales redujeron las concentraciones de Hg, Cu, Zn, Cd y Pb, cuyos resultados fueron positivos debido a su versatilidad de uso que redujo costos y facilito la obtención de resultados momentáneos, por lo cual el uso de las nanopartículas podría resultar beneficiosos en la zona con la reducción de concentración de mercurio en el suelo.

Finalmente, la presente investigación busca reducir la concentración de mercurio en los suelos forestales contaminados productos de las actividades mineras en el distrito de Huepetuhe, a partir del uso de las nanopartículas de hierro.

Asimismo, la presente investigación plantea como problema general ¿En cuánto las nanopartículas de hierro reducirán las concentraciones de mercurio presente en suelos forestales, Huepetuhe-Madre de Dios?, mientras que los problemas específicos son ¿Cuál será la dosis óptima de las nanopartículas de hierro para reducir la concentración de mercurio en suelos forestales, Huepetuhe-Madre de Dios? ¿Cuál será la concentración de mercurio en suelos forestales, antes y después de la aplicación de nanopartículas de hierro en Huepetuhe-Madre de Dios?.

Por otro lado, el trabajo se justifica en la necesidad de reducir los impactos generados en el suelo y población, producto del uso indiscriminado del mercurio en la actividad minera en el distrito de Huepetuhe, que debido a su alta toxicidad y fácil asimilación de organismos ha permitido que este llegue a la cadena trófica.

Asimismo, el presente estudio ofrecerá un bien social a los pobladores de la zona, al reducir las altas concentraciones de mercurio en el suelo se podrá recuperar la calidad del suelo y con ello reactivar actividades económicas como agricultura y piscigranjas que benefician a la población y entorno natural.

El uso eficaz de las nanopartículas de hierro, como alternativa viable en la reducción de las concentraciones de mercurio en el suelo, propone estudios que reduzcan costos y tiempo, con resultados favorables que mejoren las condiciones del ambiente de manera eficaz.

La presente investigación, es de suma importancia por cuanto nos permitirá conocer la eficacia de las nanopartículas de hierro en remediación de suelos forestales contaminados por mercurio, metodología que contribuirá con la conservación del medio ambiente, recuperación de áreas afectadas producto de actividades mineras con uso de mercurio, así como mejorará las condiciones de vida de las poblaciones aledañas al área de estudio.

Del mismo modo, la presente investigación ha planteado como objetivo general, determinar la capacidad reductiva de las nanopartículas de hierro para reducir la concentración de mercurio presente en suelo forestal, Huepetuhe-Madre de Dios, así como los objetivos específicos determinar la dosis óptima de las nanopartículas de hierro para reducir la concentración de mercurio en suelos forestales, Huepetuhe-

Madre de Dios y determinar la concentración de mercurio en suelos forestales, antes y después de la aplicación de nanopartículas de hierro en Huepetuhe-Madre de Dios.

Del mismo modo se tiene como hipótesis general H1: Las nanopartículas de hierro tienen la capacidad de reducir las concentraciones de mercurio presente en suelos forestales, Huepetuhe-Madre de Dios, H0: Las nanopartículas de hierro no tienen la capacidad de reducir las concentraciones de mercurio presente en suelos forestales, Huepetuhe-Madre de Dios mientras que las hipótesis específicas la dosis óptima de las nanopartículas de hierro para reducir la concentración de mercurio en suelos forestales, Huepetuhe -Madre de Dios, es de 7.5 mg/kg. Y la concentración de mercurio en suelos forestales se reducirá en 100% después del tratamiento con nanopartículas de hierro en el distrito de Huepetuhe-Madre de Dios.

II.MARCO TEÓRICO

Los suelos del distrito de Huepetue, se caracterizan por tener escasos nutrientes o ser pobres esto debido a su litología y por la meteorización causada por la temperatura y alta humedad, así como el lavado frecuente del suelo producto de las lluvias e inundaciones, por otro lado, los suelos de esta zona se caracterizan por tener un pH ácido de entre (3-6), con medio a baja carga orgánica, estos suelos se encuentran aún en formación puesto que a la apertura de una calicata los horizontes se sobreponen, contando con una textura franca, arcilloso, arenoso, de acuerdo a la zona.

Los suelos utilizados para actividades mineras auríferas en la región Madre de Dios, son contaminadas por diferentes metales como (Ba, As, Cd, Hg, Cu, V, Zn, Ni, Cr), especialmente en la concesión minera Fortuna Milagritos S.R.L del centro poblado Fortuna, de las cuales se extrajeron muestras que analizaron y determinaron de características fisicoquímicas, así como se obtuvo los siguientes resultados Ba (29.80 mg/kg), As (1.90 mg/kg), Cd (2.22 mg/kg), Hg (no se detectó), Cu (12.67 mg/kg), V (12.03 mg/kg), Zn (26.65 mg/kg), Ni (7.93 mg/kg), Cr (7.95 mg/kg). Velásquez M. (2017).

La presencia de mercurio en las zonas de actividad minera y tiendas de refogeo, se debe principalmente al excesivo uso de este insumo modo amalgamador, las tiendas son áreas donde la concentración de mercurio en forma de vapor son altas, los cuales no son perceptibles por los trabajadores, según Brown, Hasan (2020) quien utilizó el equipo Lumex y determinó las concentraciones de mercurio gaseoso en las tiendas de Mazuco, los datos obtenidos precisaron que estas tiendas podrían emitir mercurio gaseoso superior a $2,000.00 \text{ ng/m}^3$, cuando la exposición de una persona debe ser inferior a $2,000 \text{ ng/m}^3$ en un lapso de 24 horas.

Según el artículo científico publicado por Osore, Rojas (2012), respecto a la minería informal e ilegal desarrollada en Madre de Dios y la contaminación generada por el uso de mercurio, documento en el cual refiere la problemática del uso excesivo del mercurio producto de las actividades mineras, por otro lado indica

que en los últimos años en la región se han descargado aproximadamente 400 toneladas de mercurio, quedando de esta manera que el suelo de las zonas donde se desarrolla las actividades mineras se encuentran contaminadas por mercurio, el cual en temporadas de precipitación se inunda y esto conlleva a que los ríos y toda la zona inundada.

El mercurio en el ambiente resulta ser tóxico, más aún cuando entra en contacto con microorganismo, Gaona, (2004) estudió el mercurio como contaminante, a través de métodos y técnicas establecido presencia de mercurio en el suelo y redujo su liberación al medio ambiente, publicación en el cual a las muestras de suelo se aplicaron diversas técnicas de remediación como ICP-AES que permitió cuantificar la presencia del mercurio, técnica electroforesis para determinar mercurio en suelos acuoso, microscopia eléctrica para obtener imágenes del intercambio iónico, técnica de absorción y fluorescencia de rayos X, técnica de intercambio iónico para producción de hidróxidos alcalinos.

Por otro lado la difuminación del mercurio en la zona de actividad minera y zonas contiguas, ha generado que el mercurio en el ambiente se convierta en metilmercurio, la fase más toxica del mercurio, capaz de llegar a múltiples organismos, por ello Gonzales, Arain y Fernández (2019), realizaron un estudio en Madre de Dios en el cual se analizó una población de 200 mujeres de entre 18 y 49 años, a las cuales les extrajeron muestras de cabello que fueron analizadas, determinándose que 67 femeninas de la comunidad Boca Amigo tenían concentraciones superiores a 30,1 $\mu\text{g/g}$, esto debido a su alimentación con pescado y a la ubicación de la población.

Asimismo, la contaminación por el uso del mercurio ha generado que estos se expandan en el aire, aguas suelos, produciéndose el metilmercurio y siendo el agua una de las fuentes principales de dispersión, según Martínez, Todorova, Araujo (2018), realizó un estudio a partir de la captura de 308 peces en dos temporadas secas (agosto) y húmedas (febrero), así como analizó los sedimentos de los ríos, determinándose en el sedimento del rio Malinowski en temporada húmeda 29.1 y 27,9 $\mu\text{g/kg}$ y en temporada seca 13.9 y 15.6 $\mu\text{g/kg}$, mientras que los peces del rio

Tambopata tenían un valor 27% por encima del criterio, Malinowski 9% y río Heart 13% por encima del nivel, cuando lo permitido por la USEPA es de 0.03 mg Hg/kg.

Del mismo modo la presencia de mercurio en el suelo de Madre de Dios, es evidente en zonas de actividad mineras, mientras que en las zonas contiguas estas concentraciones pueden ser pocas o nulas, Pierre (2019), investigó los niveles de mercurio en suelos alterados por la minería ilegal, en la comunidad de San Jacinto, provincia de Tambopata-Madre de Dios, para ello se ubicó 08 puntos de muestreo, extrajo muestras y posteriormente se trasladaron a un laboratorio y se sometieron a análisis, resultando que muestra Nro.4 y 8 tuvieron mayores concentraciones de Hg 0.058 0.059 mg/kg respectivamente.

Otro estudio corrobora la información relacionada a la bioacumulación de mercurio en peces y posterior acumulación en personas cuyo principal alimento es el pescado, Feingold, Berky (2020), estudiaron una población de 723 personas instaladas en la carretera interoceánica, de las cuales extrajeron muestras de cabello que fueron analizadas, finalmente se determinó que 44.4 % de la población analizada superan los 2,2 µg/g, esto debido a la zona donde residen y al consumo constante de mercurio.

Por otro lado, respecto al tratamiento del mercurio existen varias técnicas desarrolladas In situ y Ex situ, Caiza F. (2018), permitió conocer la problemática del mercurio en el suelo y sus tratamientos, precisando que el mercurio más tóxico para los humanos es el metilmercurio generado por microorganismos, por otro lado existen diferentes tratamientos que pueden realizarse in situ o ex situ, siendo las más recomendables las técnicas de fitorremediación, fito extracción, por otro lado otra tecnología que se viene insertando es el uso de la nanotecnología con el uso de sulfuro de hierro, el cual ha resultado eficiente en la reducción de otros contaminantes.

Hoy en día existen diversas técnicas para reducir el mercurio según Paisio y Gonzáles (2012), realizaron una investigación respecto a diversas técnicas de remediación de mercurio, como la biorremediación con organismos gen "Operon

mer”, como: *Pseudomonas*, *Psychrobacter*, *P. Baleárica*, *P. Putida spi3*, *Bacillus Cereus*, *Lentinus Edodes*, entre otros; otra alternativa es la fitorremediación con el uso de plantas como *Juncus Maritimus*, *Silene Vulgaris*, *Nerium Oleande*, *Typha Latifolia*, entre otras plantas.

Por otro lado las técnicas de recuperación de suelos contaminados por mercurio, la fitorremediación es una alternativa según Vidal, Marrugo (2010), utilizaron Guarumo (*Cecropia Peltata*) para evaluar la capacidad fitorremediadora de suelos contaminadas por mercurio del distrito de Barranco de Loba- Bolivia, para ello se cultivaron 40 plantas de Guarumo en suelos de actividades mineras, analizadas las muestras de mercurio usando la técnica de vapor frío con espectroscopia de absorción, se conoció que las mayores concentraciones de mercurio estaban en las raíces seguida de las hojas y tallo, absorbiendo en 4 meses a 33.1% de mercurio.

Asimismo según Li, Qi, Ibeanusi (2021), quienes extrajeron muestras de suelo de sedimentos recolectadas en sitio de ORR, área contaminada con mercurio, asimismo los suelos estaban compuestas por cepas tolerantes a mercurio, posteriormente se preparó un caldo nutritivo con 1 litro de agua, la mezcla se esterilizo y se añadieron 0.5 g de la muestra de suelo, se cultivó a 30°C y se agito a velocidad constante de 120rpm, al cabo de 4 días se recolectaron 2 mL del sobrenadante y se cultivaron en otro matraz, posteriormente se extrajeron el ADN genómico total de la muestra en agua y suelo a través del método ADN Power Soil, finalmente la muestra inicial de suelo contenía 69.4 mg Hg/g mientras el sedimento contenía 55.5 mg Hg/g, concluido el experimento el suelo de cultivo se redujo en 24.3%, mientras que en los suelos de sedimento se redujo 52.9%.

Por otro lado la investigación realizada en el Golfo Pérsico, en la cual se obtuvieron muestras de sedimentos de 6 sectores posteriormente se trasladaron a laboratorio se dejaron secar y tamizaron para después obtener muestras y se determinó la concentración de mercurio a través de espectrometría de absorción atómica, posteriormente se extrajeron 1g muestras de suelo a las que se incorporó 4mL ácido nítrico y 2 mL ácido sulfúrico se introdujo al horno a 90°C por 3 horas y

finalmente se adiciono cloruro de estaño, asimismo nuevamente se analizó las concentraciones de mercurio determinándose el valor $3.24 \pm 0.28 \mu\text{gg}^{-1}$ del peso seco del sedimento, del análisis realizado se determinó que las zonas con mayor concentración de mercurio fueron complejo de construcción naval $3,95 \pm 0.27$, muelle de Shahid Rajaei 3.33 ± 0.38 , muelle de Shahid Bahonar $3,75 \pm 0.27$, Elsagh, Jalilian y Ghaderi (2021).

Por otro lado tenemos a la biorremediación, método en la cual se determinó la capacidad de bioadsorción de la *Escherichia Coli* en suelos contaminados por mercurio en el distrito de Ascensión, Huancavelica, estudio en el cual determinaron los parámetros fisicoquímicos, concentración de mercurio en el suelo 9.4 mg/kg , por otro lado se preparó cultivos inoculados con *Escherichia Coli*, posteriormente estas se aplicaron a la muestra de suelo, durante un periodo de tiempo de 60, 90 y 120 minutos, obtenido a los 120 minutos el 83.2% de Hg reducido. Espinoza L, y Manzini Y. (2019).

Otro estudio biorremediación de suelos contaminados con mercurio producto de actividades mineras, realizado por Laricano E. (2018), en la cual a partir del uso de vermicomposta, se dispusieron de 9 bandejas de medidas $0,25 \times 0,25 \times 0,25$, donde se colocaron 3 kg muestra particulada sobre una concentración de mercurio, posteriormente se agregó materia orgánica y 300 lombrices, finalmente se determinó la concentración inicial de mercurio 167.5 mg/kg , y a los 30 días el resultado fue de 63.07, 59.10 y 57.56 mg/kg de mercurio, mientras que a los 45 días 16.15, 15.57 y 17.12 mg/kg, demostrándose que a mayor cantidad de días las lombrices absorben mayor cantidad de mercurio del suelo.

Otra técnica también aplicada es la fitoremediadora utilizada por Pérez, Vidal y Marrungo (2014) quienes evaluaron la capacidad acumuladora de mercurio en el ají (*Capsicum annuum*), en cuya investigación se tomaron dos muestras de la mina Santa Cruz, posteriormente se germinaron 500 semillas de las cuales se extrajeron 150 plantas, se cultivaron en dos unidades de suelo control más contaminado es $7816,07 \text{ ng/g}$ de mercurio y $3552,83 \text{ ng/g}$ de mercurio, al cabo del quinto mes los resultados fueron: Las raíces de *Capsicum annuum* absorbieron $3578,2 \text{ (ng/g)}$ Hg,

por otro lado en la segunda muestra con menor contaminación las raíces absorbió 1812,23 (ng/g) Hg.

Otro postulado importante respecto a la técnica de fitorremediación es la planteada por Buelvas y Rodríguez, (2017), quienes estudiaron a la *Acacia Mangium* con el objetivo de establecer la capacidad remediadora de suelos contaminados por mercurio, para ello se germinaron semillas de *Acacia Mangium*, después se cultivaron las plantas en bolsas aisladas, al cabo de un mes 24 plantas que fueron trasplantaron en macetas, incorporándose suelo contaminado con mercurio en proporción de 1 µg, 2,5 µg y 5 µg, por gramo de suelo, finalmente en el cuarto mes se obtuvieron de la muestra 1 reducción de Hg entre 3% y 9%, muestra 2 13% y 15% y muestra 3 reducción de Hg entre 15% y 25 %.

También con esta técnica se evaluó la capacidad fitorremediadora del Garbancillo (*Astragalus Arequipensis*), en muestras de suelo minero contaminado por mercurio, estudio realizado en la región Puno, Vilcapaza J. (2018), para lo cual se extrajeron muestras de suelo, posteriormente se usaron 20 macetas en las que se introdujo lombricompost, estiércol de bovino y ovino, así como se trasplantó 3 unidades de garbancillo cada una con 8 hojas, se extrajeron 4 muestras con 5 repeticiones cada una, siendo la muestra 1 tomada como testigo; finalmente se determinó el mercurio inicial en 4080.01 mientras que posterior fue: muestra 2 3982.55 ppm Hg, muestra 3 3994.65 ppm Hg, muestra 4 3992.63 ppm de Hg.

La capacidad fitorremediadora de *Inga Edulis Mart.*, en un área contaminada por minería aurífera en el distrito Inambari- Madre de Dios, Según Dueñas J. (2015), quien realizó plantaciones de *Inga Edulis Mart.* manteniendo una distancia entre planta de 3 metros, posteriormente extrajo muestras de suelo y planta (hojas, frutos y tallo), que se sometieron a secado, prensado y pulverizado, finalmente las muestras se empaquetaron y rotularon para ser llevados a laboratorio para análisis de metales pesados, cuyo resultado muestra que la cantidad de mercurio es mínimo por ello dificulta en la detección en laboratorio (< 0.1 O mg/kg).

En el estudio de Arostegui V. (2017), se determinó la concentración de mercurio

en suelo y plátano *Musa Cultivar AAB*, subgrupo *Plantain* en Madre de Dios, investigación se desarrolló en predios agrícolas de las cuales se extrajeron 6 muestras de suelo de los sectores Iberia, Punkiro chico y Sarayacu, y se muestrearon el fruto del plátano *musa cultivar AAB subgrupo plantain*, las muestras que fueron rotuladas y enviadas a laboratorio, el resultado fue ND (<0,10) mg Hg/Kg, se encuentra por debajo de los valores de ECA suelo, por otro lado en el resultado de las muestras de fruta de plátano fueron de ND (<0,010) y 0,09000, determinando que el sector de Punkiri Chico sobrepasan los valores de mercurio en fruta.

Con relación a las actividades mineras en la región Madre de Dios, Velásquez, Vega, Corvera (2020), determinaron los niveles Hg en los suelos impactados por la actividad minera en los sectores de Santa Rita, San Jacinto y Kotzimba, para lo cual identificaron dos tipos de actividades mineras, la minería mínimamente mecanizada (MMM) y la minería altamente mecanizada (HMM), de las cuales extrajeron 162 muestras superficiales (0-20 cm de profundidad), 122 fueron de zonas MMM y 40 HMM, asimismo las muestras correspondieron a zonas impactadas por las actividades mineras y zonas no impactadas, al realizar el análisis del suelo se determinó las concentraciones de mercurio a través del analizador Milestore DMA-80 y USEPA 7473, los resultados que obtuvieron fueron pH alto, los niveles de mercurio fueron (0.01-0.28 mg/Kg), resultados que muestran que la carga de Hg son inferiores a los permitidos según legislación nacional ECA suelo.

Los suelos contaminados por mercurio llevan tratamientos a largos periodos de tiempo y costos elevados, según Diaz, Valdez, Baragaño (2019), estudió la nanoremediación de suelos contaminados con mercurio y arsénico, en la zona de Brown Field -España, asimismo se extrajeron muestras iniciales para determinar la carga de As y Hg, posterior a ello se prepararon las nanopartículas de hierro en medio acuoso y se agregó al área diseñada para el experimento, 2.5% del peso de la muestra, se agregó agua 1:1, finalmente se agregó el suelo y se dejó durante 72 horas, al cabo de 72 horas se analizó las muestras observándose una reducción de As de 1033 mg/Kg a 616 mg/Kg disminución de 40 %, mientras que Hg disminuyó entre 39 y 54 %.

Igualmente Rio (2014), precisó la importancia de eliminar mercurio en el agua con el uso de las nanopartículas, para ello se prepararon nanopartículas de óxido de hierro, posteriormente se habilitaron varias disoluciones conteniendo Hg, siendo la disolución madre con concentración al 92,2 ppm posteriormente se agregó 4,56 mg de $\text{Hg}(\text{ClO}_4)_2$ en 50 mL de agua, y se prepararon 7 tubos de ensayo con distintas concentraciones de mercurio; finalmente con la técnica de espectroscopia infrarroja se determinó que las NP-C2 son eficaces para reducir el mercurio en el agua, al observarse que en una disolución con 20 ppm de Hg se agregó una mínima concentración de NP-C2 y esta eliminó la concentración de Hg en la muestra.

Otra alternativa de solución a la problemática del mercurio en el suelo es la remoción de mercurio a través de barreras biológicas en humedales artificiales inoculando cepas tolerantes a metales pesados, por ello Amabilis, Siebe, Moeller (2016), simularon 9 humedales artificiales, a las cuales posteriormente se saturaron con rocas volcánicas -tezontle con diámetro de 4.2 mm, posteriormente se incorporó agua en volumen aprox. 4 litros finalmente se cultivaron en 3 humedales con cepas bacterianas tolerantes a metales pesados, finalmente los resultados obtenidos fueron 33.94 mg de mercurio y el tratamiento acumuló 11.14 mg.

El uso de la nanotecnología como remediador ambiental ha traído grandes beneficios desde el punto de vista ambiental, Carrillo, R y González C (2009), refirieron que las nanopartículas en suelos se debe caracterizar de acuerdo a la zonas de estudio (localización, tipo de suelo, porosidad, y profundidad, determinación fisicoquímica de los suelos etc.), para la aplicación de nanopartículas se debe considerar el objetivo que se desea reducir, ejemplo las partículas magnetitas sirven para la detección de toxinas, las partículas SnO_2 sirven para el control de gases y la calidad del aire, mientras que las partículas hierro tienen usos en el agua y suelo, donde se ha visto su efectividad en la reducción de microorganismos y algunos metales pesados como Cd, Cr, Cu, Pb, etc.

Las nanopartículas de hierro se caracterizan por su carácter reductor frente a agentes contaminantes, trabajan como catalizadores o absorbentes, asimismo,

Gayo, (2018) comparó la efectividad de dos tipos de nanopartículas de hierro como hierro de valencia cero (nZVI) y goethita (oxihidróxido de hierro III), en la eliminación de metales pesados de suelos contaminados, para lo cual se tomó muestras de suelo y se agregó solución acuosa y se agitó por 12 días para después agregar la nZVI valencia cero y oxihidróxido de hierro III (Fe^{3+}OH), obteniéndose como resultado que las concentraciones de Cd, Pb, Cu y Zn, se redujeron asimismo las nanopartículas nZVI tiene mejores efectos de reducción en Cu y Cd.

Asimismo, existen tipos de nanopartículas según su composición, Negrete y Espinoza (2015), precisó que algunos tipos de nanopartículas en los suelos como: NPs de carbono se encuentran conformadas por los fullerenos, nanotubos y grafeno, mientras que NPs metálicas se encuentra conformada por NPs de oro, plata, óxidos de titanio, sulfuro de cadmio, y seleniuro de cadmio; los dendrímeros y finalmente las nanocomposites; cada grupo tiene diversos usos en el agua, suelo y aire.

Por otro lado el uso de las nanopartículas ha resultado eficaz en la reducción de agentes contaminantes en medios acuosos, Rio M. (2013), demostró la eficacia de las nanopartículas de hierro en la reducción de mercurio en medio acuoso, para lo cual se realizaron la recopilación de muestras contaminadas de agua, los mismos que fueron llevadas a laboratorio donde se realizaron los análisis fisicoquímicos y determinación de agentes contaminantes, posteriormente se analizaron y se sometieron a nanopartículas de hierro cero valente, por otro lado al finalizar la etapa experimental se procedió al análisis final para la determinación de agentes contaminantes, por último se determinó la efectividad de las nanopartículas de hierro en la reducción de contaminantes.

Existen diversos tipos de nanopartículas de hierro, cada una con diferente eficacia en su uso, según Diaz, Baragaño (2017), comparó diferentes nanopartículas de hierro para inmovilizar As y Hg en suelos, investigación mediante el cual realizó la comparación entre nanopartículas de hierro denominadas como RNIP, nZVI y RNIP-D, mismas que fueron utilizadas en muestras de suelo contaminadas con Hg y As, de las cuales con nZVI se redujo entre 41% -43%, mientras que las

nanopartículas RNIP, RNIP-D solo redujeron 10%, asimismo nZVI al realizar el análisis de los suelos no se detectó muestras de metil-mercurio ni etil-mercurio por lo tanto redujo a Hg^0 , Hg^+ y Hg^{2+} , mercurio orgánico.

Las ventajas del uso de nanopartículas de hierro ha ido creciendo por ello muchos investigadores han realizado experimentos con estas, López G. (2017), precisó que la nanotecnología aplicada a remediación ambiental en diversos experimentos realizados en los países de Argentina, Canadá, Ecuador y Paraguay, en la remediación de impactos ambientales, áreas contaminadas por hidrocarburos entre otros, donde se realizaron experimentos in situ obteniendo resultados favorables y viables en la reducción de agentes contaminantes, obteniéndose buenos resultados en corto tiempo y a bajo costo.

Por otro lado, la comparación de la efectividad de tres tipos de nanopartículas de hierro RNIP, RNIP-D y nZVI, en la reducción de As y Hg en suelo de la localidad de Asturias, Gil Diaz, Alonso y Rodríguez (2017), para ello extrajeron muestras de suelo secas y tamizadas, posteriormente determinaron las características físico-químicas, texturas y a través del método de espectrometría de absorción atómica determinaron la carga de As y Hg, la carga de Hg en el suelo A fue de 2900 mg/kg mientras que en el B 2800 mg/kg, mientras que As en el suelo A fue 70.2 y B 25.9 g/kg, al realizar el uso de las nanopartículas el As se redujo 41-43%, 72-78% y 77-82% en suelo A, mientras en B 57-70%, 70-84% y 69-85%; asimismo para Hg en la muestra A los resultados fueron similares y redujeron 5%, mientras que en B se redujo 39%, 44% y 56% nZVI, RNIP, RNIP-D respectivamente.

Respecto a la eficiencia de dos técnicas para remediación de suelos a través de la biorremediación y el uso de nanopartículas de hierro, Galdames, Mendoza y Orueta (2017), extrajeron dos muestras de suelo de Brown Field y Azkoitia, la segunda muestra fue sometida a contaminante controlado, posteriormente ambas muestras se analizaron mediante ICP-MS para determinar cargas metálicas Cr 31.4 y 52.7 As 46.1 y 231.2 mg/kg; asimismo se usaron concentraciones de nanopartículas de hierro valencia cero y se analizaron las concentraciones de As y Cr, después se inoculó microorganismos a las muestras de suelo y se analizaron las

concentraciones de metales, obteniendo que Cr se redujo 34.8 a 33.7 mg/kg en la muestra A y en la muestra B de 61.9 se redujo a 67.8 mg/kg mientras que el As en la muestra A se redujo de 46.1 a 39.0 mg/kg y en la muestra B se incrementó de 231 a 274mg/kg.

Otra técnica también usada es el lavado de suelo y aplicación de las nanopartículas de hierro en suelos contaminados con diversos elementos como Hg, Cu, As, Pb, y Zn, para ello Boente, Sierra y Martínez (2018), realizaron el tamizado de suelo extraído de la mina de Olicio-España, separaron en tamaños <125, 125–500 y 500–2000 μm , dejaron secar a 30°C, mediante espectrometría de emisión óptica se determinó las concentraciones de elementos químicos, después se procedió a extraer 1L de nZVI y se mezcló con 100 gr. de suelo contaminado, agitándose por 2 horas a ritmo de 400 rpm, se continuo la operación hasta finalmente mezclar 10L de solución con 1000 gr de suelo, los resultados arrojaron que los 2000 μm se redujeron significativamente Cu (> 90%), Pb (> 80%) y Sb (60-70%).

Por otro lado respecto a la comparación del comportamiento de metaloide en suelo modificado con nanopartículas de hierro, Vitková, Rákosova y Komarek (2017), extrajeron muestras de suelo del rio Litavka, posteriormente realizaron el tamizado, midieron el pH y determinaron la carga de metales a través de la espectrometría de emisión óptica Pb 3539 mg/kg, Zn 4002 mg/kg, Cd 39mg/kg, posteriormente el suelo se enmendó con nanopartículas de hierro en proporción de 1% (p/p), se mezclaron y se colocaron en macetas que fueron dejadas durante un mes, regándose de manera regular con agua desionizada, posteriormente obtuvieron el pH de ambas muestras, en periodos de 48 y 192 horas, finalmente pasaron por centrifugado y análisis de microscopia electrónica de transmisión, determinándose la carga para Zinc una reducción de 25 % , Cd se redujo entre 23-42%, por otro lado el Pb no mostró cambios significativos.

Respecto a la estabilidad de cadmio en sedimentos fluviales, Xue, Peng y Huang (2018), recolectaron muestras de suelo de sedimentos del rio Xiangjiang -China, posteriormente se determinó el pH, materia orgánica, y Cd a través de espectrometría de absorción atómica, posteriormente se colocaron 0.5 gr de

muestra en tubos centrifuga de 50 mL se incorporó 2.5 mL de suspensión con nZVI (0, 0.01, 0.03, 0.05, 0.1, 0.2%) y al grupo muestra se incorporó RnZVI (Ramnolipidos de nanopartículas de hierro), finalmente se muestrearon del día 0 al 42, se centrifugaron y se determinó la carga de Cd en los sedimentos fue de 17.07 mg/kg a 11.92, 8.10, 8.25, 7.43, 8.31 y 8.73, la reducción se dio a medida se incorporó las RNZVI, durante los 42 días de estudio, mientras que el uso de nZVI incremento la presencia de Cd y microorganismos en suelos.

Otro postulado respecto a la inmovilización de cadmio de sedimentos fluviales en la cual se recolectaron muestras de sedimento del rio Xiang -China, los cuales contenían concentraciones de Cd (II), posteriormente se elaboraron las nanopartículas de hierro Bare- nZVI, S-nZVI y C-nZVI (almidón), después se cogieron muestras de suelo y se incorporaron a tubos y se centrifugaron, los que posteriormente se incorporaron la solución estabilizada de nZVI, después se secó; al cabo de 14 días se analizaron las concentraciones de Cd, cuya muestra inicial arrojó 0.219 mg/kg reduciéndose a 0.113, 0.126 y 0.082 mg/kg y después de 56 días el resultado fue 0.010, 0.009, 0.008 mg/kg respecto al uso de B- nZVI, S-nZVI y C-nZVI. Huang, Hu, Peng-2018.

A cerca de la síntesis de nanopartículas de hierro y las aplicaciones ambientales, Stefaniuk, Oleszczuk y Sik Ok-2016 refieren que la reducción de contaminantes en agua y suelo, pueden obtenerse a bajos costos, de manera más eficaz y reduciendo los tiempos de tratamiento, asimismo precisa que el uso de las nanopartículas de hierro se deben tener en cuenta los impactos que podrían generarse al usarse las nanopartículas de hierro modificadas, que podrían alterar la calidad del agua y suelo, por ello para su uso se deben realizar estudios previos en laboratorio a cerca de los impactos de las nanopartículas modificadas en contacto con contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Marco teórico de la variable.

Suelo

El suelo es la capa externa de la tierra, cuerpo natural que permite el crecimiento de plantas, se caracteriza por estar conformado por horizontes compuestas por minerales, materia orgánica aire y agua; el suelo es un elemento importante en el desarrollo y subsistencia de la vida (FAO, 2015).

Características del suelo

El suelo tiene las siguientes características.

- Color
- Densidad
- Estructura
- Capacidad de intercambio catiónico
- PH: Es una unidad de medida que enuncia el grado de acidez o basicidad de una sustancia, cuenta con una escala de entre 0 y 14.
- Ácidos: Son considerados a sustancias que se encuentran en la escala de pH menor a 7.
- Bases: Son considerados a sustancias que se encuentran en la escala mayores a 7 y menores de 14.
- Textura: Hace referencia a su composición granulométrica que caracteriza el tamaño de las partículas, estas pueden variar de acuerdo a los horizontes, asimismo la USDA las ha clasificado como:

Menores a 0,002 mm -----Arcilla

De 0.002mm a 0.05 mm-----Limo

De 0.05mm a 2 mm-----Arena (fina, media y gruesa)

Asimismo, para la determinación de la textura del suelo se debe realizar pruebas a través del cual se determinará la concentración de arena, limo y arcilla, finalmente

se podrá transcribir la información al triangulo textural donde se determinada la textura del suelo.

Por otro lado, de acuerdo al DS. Nro.011-2017-MINAM que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) suelo precisa lo siguiente:

Tabla Nro. 1 Parámetros de ECA suelos (MINAM).

USOS DE SUELO				
Parámetros en mg/kg PS	Suelo Agrícola	Suelo residencial/ parques	Suelo comercial/ industrial extractivo	Método de ensayo
Inorgánicos				EPA3050/EPA3051
Arsénico	50	50	140	EPA3050/EPA3051
Bario total	750	500	2000	EPA3050/EPA3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA3050/EPA3051
Cromo total		400	1000	EPA3060/EPA3051
Cromo VI	0.4	0.4	1,4	EPA3060/EPA7199
Mercurio	6.6	6.6	24	EPA7471/EPA6020
Plomo	70	140	800	EPA3050/EPA3051
Cianuro Libre	0.9	0.9	8	EPA9013

Fuente: DS. Nro.011-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental suelo.

Asimismo, México, a través de la Norma NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 estableció criterios para caracterizar y determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados con berilio, cadmio, mercurio, cromo hexavalente, níquel, plomo, talio, vanadio y arsénico, norma que precisa lo siguiente:

Tabla Nro. 2 Concentración de referencia tolerantes por tipo de suelo.

Contaminante	Uso de agrícola/residencial/ comercial (mg/kg)	Uso industrial (mg/kg)
Arsénico	22	260
Bario	5400	67 000
Berilio	150	1900
Cadmio	37	450
Cromo Hexavalente	280	510
Mercurio	23	310
Níquel	1600	20 000
Plata	390	5 100
Plomo	400	800
Selenio	390	5 100

Talio	5,2	67
Vanadio	78	1000

Fuente: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales-México.

Por otro lado, Ecuador a través de la “Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados precisa a cerca de los criterios máximos permitidos en la remediación o restauración de suelos.

Tabla Nro. 3 Criterios de remediación de suelos, valores máximos permisibles.

Sustancia	Unidades (concentración en peso seco)	Uso de Suelo			
		Agrícola	Residencial	Comercial	Industrial
Arsénico	mg/kg	12	15	15	15
Azufre (elemental)	mg/kg	500			
Bario	mg/kg	750	500	2000	2000
Boro	mg/kg	2			
Cadmio	mg/kg	2	5	10	10
Cromo total	mg/kg	65	65	90	90
Cianuro	mg/kg	0.9	0.9	8	8
Mercurio	mg/kg	0.8	2	10	10
Níquel	mg/kg	50	100	100	100
Plata	mg/kg	20	20	40	40
Plomo	mg/kg	100	100	150	150
Selenio	mg/kg	2	3	10	10
Talio	mg/kg	1	1	1	1
Vanadio	mg/kg	130	130	130	130

Fuente: Ministerio del Ambiente-Ecuador

SUELO DE HUEPETUE

Los suelos del distrito de Huepetue, se caracterizan por tener escasos nutrientes o ser pobres esto debido a su litología y por la meteorización causada por la temperatura y alta humedad, así como el lavado frecuente del suelo producto de las lluvias e inundaciones, por otro lado la caída de hojas y la rápida descomposición de estas genera una delgada capa rica en nutrientes, es por ello que algunas especies arbóreas cuentan con raíces superficiales para obtener un mayor aprovechamiento de estos nutrientes.

Por otro lado, los suelos de esta zona se caracterizan por tener un pH ácido de entre (3-6), con medio a baja carga orgánica, estos suelos se encuentran aún en formación puesto que a la apertura de una calicata los horizontes se sobreponen, cuentan con una textura franca, arcilloso, arenoso, de acuerdo a la zona.

Suelo Forestal

Según Martínez (2015), precisa que los suelos forestales son aquellos que se caracterizan por contar con abundante hojarasca en la capa superficial, alta carga orgánica; asimismo estos suelos no son urbanizados ni utilizados en la agricultura, pero se pueden desarrollar actividades de aprovechamiento forestal (madera, hojas, semillas, resinas, frutos y flores).

Mercurio

Es el único metal líquido hallado en la tierra, considerado como metal pesado, se evapora a 13°C, conocido como un metal muy tóxico, tiene la capacidad de amalgamar una gran variedad de metales, asimismo es un metal con coeficiente de dilatación, por ello es usado en los termómetros, debido que al ser sometido a temperatura su volumen se incrementa, por otro lado, este metal es conocido por su gran toxicidad debido a su presión de vapor

Por otro lado el Organismo Mundial de la Salud (OMS), precisa que el mercurio es considerado como uno de los 10 productos químicos que mayor secuela en la salud puede generar, las zonas donde se realiza minería aurífera artesanales a pequeña escala son América Latina, Asia y África, las personas contaminados por mercurio principalmente son los que se exponen a trabajos de amalgamación, y poblaciones

cercanas que tienen como principal alimentación pescado, quienes llegan a sufrir de trastornos neuronales, intoxicación, afectación en órganos blandos (hígado, riñón y páncreas).

Por otro lado el OMS, UNEP y PNUMA indican los límites admisibles de mercurio en personas no expuestas a Hg 0.010 mg/m^3 , y 0.020 mg/m^3 en sangre y orina $<0.025 \text{ mg/gr}$ en orina de 24 horas; mientras que en personas expuestas pueden llegar a 15 mg/gr , la concentración máxima permisible de Hg en el ambiente en lugares de trabajo es $0,025 \text{ m}^3 \text{ mg/m}^3$, mientras que la concentración de Hg en agua es de $0,001 \text{ mg/L}$, en pelo el límite admisible es de hasta 1pp o 0.0011 mg/L .

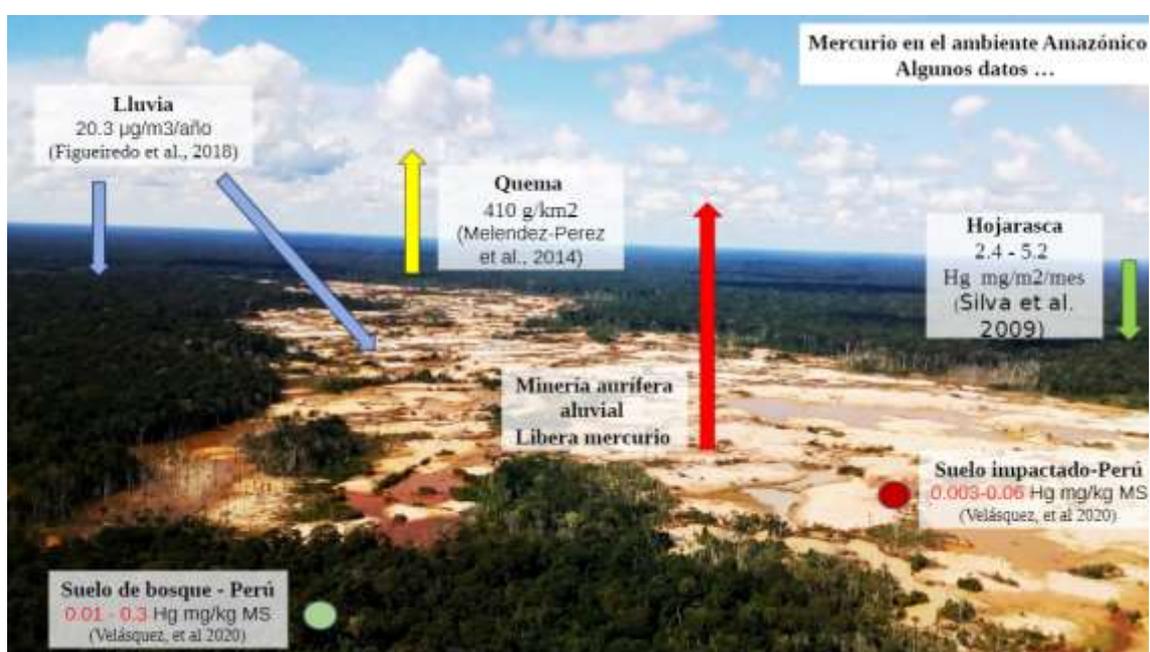


Figura Nro.01 Mercurio en el ambiente Amazonico/ concentraciones

Fuente: Velásquez (2020)

Toxicidad del mercurio

La toxicidad del mercurio en los humanos se debe a la exposición a altas concentraciones que se introducen al organismo por inhalación, ingestión o exposición, siendo el pulmón un órgano de mayor acogida y distribución a través de la sangre distribuye el Hg hacia otros órganos como riñones, páncreas y cerebro.

Por otro lado, según generando intoxicaciones como síntomas iniciales, de no ser detectado esta se acumula en órganos blandos a los cuales daña, también afecta el sistema nervioso central.

Los efectos generados por el mercurio en los microorganismos reducción enzimática, anclaje en la superficie de la célula, biometilación, entre otros, mientras que las plantas acuáticas absorben el mercurio que posteriormente afecta en su desarrollo; en los invertebrados acuáticos en estado larval son el grupo más afectado por el mercurio puesto que genera intoxicación en estas, en los peces las concentraciones de mercurio aumentan dependiendo de la edad y tamaño, estas llegan a acumularse en forma de metilmercurio (Gaona, 2004).

Efectos de mercurio:

Salud: Las poblaciones que por diversos factores sufren algún tipo de exposición, inhalación, absorción, ingesta de mercurio, suelen padecer sudoración, irritabilidad, problemas gastrointestinales, náuseas, sensibilidad dermatológica, problemas en el sistema nervioso central, asimismo la exposición frecuente de usuarios a este insumo puede generar en los organismos receptores enfermedades o padecimientos crónicos, por otro lado, los efectos en la salud se verán manifestadas de acuerdo al tipo de mercurio expuesto, dosis, tiempo de exposición, edad de la persona expuesta y tipo de exposición.

Fauna: Las especies que inicialmente tienen contacto con el mercurio son los invertebrados que juegan un rol importante puesto que a partir de ellos inicia la cadena trófica que conllevara a la contaminación de especies que se encuentran en la cima de la cadena, asimismo otra especie que se ha observado que tiene gran capacidad de bioadsorción son las especies acuáticas, peces, cangrejos, conchas, etc.

Flora: Las plantas se contaminan principalmente por absorción de mercurio en los suelos y agua, por otro lado, las principales afectaciones que puede tener las plantas son: Inadecuado crecimiento, disminución de capacidad de fotosíntesis, así como las fuentes de ingreso del mercurio a la planta son a través de las raíces y hojas, siendo las raíces donde se encuentra mayores concentraciones de mercurio.

Agua. El agua facilita la difuminación del mercurio en suelo y ambientes acuáticas, juega un rol importante en el proceso de metilación, puesto que a partir del desarrollo de seres micro y macroscópicos en medio acuoso se inicia el proceso del metil mercurio que concluye en la biomagnificación en los seres que se

encuentran en la cima de la cadena trófica, este insumo que llega a los seres a través de la ingesta constante de alimentos contaminados con mercurio, asimismo el agua facilita en la contaminación de áreas no contaminadas por el arrastre de mercurio a través de sus corrientes.

Movilidad de mercurio

La existencia de factores que puedan facilitar la movilidad del mercurio en el suelo, este ligado a los parámetros e interacciones del suelo, la materia orgánica es un factor de suma importancia que puede o no facilitar la movilidad del mercurio en el suelo, afecta en su movilidad, solubilidad y toxicidad, la presencia abundante de materia orgánica que por factores naturales pueden descomponerse, generando óxidos al contacto con microorganismos ocasionando que el mercurio se libere.

Los minerales del suelo, acillas, óxidos e hidróxidos de Fe, Mn, Al, sirven de gran afinidad con el metil mercurio, al crear enlaces covalentes (Hg-OH), reduciendo de esta manera la presencia de mercurio en el suelo.

La presencia de elevado cloruro en el suelo reduce las concentraciones de mercurio en el suelo, mientras que el mercurio en el suelo puede encontrarse disuelto, adsorbido (unión debido a fuerzas covalentes o coordinadas), quelado (unión con sustancias orgánicas del suelo) o precipitado (sulfuros, carbonatos, fosfatos e hidróxidos, etc.)

El pH del suelo también juega un rol importante en cuanto a la movilidad del mercurio, puesto que mientras más ácido sea el suelo menor será la capacidad de disolución del mercurio.

Ciclo de mercurio

Es el proceso de flujo constante del mercurio entre la atmósfera, tierra y agua, para realizar este proceso el Hg (Hg⁰ -Hg^{III}) llega a la atmósfera en forma de emisiones generadas de manera natural o antrópica, que al combinarse con partículas de ozono, o agua pueden obtener un estado acuoso que precipita sobre la superficie, una vez situadas en el suelo pueden sufrir reacciones químicas o biológicas, generando acumulación, absorción, eliminación o transformación como es el caso del mercurio (Hg^{II}), que a través de microorganismos adquiere la forma orgánica del mercurio (metilmercurio), que tiene gran afinidad por la materia orgánica,

asimismo el mercurio puede llegar a los cuerpos de agua a través de la precipitación o arrastre formándose (Hg⁰) (Gaona, 2004).

Metilmercurio

Transformación de mercurio II por agentes biológicos (bacterias reductoras), asimismo existen bacterias encargadas en realizar la desmetilación reduciendo la disponibilidad de mercurio en el suelo.

Tratamiento de mercurio

Existen diferentes técnicas para recuperación de suelo contaminado, técnicas de contención, esta técnica aísla el contaminante en el suelo generalmente a través de barreras físicas, la técnica de confinamiento consiste en reducir la movilidad de los contaminantes para evitar su migración y la técnica de descontaminación va dirigida a disminuir la concentración de contaminantes (Ortiz y Villar, 2007).

Entre las técnicas de remediación podemos encontrar las In situ y Ex situ, entre estos tratamientos tenemos:

In situ: Son técnicas las cuales se desarrollan en el mismo lugar de la contaminación, entre estos tratamientos tenemos:

- Físicos: Extracción, electrocinética, adicción de enmienda, barreras permeables pozos de recirculación, etc.
- Biológico: Degradación asistida, fito recuperación, etc.
- Mixto: Extracción multi fase, atenuación natural.

Ex situ: Son técnicas desarrolladas en laboratorios o zonas acondicionadas donde se desarrollará la simulación de referido tratamiento. Ortiz, Sanz, Dorado y Villar (2007).

Usos de mercurio en la actividad minera

Amalgamación

Proceso que consiste en la recuperación de metales, separándolos de otros minerales, utilizando para ello el mercurio que se fusiona con los metales.

En el caso de la región Madre de Dios, los minerales rescatados de las alfombras mineras son acumuladas en baldes, que posteriormente sedimentan y son mezclados con mercurio, posteriormente la mezcla es vertida en un paño el cual se presiona para generar que el mercurio filtre y se pueda recuperar, mientras que en el oro permanece en forma sólida compacta.

Según el Ministerio del Ambiente Colombia, precisa que la amalgamación es un proceso que consiste en el uso de mercurio para quitar los excesos de los minerales pulverizados, a través de movimientos estos se unan, para posteriormente colocarlas en un paño fino y mediante presión quitar el mercurio y compactar el mineral; la amalgama es una mezcla de mercurio con otros minerales mediante el cual se fusionan, la afinidad del mercurio con el oro facilita este proceso.

Refogqueo con mercurio

Según Costa, Alfonso y Palacios, (2009), precisa que el refogqueo consiste en la recuperación de oro a través de la fundición de la amalgama a altas temperaturas, en el proceso el mercurio se volatiliza y es emitido como mercurio metálico a la atmósfera.

En la provincia de Huepetuhe esta actividad principalmente se realiza en campamentos mineros y en tiendas de compra-venta de oro, principalmente con utensilios caseros o artesanales como (chimeneas, hornos quemadores, aspiradoras, cajas condensadoras, etc).

Nanotecnología

Denominada como una gran evolución tecnología, tienen como objetivo entender y utilizar la formar de la materia cuando se presenta en tamaños nanométricos, actualmente cuenta con múltiples aplicaciones en la tecnología, y usos como remediadores ambientales, los avances tecnologías demostraron que la existencia de partículas nanométricas, en síntesis, un nanómetro equivale a la milmillonésima de un metro ($1 \text{ micrómetro} = 1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm} = 0,000001$) puede ser manipulado y aplicado. Serena, Takeuchi (2014)

Nanopartículas

Las nanopartículas también denominadas nano polvos, son sustancias o materiales que abarcan diversas medidas de 1 a 100 nanómetros, se caracterizan por que al ser sintetizadas pueden obtener diversas formas esféricas, barras, etc.

Nanopartículas de hierro

Las nanopartículas de hierro tienen una estructura formada por núcleo y coraza, el núcleo se encuentra formado por iones cerivalente, mientras que la coraza está formada por iones de hierro, esto permite contar con una coraza compleja que admite que este tenga un carácter reductor frente a agentes contaminantes; asimismo las nanopartículas de hierro se presentan como coloides y tienen la tendencia a adherirse a superficies como el suelo; asimismo tienen la característica de trabajar como catalizadores o absorbentes, de esta manera destruyen diversos contaminantes como metales, compuestos orgánicos o microorganismo.

Toxicidad de Hierro en suelo

Según Dobermann y Fairhurst (2000), indican que la toxicidad de hierro en suelo se da cuando el suelo contiene concentraciones > 300 mg de Fe/kg, así como se habrían reportado toxicidad en valores de 10 a 1000 mg Fe/L, por otro lado, indica que los suelos suyos pH son interiores a 5.0 son susceptibles a ser afectados por la toxicidad de Fe esto en presencia de minerales, o insumos aportantes de Fe.

Del mismo la presencia de Fe en el suelo es importante por cuanto es uno de los micronutrientes más importantes en el suelo, por cuanto contribuye en el desarrollo de microorganismos y contribuye en el crecimiento de las plantas al aportarles minerales; asimismo la sobre exposición a cargas elevadas de Fe al suelo pueden generar en el suelo la muerte de microorganismos y en las plantas puede afectar el crecimiento radicular, hojas flores y frutos, así como puede generar que las hojas se amarillen o adquieran un color de bronceado.

III.METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación es cuantitativa continúa puesto que se calculará las variables antes y después del tratamiento.

Los estudios cuantitativos son usados principalmente por la ciencia, prometen obtener resultados amplios y tener control de los fenómenos y las magnitudes de estas. Sampieri (Collado y Lucio, 2004).

Tipo: Aplicada

Porque se propuso una teoría nueva para hallar soluciones a los problemas que plantea la sociedad, aplicando los procedimientos para obtener soluciones, respecto al uso de las nanopartículas de hierro en suelos forestales con concentraciones de mercurio.

Diseño de la investigación: Pre -Experimental

La presente investigación es de pruebas pre y post estudio con un grupo, puesto que en la presente investigación se extrajeron muestras de suelo y se analizaron para determinar la concentración de mercurio en cada una de ellas, así como posteriormente se trató con las nanopartículas de hierro y se sometieron a otro análisis, para finalmente determinar la concentración de mercurio post tratamiento.

Por otro lado, el diseño de investigación explica cómo se realizó el trabajo, determinación de parámetros y datos estadísticos (Abreu, 2012).

GE: M1..... ZM2

GE: Grupo Experimental

M1 : Muestra inicial (pre tratamiento)

Z : Tratamiento con nanopartículas de hierro

M2 : Muestra final (post tratamiento)

Nivel: Explicativo

Puesto que en la investigación se buscó comprobar las hipótesis formuladas, sobre la posibilidad de que las nanopartículas de hierro tengan la capacidad de reducir las concentraciones de mercurio presente en suelos forestales-Huepetuhe, para ello se conocieron los procesos o etapas que se llevarán a cabo para determinar la veracidad o no de dicha hipótesis; asimismo para este estudio se manipuló la variables independiente con la aplicación de nanopartículas de hierro y la variable dependiente concentración de mercurio presente en suelos forestales.

Esta investigación busca determinar las razones del hecho mediante una relación de causa-efecto entre las variables (Sampieri, 2004).

3.2 Variables y Operalización

La presente investigación es de enfoque cuantitativo,

- **Variable independiente:** Nanopartículas de hierro

Definición conceptual: Las nanopartículas de hierro, son átomos comprendidos entre 1 y 100 nm, se caracterizan por estar formada de material metálico y pueden trabajar como aislantes.

Definición operacional: La caracterización de las nanopartículas de hierro se realizada a través del microscopio.

Indicadores: La primera dimensión se ha atribuido a las concentraciones de las nanopartículas de hierro, en tres proporciones, 2.5 mg/kg de suelo, 5 mg/kg de suelo y 7.5 mg/kg de suelo; asimismo la segunda dimensión se ha asignado a la caracterización de las nanopartículas de hierro cuyo tamaño es de 60 nm, asimismo el tipo de nanopartículas de hierro cero valente.

- **Variable dependiente:** Concentración de mercurio presente en suelo forestal.

Definición conceptual: El mercurio Hg²⁺ oxidado pasa a la atmósfera y precipita, se transforma en metilmercurio, afecta los organismos y pasa al hombre a través

de la cadena trópica (Caiza, 2018).

Definición operacional: La presencia de mercurio en el suelo se determinará a través de un análisis en laboratorio, posteriormente la eficacia del tratamiento se calculará: $E=1-(M1/MF)100$

Indicadores: La primera dimensión fue atribuido a la dimensión de las características del suelo, en la cual se tendrá en consideración el pH del suelo, humedad (%), y la conductividad eléctrica (dS/m); por otro lado, la segunda dimensión se asignó a la concentración de mercurio en el suelo, los cuales se determinaron antes de la aplicación de las nanopartículas de hierro y posterior al tratamiento con las nanopartículas de hierro, finalmente se realizó un cotejo con la normativa peruana e internacional.

3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

En la investigación se consideró como población al suelo del distrito de Huepetuhe provincia de Manu departamento de Madre de Dios, que abarca un área de $1478,42 \text{ km}^2$, por ser el área donde se encuentran la mayor concentración de actividades mineras extractivas, procesamiento y refogeo de mineral cuyo uso principal insumo es el mercurio, que finalizada su uso es vertido a los suelos.

- Criterios de inclusión:

En la presente investigación se incluyó a la localidad de Huepetuhe, por cuanto esta zona alberga a gran cantidad de mineros que desarrollan actividades mineras de extracción, amalgamación y refogeo cuyo insumo principal es el mercurio que al finalizar dicho proceso son vertidos a los suelos, asimismo esta zona se caracteriza por contar con escasa cobertura vegetal, así como las características de los suelos en estas zonas se han visto modificadas por las actividades propias de la minería.

- Criterios de exclusión:

Se excluyeron de la investigación los distritos de Manu, Fitzcarrald y Madre de

Dios, por encontrarse actividades mineras formales, zonas concesionadas, así como estas zonas cuentan con mayor cobertura vegetal, por otro lado, los distritos colindantes se encuentran ubicadas en áreas naturales protegidas, áreas de conservación y áreas declaradas como bosques de producción permanente, por ello las principales actividades que se desarrollan son la ganadería, agricultura y aprovechamiento forestal.

Muestra

Las muestras obtenidas de suelo con concentraciones de mercurio fueron tomadas el 26 de abril de 2021, para ello se ubicó un determinado área de 1 Ha en la localidad de Huepetuhe, dichas áreas contaban con características como: desarrollo de actividades mineras, zonas de amalgamación, zonas de refogeo y áreas donde se vienen efectuando actividades mineras recientes; asimismo a fin de delimitar el área para la extracción de la muestra se realizó una delimitación con cuadrantes, observándose que el área comprendido entre las coordenadas siguientes es la más idónea, por las características antes mencionadas.

Por otro lado, las muestras extraídas fueron trasladadas al laboratorio “Pacific Control Calidad y Medio Ambiente, Laboratorio y Certificaciones S.A.C” para su análisis y determinación de las concentraciones de mercurio en el suelo.

Muestreo

En la presente investigación se utilizó el muestreo probabilístico aleatorio, por cuanto para las muestras extraídas de los 16 puntos de control por zona bajo el método del cuadrante.

El muestreo se realizará de acuerdo a la guía para muestreo de suelos aprobado por Decreto Supremo Nro. 002-2013-MINAM.

$$NM= 0.1x+40$$

donde:

NM= Número total de los puntos muestreados

X= Área (ha)

Unidad de análisis

Las muestras de suelo contaminadas con mercurio extraídas de los 16 puntos de monitoreo, se analizaron una muestra inicial, así como las tres muestras en las cuales se realizaron los tres tipos de tratamientos con las nanopartículas de hierro.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizadas en la presente investigación, es la observación, puesto que durante el desarrollo de la investigación se han generado datos posteriores a una visualización, por ello los instrumentos utilizados fueron las hojas de campo, las cuales fueron elaboradas por el investigador, y fueron debidamente validadas, asimismo los datos obtenidos durante el desarrollo de la investigación se han registrado en las fichas.

- **Ficha de recolección Nro. 1** Ubicación y definición de zona de estudio.
- **Ficha de recolección Nro. 2** Recolección de muestras de suelo.
- **Ficha de recolección Nro. 3** Análisis de nanopartículas de hierro.
- **Ficha de recolección Nro. 4** Análisis preliminar de muestras de suelo.
- **Ficha de recolección Nro. 5** Preparación de suelo contaminado con mercurio y NPs de hierro.

Validez

La validez de la investigación, está relacionado con el grado en el que los instrumentos miden las variables establecidos en la investigación, asimismo son esquemas con contenidos claros que pueden ser de fácil uso, por otro lado, los investigadores pueden formular sus propios instrumentos elaborados de acuerdo a las variables que se desean medir, posteriormente estos instrumentos deben ser revisados y validados por un grupo de expertos (Hernández. 2014).

En la presente investigación los instrumentos sido evaluados y aprobados por los siguientes especialistas.

Especialista 1:

Apellidos y Nombres: Peralta Medina Juan Alberto

Grado: Magister

Especialidad: Ingeniero Químico.

CIP: 56071

Especialista 2:

Apellidos y Nombres: Castañeda Olivera Carlos Alberto

Grado: Doctor

Especialidad: Tecnología Minera y Ambiental

CIP: 130267

Especialista 3:

Apellidos y Nombres: Eusterio Horacio Acosta Suasnabar

Grado: Doctor

Especialidad: Ingeniería Ambiental y Química.

CIP:25450

Tabla Nro.4 Porcentaje de validación.

Nombres y Apellidos del especialista	Validez (%)
Juan Alberto Peralta Medina	90%
Carlos Alberto Castañeda Olivera	90%
Eusterio Horacio Acosta Suasnabar	90%

Fuente: Elaboración propia

Confiabilidad

La confiabilidad es un instrumento que permitirá medir el grado de resultados consistentes y coherentes; la confiabilidad se evalúa y calcula para en la presente todos los instrumentos de medición investigación nos permitirá medir, asimismo es común que los instrumentos contengan diferentes escalas dependiendo de las variables. (Hernández 2014).

En la presente investigación la confiabilidad de los instrumentos, se han ido verificando en el transcurso del desarrollo de la investigación.

3.5 Procedimientos

En el desarrollo de la presente investigación se seguido las siguientes etapas.

Fase I: Ubicación de zona de estudio y puntos de monitoreo

En la presente fase, se ubicó la zona de estudio, localizado en la comunidad de Huepetuhe, asimismo la ubicación de la zona de estudio se estableció teniendo en cuenta que los puntos a muestrear no se encuentren al interior del áreas protegidas, concesiones mineras, o zonas urbanas; por lo cual al momento de establecer los puntos de muestreo se verificaron a través de la plataforma virtual GEOCATMIN de INGEMMET, obteniendo que la zona de muestreo se encuentren al interior de concesiones mineras extintas, denominadas “Chavinsa Nro.1-A y Verito uno”; las áreas colindantes con estas concesiones se encuentran vigentes.

Fase II: Recolección de muestras de suelo

En la presente fase, para la recolección de las muestras se dividió en dos zonas de muestreo, la zona Nro. 1 que se encuentra al interior de la concesión minera extinta desde el año 2015 “Chavinsa Nro.1-A”

La zona Nro. 2 ubicada al interior de la concesión minera extinta desde el año 2015, denominada “Verito uno”.

Del mismo modo se debe precisar que las dos zonas de muestreo, no cuentan con cobertura vegetal producto de la tala en la zona, las muestras extraídas principalmente han sido de áreas donde se han instalado los campamentos mineros, lugar donde se realizan las actividades de amalgamación de manera artesanal, por otro lado, los puntos muestreados se encuentran cercanos al rio Huepetuhe.

Asimismo, ambas zonas descritas anteriormente se encuentran en la jurisdicción del distrito de Huepetuhe; respecto a las zonas de muestreo en las cuales se procedió a ubicar los puntos de muestreo, teniendo en cuenta el Decreto Supremo Nro. 002-2013-MINAM, se realizó una pequeña calicata de entre 15 y 20 cm de profundidad, de las cuales se extrajeron muestras de suelo que fueron introducidas en las bolsas ziploc, que posteriormente se rotularon.

Por otro lado, para la obtención de las muestras en esta zona se utilizó el método de zic zag.



Figura Nro. 2 Suelos de la zona I muestreada.



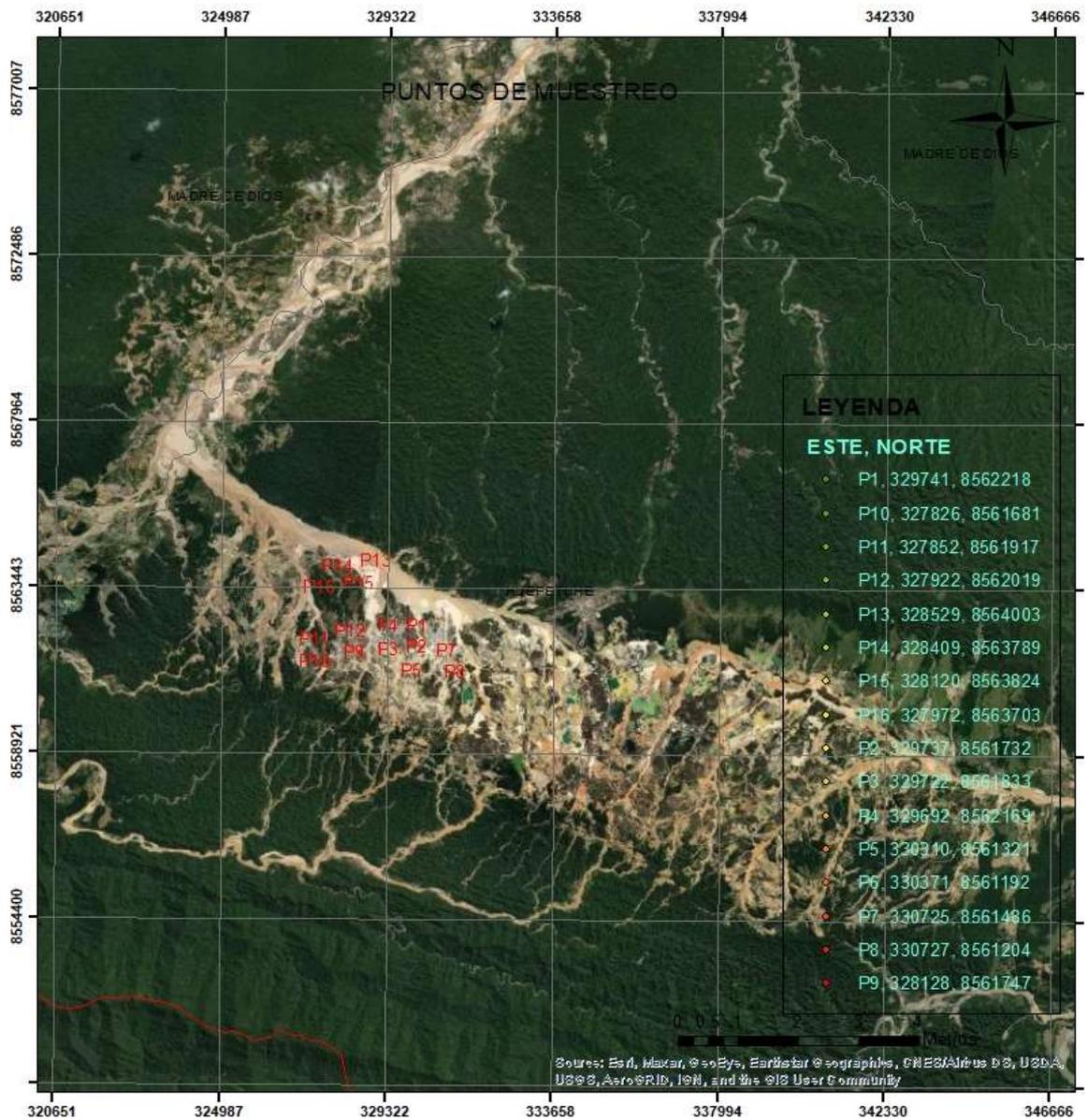
Figura Nro. 3 Recolección de muestras en la zona I.



Figura Nro.4 Suelos de la zona II muestreada



Figura Nro.5 Recolección de muestras en la zona II



REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MERCURIO PRESENTE EN SUELO FORESTAL MEDIANTE NANOPARTÍCULAS DE HIERRO, HUEPETUHE-MADRE DE DIOS			
MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS MUESTREADOS			
Distrito: Huepetuhe -Provincia: Manu- Departamento: Madre de Dios			
Elaborado: Lourdes Eva Ambia Yaure	Escala: 1:100 000	Fecha: 01MAY21	Georeferencia: Coordenadas UTM WGS84 L19

Figura Nro. 6 Ubicación de puntos de muestreo-ArcGIS

Fase III Análisis de las nanopartículas de hierro

En esta fase, se identificó las nanopartículas de hierro a través de la observación, asimismo con ayuda de un espectrómetro se determinó la absorbancia.

- En un vaso precipitado se disuelve 11 g de FeCl_3 en un litro de agua desionizada, con ayuda de un agitador magnético se remueve hasta obtener la disolución completa de la mezcla.
- Posteriormente se agrega lentamente 10mL de HCL al 35% y 100 mL de NaOH 4M a la mezcla inicial, obteniéndose un precipitado de color oscuro lo cual es una muestra de formación de nanopartículas de hierro.
- Posteriormente la mezcla se sometió al proceso mecánico sonicación por un lapso de 30 minutos, un ritmo de 40 Hz y temperatura de 30C° .
- Asimismo, con ayuda de un espectrofotómetro se determinó el pico máximo de la absorbancia, es de 1 a la longitud de onda de 341nm; del mismo modo al realizar las medidas de las nanopartículas de hierro se pudo observar algunas aglomeraciones de estas, por otro lado, nanopartículas de hierro individuales tenían un diámetro inferior a los 60 nanómetros.
- Finalmente se procedió a la filtración de las nanopartículas de hierro y se dejó secar a temperatura de ambiente.
- Del mismo modo en esta fase, se contó con la asesoría del Dc. Valverde Flores Jhony Wilfredo.



Figura Nro. 7 Elaboración de nanopartículas de hierro.

Fase IV: Análisis preliminar de las muestras de suelo

Paso 1.-Diseño y adecuación del área de trabajo.

- Inicialmente se diseñó un área de 1x1.50x1.50mts, sellándose cada abertura encontrada para evitar posibles fugas y no se logre la temperatura adecuada para la manipulación de las muestras, se acondicionó una mesa sobre la cual se desarrollaron las otras etapas experimentales.

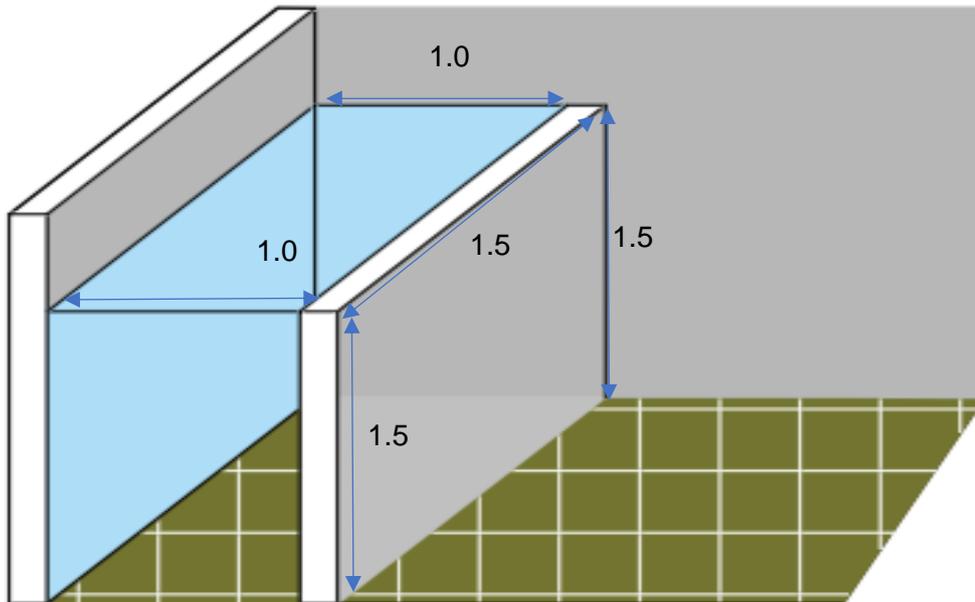


Figura Nro.8 Diseño del área de trabajo en 3D-AutoCAD

- Asimismo, se procedió a tomar la temperatura inicial del ambiente, obteniéndose una temperatura promedio de 16 C° (Figura9 A), posteriormente se instalaron dos equipos pequeños de aire acondicionado a fin de poder reducir la temperatura del ambiente, procediéndose a medir al cabo de 3 horas, obteniéndose una temperatura promedio de 12 C° (Figura 9B).

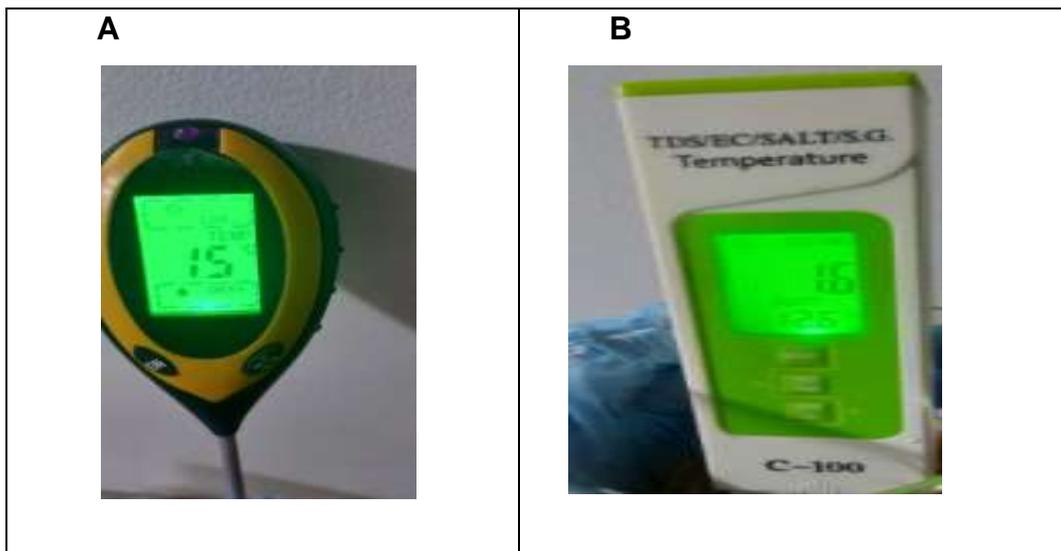


Figura Nro. 9 Temperatura de ambiente

Paso 2.- Análisis de la muestra inicial de suelo.

- Inicialmente se procedió a medir el pH de la muestra inicial del suelo seco (Figura 10A), asimismo se procedió a extraer 10 gr de suelo, posteriormente se agregó 20 mL de agua desionizada, con ayuda de un multiparámetro se obtuvo datos de conductividad eléctrica (Figura 10B), sólidos totales disueltos (Figura 10C).

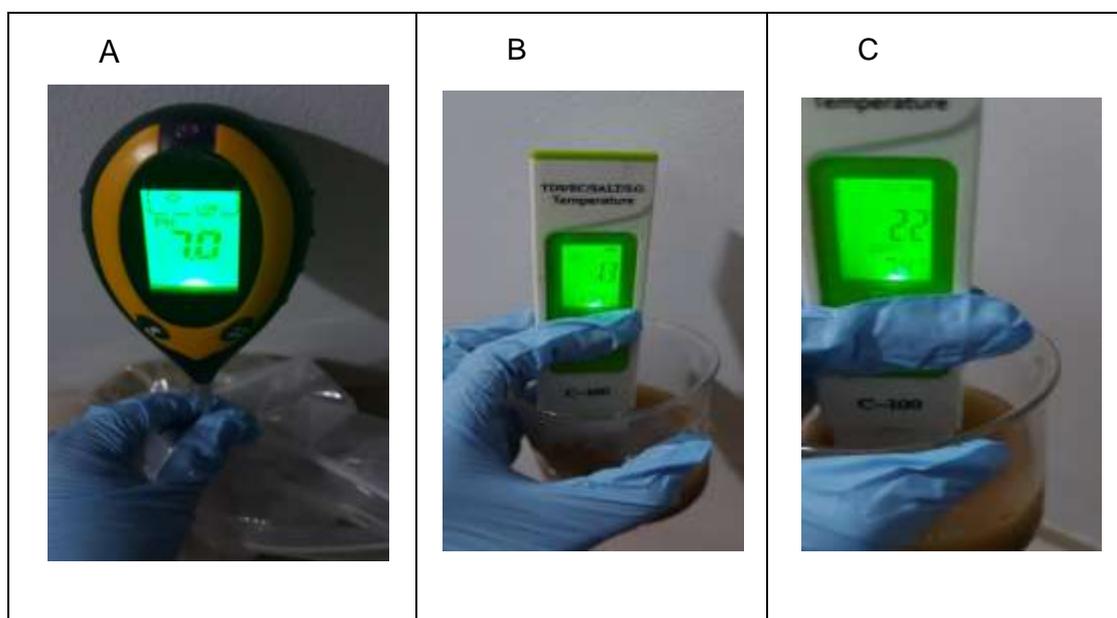


Figura Nro. 10 Características de suelo testigo.

- Por otro lado, se tuvo una muestra testigo con peso de 8 kg de las cuales se

extrajo tres sub muestras signadas como muestra 2 (M2) (Figura Nro. 11A), muestra 3 (M3) (Figura Nro. 11B) y muestra 4 (M4) (Figura Nro. 11C); cada uno con peso de 2kg, asimismo la muestra testigo (M1), se rotuló a fin de remitir dicha muestra al laboratorio Pacific Control Calidad y Medio Ambiente, Laboratorio y Certificaciones S.A.C, para su respectivo análisis textural, así como concentración de mercurio y hierro.

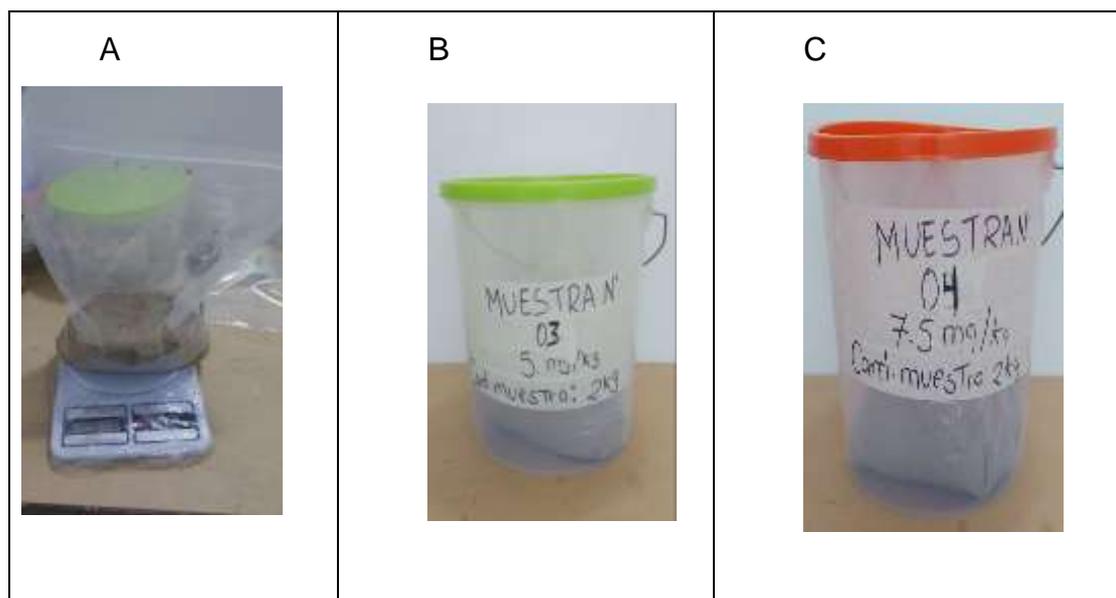


Figura Nro.11 Muestras de suelo contaminado



Figura Nro.12 Pesaje de muestra para remisión a laboratorio

Fase V: Preparación de suelo contaminado con mercurio y nanopartículas de hierro.

- Inicialmente se pesó las nanopartículas de hierro, teniendo en consideración las concentraciones de nanopartículas de hierro en cada muestra a experimentar, para el presente caso, las tres muestras (M2, M3 y M4), cada uno tuvo un peso de 2 Kg y la relación con las nanopartículas fue el siguiente.

Tabla Nro.5 Relación de nanopartículas de hierro y muestra de suelo

Nro. De Muestra	Cantidad de nanopartículas de hierro (mg/kg)	Peso de muestra	Cantidad final de nanopartículas (mg/kg)
M2	2.5 mg/kg	2kg	5mg/kg
M3	5 mg/kg	2kg	10mg/kg
M4	7.5 mg/kg	2kg	15mg/kg

Fuente: Elaboración propia

- Se pesó 5 mg de nanopartículas de hierro en una balanza gramera de 5000 gr. (Figura 13A).
- Después se pesó 10 mg de nanopartículas de hierro (Figura Nro. 13B).
- Finalmente se pesó 15 mg de nanopartículas de hierro (Figura Nro. 13C).

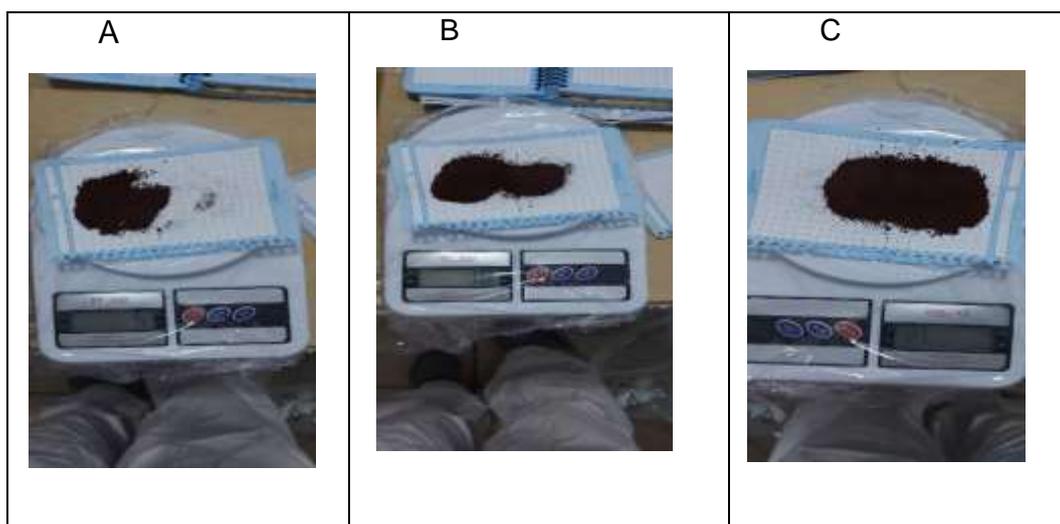


Figura Nro.13 Pesaje de Nanopartículas de hierro.

- Posteriormente se realizó una tabla de distribución de porcentaje de agua desionizada y nanopartículas de hierro a utilizar para cada muestra, conforme se señala:

Tabla Nro. 6 Equivalencia de nanopartículas de hierro y agua.

Nro. De muestra	Cantidad de nanopartículas mg/kg	Volumen de agua (mL/mg)	Volumen total de agua
M2	5mg/kg	5 mL por cada 2.5 mg de nanopartículas de hierro	10 mL/mg
M3	10mg/kg		20 mL/mg
M4	15mg/kg		30 mL/mg

Fuente: Elaboración Propia

- Continuando con la preparación, se obtuvo tres probetas conteniendo agua desionizada en cantidad de 10 mL, 20 mL y 30 mL (Figura 14A).
- Seguidamente se vierte los 10 mL de agua desionizada en un vaso precipitado de 200 mL (Figura Nro. 14B), se adicionó las nanopartículas de hierro de peso 5 mg (Figura Nro. 14C) se procedió a remover de manera cuidadosa, posteriormente se vertió la mezcla a un pulverizador y se pulveriza la mezcla en la muestra de suelo signada como M2 extendida en la bandeja (Figura D), removiéndose el suelo con las nanopartículas de hierro de manera homogénea, después se procede a introducir la muestra en un balde transparente.
- Por otro lado, los 20 mL de agua desionizada se vertieron en un vaso precipitado de 200 mL, se adicionó las nanopartículas de hierro de peso 10 mg, se remueve la mezcla cuidadosamente, después se vertió la mezcla a un pulverizador y se pulveriza la mezcla en la muestra de suelo signada como M3 extendida en la bandeja, removiéndose el suelo con las nanopartículas de hierro, a continuación, se procede a introducir la muestra en un balde transparente.

- Asimismo, los 30 mL de agua desionizada se vertieron en un vaso precipitado de 200 mL, se adicionó las nanopartículas de hierro de peso 15 mg, se remueve la mezcla cuidadosamente, después se vertió la mezcla a un pulverizador y se pulveriza la mezcla en la muestra de suelo signada como M4 extendida en la bandeja, removiéndose el suelo con las nanopartículas de hierro, a continuación, se procede a introducir la muestra en un balde transparente.

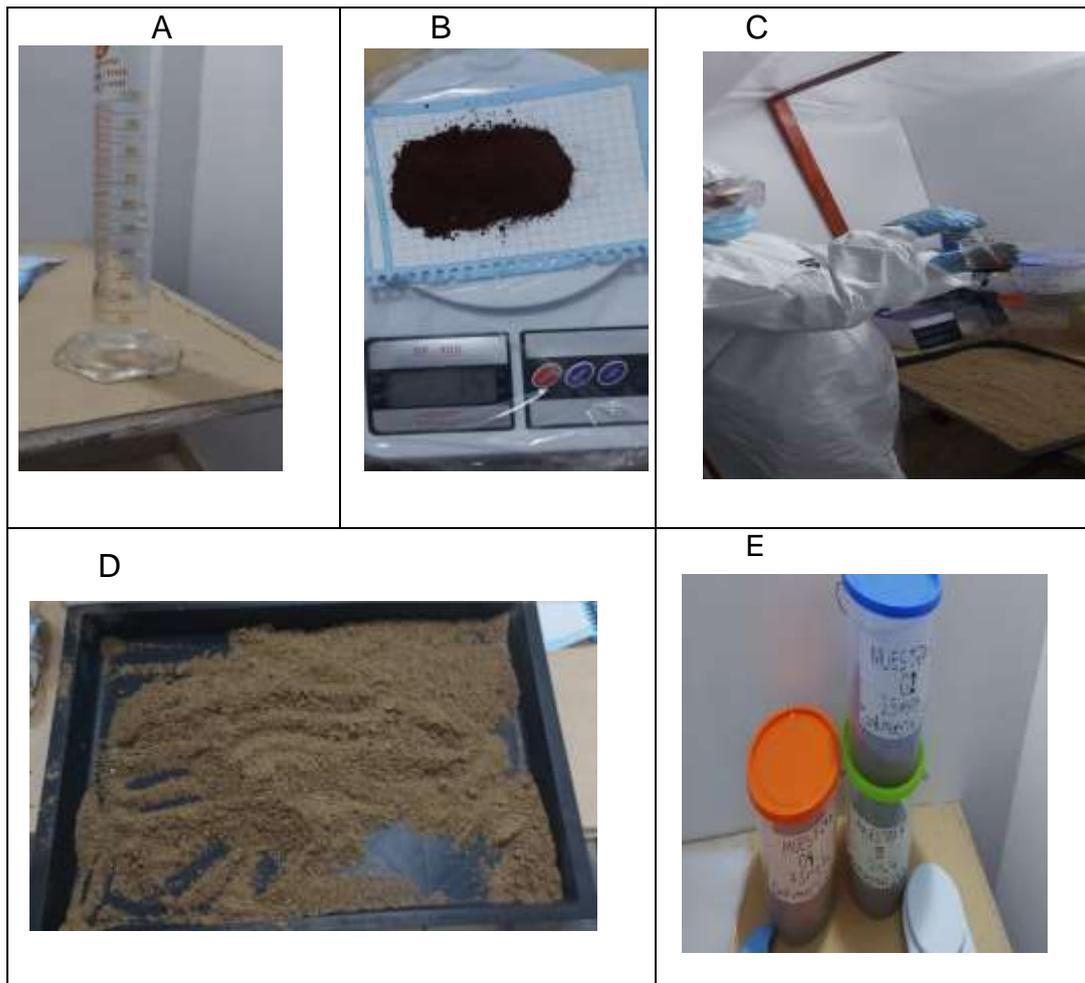


Figura Nro. 14 Procedimiento de preparación de nanopartículas de hierro con muestras de suelo

- Al cabo de 24 horas se procedió a medir el pH (potencial hidrogeno) y CE (conductividad eléctrica) de la muestra M2, M3 y M4 (Figura Nro. 15A), asimismo se procedió a extraer 500 gr de cada muestra (M2, M3 y M4) (Figura Nro. 15B).

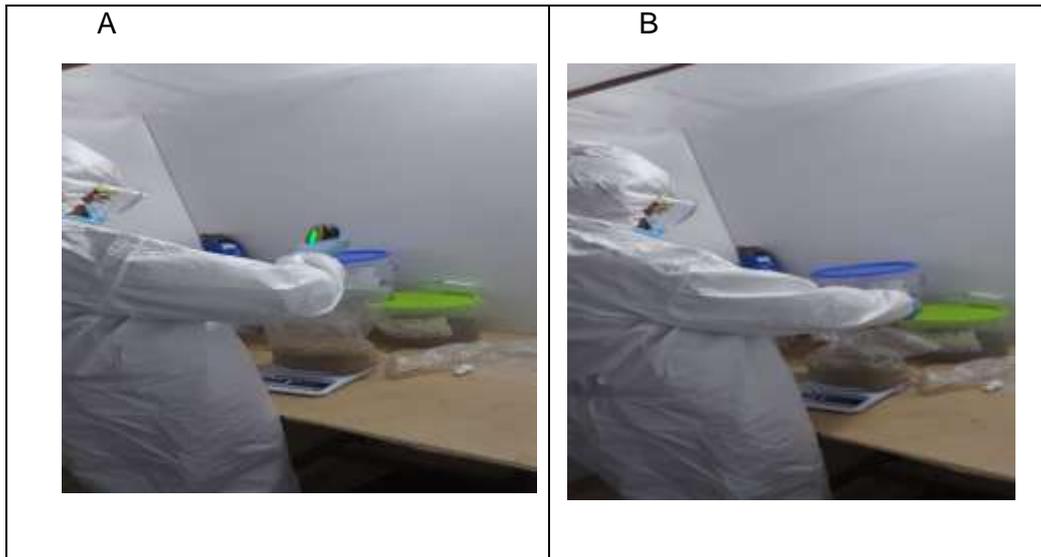


Figura Nro.15 Muestreo y análisis de suelo al cabo de 24 horas

- Asimismo, al cabo de 48 se procedió a medir el pH (potencial hidrogeno) y CE (conductividad eléctrica) de la muestra M2, M3 y M4 (Figura Nro. 16A), asimismo se procedió a extraer 500 gr de cada muestra (M2, M3 y M4) (Figura Nro. 16B).

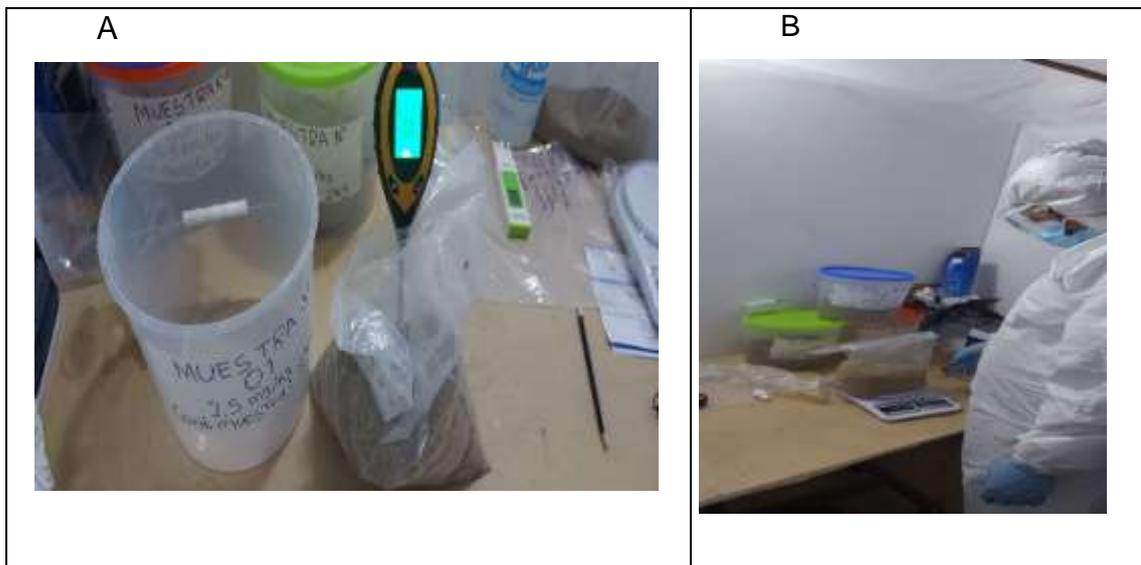


Figura Nro.16 Muestreo y análisis de suelo al cabo de 48 horas

- Asimismo, al cabo de 72 se procedió a medir el pH (potencial hidrogeno) y CE (conductividad eléctrica) de la muestra M2, M3 y M4 (Figura Nro. 17A), asimismo se procedió a extraer 500 gr de cada muestra (M2, M3 y M4) (Figura Nro. 17B).



Figura Nro. 16 Muestreo al cabo de 72 horas

3.6 Método de análisis de datos

En la presente investigación, se accedieron a equipos informáticos, programas Office (Excel), así como se accedió al programa Statistical Package for the Social Sciences versión 23.0, donde se vaciaron los datos y resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación, asimismo se comprobó la hipótesis formulada en la presente investigación.

3.7 Aspectos éticos

La presente investigación ha tenido en cuenta los códigos de ética y reglamento de la universidad, así como se ha mantenido encuadrado con la línea de investigación y guía de producto académico de la Universidad Cesar Vallejo, finalmente se ha sometido al software Turnitin para dar mayor respaldo a la presente investigación, habiéndose obtenido el porcentaje de 9%.

IV. RESULTADOS

En el presente acápite, se presenta los datos y resultados obtenidos en el tratamiento con nanopartículas de hierro en la reducción de concentraciones de mercurio en suelo forestal, asimismo los datos obtenidos fueron tomados antes y después del tratamiento.

4.1 Resultados de concentración de mercurio inicial presente en suelo forestal de Huepetuhe-Madre de Dios.

En la tabla Nro.7, se aprecia el resultado obtenido de las concentraciones de mercurio presentes en suelo testigo, esto posterior al análisis en el laboratorio Pacific Control Calidad y Medio Ambiente, Laboratorio y Certificaciones S.A.C, quienes a través del informe de ensayo N°210004641/2021, precisan la concentración de mercurio presente en el suelo forestal.

Tabla Nro. 7 Concentraciones de mercurio y Hierro en suelo testigo

Parámetro	SIMBOLO	RESULTADO
Mercurio	Hg	67.42 mg/kg
Hierro	Fe	7263,38 ppm

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Resultado de textura de suelo

En la Tabla Nro.8, se aprecia los resultados obtenidos del análisis textural de suelo a través del método Bouyoucos, análisis realizado en el laboratorio Pacific Control Calidad y Medio Ambiente, Laboratorio y Certificaciones S.A.C; obteniéndose el informe de ensayo N°210004641/2021, precisándose la concentración arena, limo y arcilla, predominando en la muestra testigo la arena en 94.48 %, por ello el tipo de suelo de Huepetuhe es arenoso.

Tabla Nro.8 Textura suelo testigo

TEXTURA	PORCENTAJE	RESULTADO
Arena	%	94.84
Arcilla	%	5.12

Limo	%	0.04
------	---	------

Fuente: Elaboración propia

4.3 Resultado de características de suelo testigo

La tabla Nro.9, presenta los resultados obtenidos de la muestra testigo, realizados antes del tratamiento.

- El pH, temperatura y humedad se obtuvieron a partir del uso del pH metro “4in1 Soil survey instrument”, instrumento nuevo que fue adquirido para la presente investigación, asimismo el resultado preliminar obtenido de la muestra de suelo seco fue de 7.
- Los resultados para conductividad eléctrica, de la muestra testigo se obtuvieron a partir de la compra de un multiparámetro “Multi función Water Quality test meter C-100” (equipo nuevo), obteniendo el valor de 14uS/cm, por lo cual se realizó la conversión obteniendo 0.014dS/m.

Tabla Nro.9 Características de suelo testigo

Parámetro	Unidad	Resultado
Temperatura	C°	16
pH	pH	7
Conductividad eléctrica	dS/m	0.014
Humedad	%	7

Fuente: Elaboración propia

4.4 Resultado de tratamiento de suelo forestal con aplicación de nanopartículas de hierro

A. Resultado de pH de suelo posterior al uso de nanopartículas de hierro

La tabla Nro. 10 se aprecia el valor de pH del suelo testigo fue pH 7.0, asimismo se observa que después del uso de las concentraciones de las nanopartículas de hierro, al cabo de tiempo 24 horas, 48 horas y 72 horas y analizadas en tres

repeticiones, las muestras de suelo no mostraron ningún cambio en el pH, permaneciendo 7.0.

- La muestra (M2) al cabo de 24 horas, 48 horas y 72 horas permaneció siendo pH 7,0.
- La muestra (M3) al cabo de 24 horas, 48 horas y 72 horas permaneció siendo pH 7,0.
- Finalmente, a la muestra (M4) al cabo de 24 horas, 48 horas y 72 horas, el resultado fue pH 7,0.

Asimismo, se puede precisar que la incorporación de las nanopartículas de hierro en diferentes proporciones no influyo en el pH del suelo.

Tabla Nro.10 Resultado de pH obtenido con el tratamiento de las nanopartículas de hierro.

Tiempo	Repeticiones	Muestra Testigo	Muestra 2 2.5 mg/kg	Muestra 3 5 mg/kg	Muestra 4 7.5 mg/kg
24 horas	Repetición 1	7.0	7.0	7.0	7.0
	Repetición 2	7.0	7.0	7.0	7.0
	Repetición 3	7.0	7.0	7.0	7.0
48 horas	Repetición 1	7.0	7.0	7.0	7.0
	Repetición 2	7.0	7.0	7.0	7.0
	Repetición 3	7.0	7.0	7.0	7.0
72 horas	Repetición 2	7.0	7.0	7.0	7.0
	Repetición 3	7.0	7.0	7.0	7.0
	Repetición 3	7.0	7.0	7.0	7.0
PROMEDIO		7.0	7.0	7.0	7.0

Fuente: Elaboración propia

B. Resultados de conductividad eléctrica (Ce) después del tratamiento

La Tabla Nro.11 representa los resultados obtenidos de la conductividad eléctrica, la cual en la muestra testigo se obtuvo un valor de 0.014 dS/m, asimismo posterior al tratamiento con las nanopartículas de hierro, se obtuvo lo siguiente:

- La muestra (M2) al cabo de 24, 48 y 72 horas se obtuvo 0.014 dS/m.
- La muestra (M3) al cabo de 24, 48 y 72 horas se obtuvo 0.013 dS/m.
- Finalmente, para la muestra (M4) se obtuvo un resultado de 0.014 dS/m.

Asimismo, de los resultados obtenidos se puede precisar que existe una ligera variación de la conductividad eléctrica con el uso de 5 mg/kg de nanopartículas de hierro, por lo cual se debe incidir que las nanopartículas de hierro han influenciado de manera débil en la conductividad eléctrica, por otro lado, en el resultado ha influenciado el uso de un multiparámetro portable, y no haberse realizado la parte experimental en un laboratorio con instrumentos de mayor confiabilidad.

Tabla Nro. 11 Resultados de la conductividad eléctrica

Tiempo	Repeticiones		Muestra Testigo	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
				2.5 mg/kg	5 mg/kg	7.5 mg/kg
24 horas	Repetición 1	dS/m	0.014	0.014	0.013	0.014
	Repetición 2	dS/m	0.014	0.014	0.013	0.014
	Repetición 3	dS/m	0.014	0.014	0.013	0.014
48 horas	Repetición 1	dS/m	0.014	0.014	0.013	0.014
	Repetición 2	dS/m	0.014	0.014	0.013	0.014
	Repetición 3	dS/m	0.014	0.014	0.013	0.014
72 horas	Repetición 2	dS/m	0.014	0.014	0.013	0.014
	Repetición 3	dS/m	0.014	0.014	0.013	0.014
	Repetición 3	dS/m	0.014	0.014	0.013	0.014
PROMEDIO			0.014	0.014	0.013	0.014

Fuente: Elaboración propia.

C. Resultado de % de humedad

La tabla Nro.12 representa los resultados obtenidos de la humedad, cuya muestra testigo fue de 7,2%; posterior al tratamiento se obtuvo los siguientes resultados:

- La muestra (M2) al cabo de 24, 48 y 72 horas se obtuvo una humedad de 11.3%, esto debido a la incorporación de 10 mL de agua desionizada con concentraciones de 5 mg de nanopartículas de hierro, como parte del procedimiento.
- La muestra (M3) al cabo de 24, 48 y 72 horas se obtuvo una humedad de 17.1%, producto de habersele incorporado 20 mL de agua desionizada con 10 mg de nanopartículas de hierro, acción que se realizó a fin de incorporar de manera homogénea las nanopartículas de hierro en el suelo.
- Finalmente, para la muestra (M4) después de las 24, 48 y 72 horas, se obtuvo una humedad de 23.4%, producto de habersele incorporado 30 mL de agua desionizada con 15 mg de nanopartículas de hierro, acción que se realizó a fin de incorporar de manera homogénea las nanopartículas de hierro en el suelo.

Asimismo, de los resultados obtenidos se puede precisar que la humedad se ha ido incrementando en valor de haberse incorporado agua desionizada a cada muestra; también se debe precisar que las muestras de suelo (M2, M3 y M4), no han sido sometidos a ningún tipo de secado, por ello durante las 24, 48 y 72 horas de tratamiento han sido sellados en bolsas ziploc para evitar posible evaporación y fuga de mercurio al ambiente, esto teniendo en consideración que la carga de mercurio en suelo testigo era de 67.42; otro aspecto importante fue el uso del instrumento de medida de humedad, debido a ser un instrumento de uso doméstico de poca confiabilidad ha podido inferir en los resultados.

Tabla Nro.12 Resultado de humedad (%) en las muestras tratadas

% Humedad post tratamiento					
Tiempo	Repeticiones	Muestra Testigo	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
		7.2	2.5 mg/kg	5 mg/kg	7.5 mg/kg
24 horas	Repetición 1	7.2	11.3	17.1	23.4
	Repetición 2	7.2	11.3	17.1	23.4
	Repetición 3	7.2	11.3	17.1	23.4
48 horas	Repetición 1	7.2	11.3	17.1	23.4
	Repetición 2	7.2	11.3	17.1	23.4
	Repetición 3	7.2	11.3	17.1	23.4
72 horas	Repetición 2	7.2	11.3	17.1	23.4
	Repetición 3	7.2	11.3	17.1	23.4
	Repetición 3	7.2	11.3	17.1	23.4
PROMEDIO (%)		7.2	11.3	17.1	23.4

Fuente: Elaboración propia

• **Eficiencia del tratamiento en la humedad %**

La tabla Nro.13, se aprecia los valores obtenidos de la eficiencia de la humedad en el suelo, cuyo valor inicial fue de 7.2%, después del tratamiento se obtuvieron los siguientes resultados:

- La muestra M2, a las 24, 48 y 72 horas se obtuvo un valor de 36.2%.
- La muestra M3, a las 24, 48 y 72 horas se obtuvo un valor de 57.8%.
- Finalmente, la M4, a las 24, 48 y 72 horas se obtuvo un valor de 69.2%.

Asimismo, de los resultados obtenidos se debe diferir que en las muestras M2, M3 y M4 la humedad ha ido en aumento, esto debido a que en la parte experimental se incorporó a la muestra seca agua desionizada en proporción de 10, 20 y 30 mL respectivamente para cada muestra, al momento de obtener el valor de humedad estas muestras de suelo no han sido secadas, asimismo en la eficiencia se aprecia el incremento del % de la humedad, esto acuerdo a cada muestra e incorporación del agua desionizada.

Tabla Nro. 13 Eficiencia % de la humedad en suelo

Eficiencia de las nanopartículas de hierro en suelo contaminado con mercurio (%)			
Tratamiento 2	2.5mg/kg	24	$\left(\frac{11.3-7.2}{11.3}\right) * 100 = 36.2\%$
		48	$\left(\frac{11.3 - 7.2}{11.3}\right) * 100 = 36.2\%$
		72	$\left(\frac{11.3-7.2}{11.3}\right) * 100 = 36.2\%$
Tratamiento 3	5 mg/kg	24	$\left(\frac{17.1-7.2}{17.1}\right) * 100 = 57.8\%$
		48	$\left(\frac{17.1 - 7.2}{17.1}\right) * 100 = 57.8$
		72	$\left(\frac{17.1-7.2}{17.1}\right) * 100 = 57.8\%$
Tratamiento 4	7.5 mg/kg	24	$\left(\frac{23.4 - 7.2}{23.4}\right) * 100 = 69.2\%$
		48	$\left(\frac{23.4 - 7.2}{23.4}\right) * 100 = 69.2\%$
		72	$\left(\frac{23.4-7.2}{23.4}\right) * 100 = 69.2\%$

Fuente: Elaboración propia

D. Resultado de concentraciones de mercurio

La tabla Nro.14, se aprecia el resultado obtenido de las concentraciones de mercurio para M2 con uso de 2.5 mg/kg de nanopartículas de hierro, M3 con 5mg/kg nanopartículas de hierro y M4 con 7.5 mg/kg nanopartículas de hierro, muestras que fueron analizadas al cabo de 24 horas, 48 horas y 72 horas, asimismo las muestras fueron analizadas en el laboratorio Pacific Control Calidad y Medio Ambiente, Laboratorio y Certificaciones S.A.C; los informes se precisa en la siguiente tabla.

Tabla Nro. 14 Resultados de concentraciones de mercurio.

Nro. De muestra	Muestra inicial	Tiempo (Hrs)	Nro. Informe	Cod. De Muestra	Concentración de mercurio (mg/kg)
Muestra testigo		0	210004641	M0	67.42
M2 (2.5 mg/kg)	67.42	24	210004644	M2C1R1	18.40
			210004644	M2C1R2	18.46
			210004644	M2C1R3	18.48
		48	210004647	M2C2R1	19.21
			210004647	M2C2R2	19.27
			210004647	M2C2R3	19.18
		72	210004722	M2C2R1	17.36
			210004722	M2C2R2	17.30
			210004722	MC2R3	17.40
M3 (5mg/kg)	67.42	24	210004643	M3C2R1	58.57
			210004643	M3C2R2	58.62
			210004643	M3C2R3	58.50
		48	210004646	M3C2R1	40.07
			210004646	M3C2R2	40.11
			210004646	M3C2R3	40.15
		72	210004720	M3C2R1	3.15
			210004720	M3C2R2	3.20
			210004720	M3C2R3	3.11
M4 (7.5 mg/kg)	67.42	24	210004642	M4C3R1	21.28
			210004642	M4C3R2	21.35
			210004642	M4C3R3	21.3
		48	210004645	M4C3R1	17.65
			210004645	M4C3R2	17.69
			210004645	M4C3R3	17.62
		72	210004721	M4C3R1	7.63
			210004721	M4C3R2	7.59
			210004721	M4C3R3	7.68

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se presenta la Tabla Nro. 15 en el cual se resume la tabla precedente, debido a las repeticiones (R1, R2 y R3), realizadas por cada muestra (M2, M3 y M4) y al cabo de tres tiempos (24 hrs, 48 hrs y 72hrs), siendo promediado los resultados obtenidos para cada repetición, de acuerdo al tiempo.

Del mismo modo de los resultados obtenidos se puede diferir lo siguiente:

- En la muestra (M2), en la cual se utilizó 2.5 mg/kg de nanopartículas de hierro, al cabo de 24 horas se analizó la muestra y se obtuvo un resultado promedio de 18.44, mientras que al cabo de 48 horas se obtuvo un valor de 19.22 y finalmente a las 72 de obtuvo 17.35 mg/kg; implicando que se ha reducido la concentración de Mercurio en el suelo, por cuanto el valor inicial fue de 67.42 mg/kg de mercurio; también se debe indicar que las nanopartículas de hierro han tenido mejores resultados al cabo de las 72 horas de tratamiento, implicando que cuanto más tiempo es utilizado el tratamiento, mejores resultados se obtendrán.

- Para la muestra (M3), en la cual se utilizó 5 mg/kg de nanopartículas de hierro, al cabo de 24 horas se analizaron las muestras obteniendo un valor de 58.56, mientras que a las 48 horas se obtuvo 40.11, finalmente a las 72 horas se consiguió 3.15 mg/kg de mercurio presente en suelo, a comparación del suelo testigo cuyo valor fue 67.42mg/kg, se ha reducido en buena proporción.

- Finalmente en la muestra (M4), en la cual se utilizó 7.5 mg/kg de nanopartículas de hierro, al cabo de 24 horas se analizaron las muestras obteniendo un valor de 21.31, mientras que a las 48 horas se obtuvo 17.65, finalmente a las 72 horas se consiguió 7.63 mg/kg de mercurio presente en suelo, a comparación de las otras muestras el uso de 7.5 mg/kg de nanopartículas de hierro es la que mejores resultados ha mostrado.

Tabla Nro.15 Resumen de resultados de concentración de mercurio

Nombre de muestra	Promedio	Horas	Concentración de mercurio (mg/kg)
M1 (muestra testigo)	0	0	67.42
M2 (2.5 mg/kg)	Promedio R1, R2, R3	24	18.44
		48	19.22
		72	17.35
M3 (5mg/kg)	Promedio R1, R2, R3	24	58.56
		48	40.11
		72	3.15
M4 (7.5 mg/kg)	Promedio R1, R2, R3	24	21.31
		48	17.65
		72	7.63

Fuente: Elaboración propia

• **Eficiencia de las nanopartículas de hierro**

- La eficiencia para la muestra (M2), en la cual se utilizó 2.5 mg/kg de nanopartículas de hierro, se debe precisar que al cabo de 24 horas se ha obtenido una eficiencia de 72% mientras que para 48 horas se obtuvo 71% y finalmente al cabo de 72 horas se obtuvo 74%, haciendo incuestionable la capacidad de reducción de las nanopartículas de hierro en presencia de mercurio, con el uso de 2.5 mg de nanopartículas ha significado una eficiencia promedio de más 70%.

- La eficiencia para la muestra (M3), en la cual se utilizó 5 mg/kg de nanopartículas de hierro, al cabo de 24 horas se obtuvo una eficiencia de 13%, mientras que a las 48 horas se obtuvo 41% y al tiempo de 72 horas se obtuvo 95%, en el presente caso, los resultados discrepan unos de otros por cuanto el resultado obtenido al cabo de 24 horas fue de 13% cuya eficiencia fue la más baja de todo el tratamiento, mientras que al cabo de 72 horas se obtuvo 95% cuyo valor es la más alta de todo el tratamiento, asimismo de los resultados obtenidos, se puede diferir que en la presente experimentación las nanopartículas de hierro diluidas en agua

desionizada se han mezclado con el suelo de manera manual al carecer de herramientas propias para la ejecución de un experimento de este nivel; asimismo al momento de extraer las muestras de suelo a las 24, 48 y 72 horas, las muestras de suelo no se han homogenizadas, lo cual implica que ubo aglomeración de las nanopartículas de hierro junto con las concentraciones de mercurio en la base de la bolsa Ziploc, lo cual fue extraído a las 72 horas, por ello el valor obtenido fue de 95%, mientras que en la cima de la bolsa las concentraciones de nanopartículas de hierro y mercurio se concentraron en menor cantidad por ello el resultado del análisis a las 24 horas fue 13 %.

- En el caso de la muestra (M4) en la cual se utilizó 7.5 mg/kg de nanopartículas de hierro, se debe precisar que al cabo de 24 horas se ha obtenido una eficiencia de 68% mientras que para 48 horas se obtuvo 74% y finalmente al cabo de 72 horas se obtuvo 89%, haciendo incuestionable la capacidad de reducción de las nanopartículas de hierro en presencia de mercurio, con el uso de 7.5 mg de nanopartículas ha significado una eficiencia promedio de más 80%; asimismo el uso de esta concentración ha significado una mayor reducción de concentraciones de mercurio.

Tabla Nro. 16 Eficiencia de las nanopartículas de hierro (%)

Eficiencia de las nanopartículas de hierro en suelo contaminado con mercurio (%)			
Tratamiento 2	2.5mg/kg	24	$1 - \left(\frac{18.45}{67.42}\right) * 100 = 72\%$
		48	$1 - \left(\frac{19.22}{67.42}\right) * 100 = 71\%$
		72	$1 - \left(\frac{17.35}{67.42}\right) * 100 = 74\%$
Tratamiento 3	5 mg/kg	24	$1 - \left(\frac{58.56}{67.42}\right) * 100 = 13\%$
		48	$1 - \left(\frac{40.11}{67.42}\right) * 100 = 41\%$
		72	$1 - \left(\frac{3.15}{67.42}\right) * 100 = 95\%$
Tratamiento 4	7.5 mg/kg	24	$1 - \left(\frac{21.31}{67.42}\right) * 100 = 68\%$
		48	$1 - \left(\frac{17.65}{67.42}\right) * 100 = 74\%$
		72	$1 - \left(\frac{7.6}{67.42}\right) * 100 = 89\%$

Fuente: Elaboración propia.

Contrastación de hipótesis

En el presente acápite se utilizará el programa IBM SPSS, con la finalidad de contrastar las hipótesis formuladas.

a) Hipótesis General

H0: Las nanopartículas de hierro no tienen la capacidad de reducir las concentraciones de mercurio presente en suelos forestales, Huepetuhe-Madre de Dios.

Hi: Las nanopartículas de hierro tienen la capacidad de reducir las concentraciones de mercurio presente en suelos forestales, Huepetuhe-Madre de Dios.

- Supuesto de normalidad de datos.

En esta fase se utilizará la prueba de hipótesis de Shapiro-Wilk, teniendo en consideración que la muestra a analizar es inferior a 30.

La presente prueba revela que el supuesto de normalidad donde $P > 0.05$ se cumple, por ello se debe precisar que los datos tienen una distribución normal, por lo que es paramétrico y se utilizara la prueba T-Student.

Tabla Nro. 17 Prueba de normalidad para reducción de mercurio.

Pruebas de normalidad							
Horas		Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mercurio	24	,276	3	.	,942	3	,537
	48	,204	3	.	,993	3	,843
	72	,196	3	.	,996	3	,878
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración propia-SPSS

En la Tabla Nro. 18 La prueba de homogeneidad de varianza respecto al supuesto

de homogeneidad donde $P > 0.05$, del estadístico de Levene se ha obtenido el valor de 0.915; por ello se acepta la hipótesis nula, es decir existe igualdad de varianzas.

Tabla Nro.18 Prueba de homogeneidad para reducción de mercurio

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Mercurio			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
	,090	2	6
			,915

Fuente: Elaboración Propia

Del mismo modo en la tabla Nro.19 prueba de T-Student para concentraciones de nanopartículas de hierro donde $p < 0.05$ para el caso donde la muestra testigo (M1) -Muestra (M2) se obtuvo (Sig. 0,0) mientras que para muestra testigo (M1) -Muestra (M3) se obtuvo (Sig. 0,0) y finalmente para la muestra testigo (M1) -Muestra (M4) se obtuvo (Sig. 0,0), por ello en todos los casos se puede decir lo siguiente:

($P=0,0$) <0.05 por ello se acepta H_1 : Las nanopartículas de hierro tienen la capacidad de reducir las concentraciones de mercurio presente en suelos forestales, Huepetuhe-Madre de Dios.

Tabla Nro. 19 prueba de T-Student para para reducción de mercurio

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Muestra Piloto M4*24	61,31667	10,65502	3,55167	52,12650	68,5068	16,983	8	,000
Par 2	Muestra Piloto M4*48	61,53556	8,82668	2,94223	54,75077	68,32035	20,915	8	,000
Par 3	Muestra Piloto M4*72	64,87556	3,81673	1,27224	61,94175	68,80936	50,993	8	,000

Fuente: Elaboración propia

En la figura Nro.18, se ha plasmado una comparación en forma de barras respecto al tratamiento de 2.5 mg/kg de nanopartículas de hierro en comparación con la muestra inicial de suelo, percibiéndose que la muestra inicial de suelo arrojó 67.42mg/kg de mercurio, también se debe precisar que la reducción de las concentraciones de mercurio se encuentra ligadas con relación a la concentración de las nanopartículas de hierro y el tiempo.

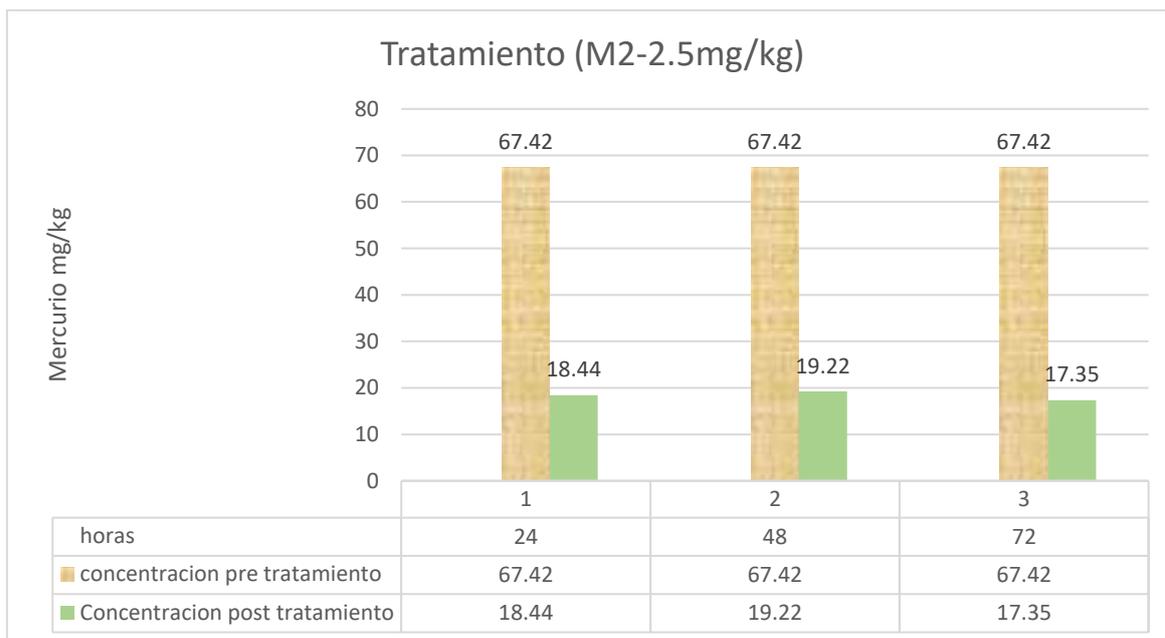


Figura Nro. 18 Comparación de suelo testigo y muestra (M2)

La Figura Nro.19, se ha plasmado una comparación en forma de barras respecto al tratamiento de 5 mg/kg de nanopartículas de hierro en comparación con la muestra inicial de suelo, sabiéndose que la muestra inicial de suelo arrojó 67.42mg/kg de mercurio, al respecto se debe indicar que la reducción de las concentraciones de mercurio se encuentra ligadas con relación a la concentración de las nanopartículas de hierro y el tiempo

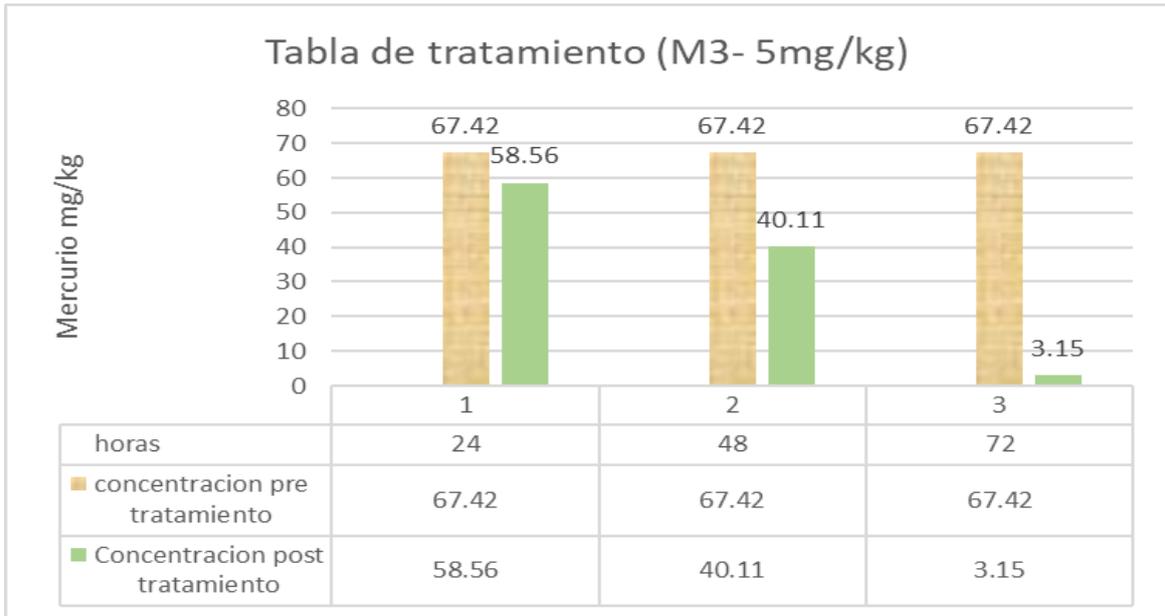


Figura Nro. 19 Comparación de suelo testigo y muestra (M3)

En la figura Nro. 20, se ha plasmado una comparación en forma de barras respecto al tratamiento de 7.5 mg/kg de nanopartículas de hierro en comparación con la muestra inicial de suelo, percibiéndose que la muestra inicial de suelo arrojó 67.42 mg/kg de mercurio, también se debe precisar que la reducción de las concentraciones de mercurio se encuentra ligadas con relación a la concentración de las nanopartículas de hierro y el tiempo.

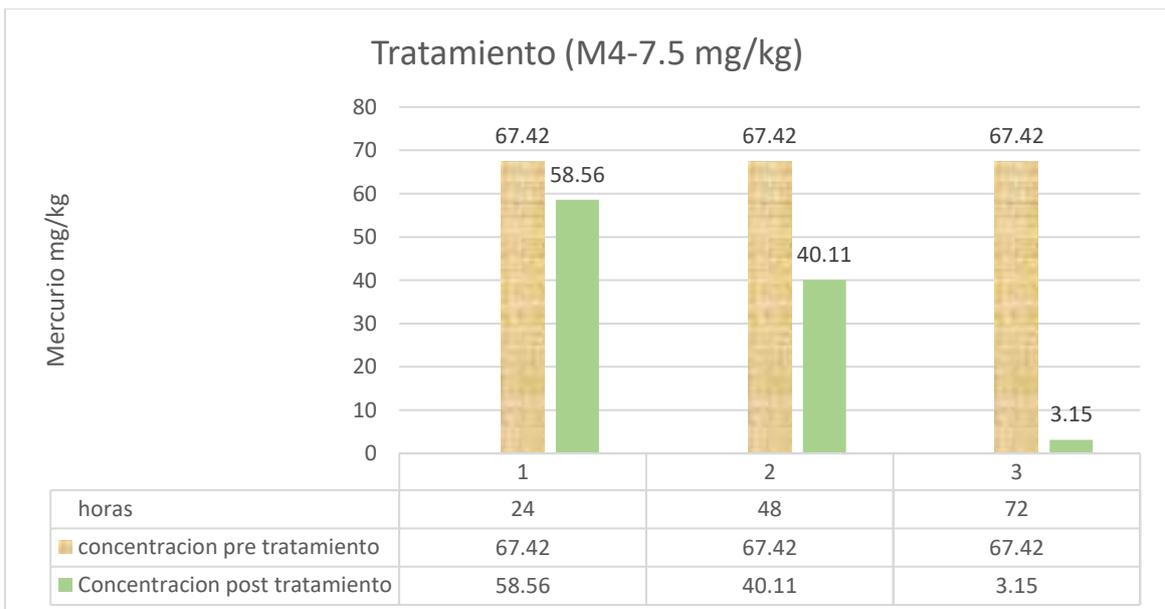


Figura Nro.20 Comparación de suelo testigo y muestra (M4)

b) Hipótesis específico

H1: La dosis óptima de las nanopartículas de hierro para reducir la concentración de mercurio en suelos forestales, Huepetuhe -Madre de Dios, es de 7.5 mg/kg

H0: La dosis óptima de las nanopartículas de hierro para reducir la concentración de mercurio en suelos forestales, Huepetuhe -Madre de Dios, no es de 7.5 mg/kg.

• **Aplicación de las nanopartículas de hierro en concentración de 7.5 mg/kg.**

En la tabla Nro. 20 se tuvo en consideración que los supuestos tenían un 95 % con confiabilidad y 5% de alfa.

Según los datos obtenidos de la prueba de normalidad-Shapiro Wilk, indica que el supuesto de normalidad $P > 0.05$, se cumple, por ello tiene una distribución normal, por lo que es paramétrico y se utilizara la prueba T-Student.

Tabla Nro. 20 Prueba de normalidad para concentración de nanopartículas de hierro.

Pruebas de normalidad							
mg/kg nZVI		Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
mg/kg	2,5	,210	3	.	,991	3	,818
	5,0	,253	3	.	,964	3	,636
	7,5	,284	3	.	,933	3	,511
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS

En la Tabla Nro. 21 Del mismo modo respecto a la prueba de homogeneidad de varianza, se usó la prueba LEVENE, donde el supuesto de homogeneidad $P > 0.05$, obteniéndose 0.085; por ello se acepta la hipótesis nula, es decir existe igualdad de varianzas.

Tabla Nro. 21 Prueba de homogeneidad para concentraciones de nanopartículas

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Mercurio			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,791	2	6	,085

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en la tabla Nro. 22 donde se realizó la comparación de las muestras de suelo sin tratamiento con relación a las muestras de suelo (M4) tratadas con 7,5 mg/kg, se tuvo el valor de significancia de 0,000 lo que indica que es inferior a $P < 0,05$, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

- En el primer caso se tiene el $P < 0.05$, donde Muestra piloto-M4X24 horas, tratamiento en el cual se usó 7,5 mg/kg de nanopartículas de hierro, se acepta la H1: La dosis óptima de las nanopartículas de hierro para reducir la concentración de mercurio en suelos forestales, Huepetuhe -Madre de Dios, es de 7.5 mg/kg, al haber obtenido el valor de $(P=0.00) < 0.05$.
- En el segundo caso se tiene el $P < 0.05$, donde Muestra piloto-M4X48 horas, tratamiento en el cual se usó 7,5 mg/kg de nanopartículas de hierro, se acepta la H1: La dosis óptima de las nanopartículas de hierro para reducir la concentración de mercurio en suelos forestales, Huepetuhe -Madre de Dios, es de 7.5 mg/kg, al haber obtenido el valor de $(P=0.00) < 0.05$.
- Finalmente, en el tercer caso se tiene el $P < 0.05$, donde Muestra piloto-M4X72 horas, tratamiento en el cual se usó 7,5 mg/kg de nanopartículas de hierro, se acepta la H1: La dosis óptima de las nanopartículas de hierro para reducir la concentración de mercurio en suelos forestales, Huepetuhe -Madre de Dios, es de 7.5 mg/kg, al haber obtenido el valor de $(P=0.00) < 0.05$.

Tabla Nro. 22 Prueba de T-Student para concentraciones de nanopartículas de hierro.

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	M1 - M2	61,30778	9,18035	3,06012	54,25113	68,36442	20,034	8	,000
Par 2	M1 - M3	60,24556	14,18448	4,72816	49,34240	71,14872	12,742	8	,000
Par 3	M1 - M4	63,83333	6,15388	2,05129	59,10304	68,56362	31,119	8	,000

Fuente: Elaboración propia

H1: La concentración de mercurio en suelos forestales se reducirá en 100% después del tratamiento con nanopartículas de hierro en el distrito de Huepetuhe-Madre de Dios.

H0: La concentración de mercurio en suelos forestales no se reducirá en 100% después del tratamiento con nanopartículas de hierro en el distrito de Huepetuhe-Madre de Dios.

En la tabla Nro. 23 se tuvo en consideración que los supuestos tenían un 95 % con confiabilidad y 5% de alfa.

Según los datos obtenidos de la prueba de normalidad-Shapiro Wilk, indica que el supuesto de normalidad $P > 0.05$, se cumple, por ello tiene una distribución normal, por lo que es paramétrico y se utilizara la prueba T-Student.

Tabla Nro.23 Prueba de eficacia de nanopartículas de hierro.

Pruebas de normalidad							
	Concentración zNVI	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje %	2,5	,253	3	.	,964	3	,637
	5,0	,249	3	.	,968	3	,654
	7,5	,276	3	.	,942	3	,537

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla Nro. 24 Del mismo modo respecto a la prueba de homogeneidad de varianza, se usó la prueba LEVENE, donde el supuesto de homogeneidad $P > 0.05$, obteniéndose para la M2 (,022), para M3 (.024), y para M4 (,015); por ello rechaza la hipótesis nula.

Tabla Nro. 24 Prueba de homogeneidad para eficacia de nanopartículas de hierro.

Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
M2%	7,692	3	8	,010
M3%	7,461	3	8	,011
M4%	9,143	3	8	,006

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en la tabla Nro. 25 donde se realizó la comparación de la eficiencia de las nanopartículas de hierro en la reducción de concentraciones de mercurio en el suelo, en las muestras M2 en la cual se usó 2.5 mg/kg de nanopartículas de hierro, M3 se usó 5 mg/kg de nanopartículas de hierro y M4 se usó 7.5 mg/kg de nanopartículas de hierro, asimismo en el presente caso del supuesto que se propone donde a $P < 0.05$, por lo tanto en el presente caso se acepta la hipótesis nula.

De acuerdo a la prueba realizada Tukey, donde se observa comparaciones múltiples y diferencias importantes entre los grupos.

La muestra testigo, en comparación con M2 donde se usó 2,5 mg/kg de nanopartículas de hierro, M3 se usó 5 mg/kg de nanopartículas de hierro y M4 se usó 7.5 mg/kg de nanopartículas de hierro, asimismo se planteó dónde ($P < 0,05$), por ello se determina la diferencia importante entre la muestra testigo y los tratamientos M2, M3 y M4.

Tabla Nro. 25 Prueba de Tukey para eficacia de nanopartículas de hierro.

Comparaciones múltiples							
HSD Tukey							
Variable dependiente	(I) zNVI	(J) zNVI	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
	,0	2,5	-48,000	16,971	,085	-102,35	6,35
		5,0	-48,000	16,971	,085	-102,35	6,35
		7,5	-48,000	16,971	,085	-102,35	6,35
	2,5	,0	48,000	16,971	,085	-6,35	102,35
		5,0	,000	16,971	1,000	-54,35	54,35
		7,5	,000	16,971	1,000	-54,35	54,35
	5,0	,0	48,000	16,971	,085	-6,35	102,35
		2,5	,000	16,971	1,000	-54,35	54,35
		7,5	,000	16,971	1,000	-54,35	54,35
	7,5	,0	48,000	16,971	,085	-6,35	102,35
		2,5	,000	16,971	1,000	-54,35	54,35
		5,0	,000	16,971	1,000	-54,35	54,35

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración Propia.

V.DISCUSIÓN

- De acuerdo a los resultados conseguidos, respecto a la reducción de mercurio presente en el suelo, de los tres grupos analizados se obtuvo una reducción de 72.3%, 49.6% y 77% con el uso de nanopartículas de hierro en proporción de 2.5, 5 y 7.5, al cabo de 72 horas, en comparación de diferentes investigaciones como Vidal, Marrugo (2010), quien a partir del uso de Guanuro, obteniendo resultados al cabo de 4 meses, logrando la reducción de 33.1% de mercurio en el suelo, mientras que Li, Qi, Ibeanusi (2021), utilizó cepas tolerantes, logrando resultados al cabo de 4 días, lográndose una reducción de 24.3% y 52.9% de mercurio presente en suelo, asimismo Espinoza L. y Manzini Y. (2019), utilizaron *Escherichia Coli*, y al cabo de 120 minutos se redujo el 83.2% de Hg presente en el suelo; de acuerdo a los resultados obtenidos al ser comparados con otros estudios, se colige que a partir de uso de las nanopartículas de hierro, se logró reducir altas concentraciones de mercurio en corto tiempo.
- Respecto a la concentración óptima de las nanopartículas de hierro para reducir la concentración de mercurio en suelos forestales, Diaz y Valdez (2019), redujeron concentraciones de mercurio y arsénico en suelo a partir del uso de las nanopartículas de hierro en concentración de 2.5% del peso, al cabo de 71 horas se obtuvo una reducción de Hg disminuyo entre 39 y 54 %, mientras que en la presente investigación se utilizó 2,5 mg/kg, 5mg/kg y 7.5 mg/kg, de nanopartículas de hierro obteniéndose reducciones de 72.3%, 49.6% y 77% respectivamente, esto al cabo de 72 horas; disgregando los resultados obtenidos se debe precisar que en la obtención de resultados han jugado roles importantes el tipo de suelo, pH y las nanopartículas de hierro, conforme a la investigación precedida donde contaban con un suelo franco limosa, con pH casi neutro, Hg 100 mg/kg, asimismo las nanopartículas de hierro aplicadas tenían la característica de encontrarse en solución acuosa, mientras que en la investigación realizada el tipo de suelo fue arenoso, pH neutro, la baja materia y el uso de nanopartículas fue sólida-granulado, generando de esta manera que las nanopartículas de hierro solidas se encuentren con mayor concentración y al contacto con el agua se inicie su oxidación a partir de ese momento.

- Respecto a la concentración de mercurio en suelos forestales, antes y después de la aplicación de nanopartículas de hierro, los siguientes autores Pierre (2019), obtuvo dos muestras de zonas contiguas de la comunidad de San Jacinto determinándose las concentraciones de mercurio en 0.058 y 0.059 mg/kg, mientras que Velásquez, Vega, Corvera (2020), determinaron los niveles Hg en los suelos impactados por la actividad minera en los sectores de Santa Rita, San Jacinto y Kotzimba, determinándose las concentraciones de mercurio de entre 0.01-0.28 mg/kg; mientras que Dueñas J. determino las concentraciones de mercurio en suelos de minería aurífera en el distrito Inambari- Madre de Dios, cuyo valor fue < 0.1 mg/kg, asimismo Arostegui V.(2017) determinó la concentración de mercurio en suelo de los sectores Iberia, Punkiro chico y Sarayacu- Madre de Dios, obteniendo resultado ($< 0,10$) mg Hg/kg; Del contraste de resultados obtenidos; la presente investigación determino altas concentraciones de mercurio presente en suelo 67.42 mg/kg debido la zona de muestreo son áreas latentes de procesamiento de material minero amalgamación y quemado; asimismo posterior al tratamiento con las nanopartículas de hierro los resultados han permaneció siendo superiores a 3mg/kg de mercurio presente en suelo.

VI.CONCLUSIONES

- Las nanopartículas de hierro tienen la capacidad de reducir las concentraciones de mercurio presentes en suelos forestales, al haberse demostrado la reducción de 72.3%, 49.6% y 77% partir del uso de las nanopartículas de hierro en proporción de 2.5, 5 y 7.5 mg/kg respectivamente.
- La dosis optima de las nanopartículas de hierro fue de 7.5 mg/kg, al haberse reducido al cabo de 24 horas 68%, 48 horas 74% y al cabo de 72 horas 89%, demostrando su eficacia en tiempo reducido.
- Asimismo, respecto a la concentración de mercurio presente en el suelo fue de 67.42 mg/kg, lo que indica que supera los estándares de calidad ambiental para suelo DS. Nro.011-2017-MINAM, así como la normativa ambiental Mexicana Norma NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 y finalmente la normativa ambiental para recurso suelo-Ecuador, asimismo posterior al tratamiento la concentración de mercurio continúa superando los ECAs peruanos y ecuatoriano, a diferencia de la normativa mexicana, en la cual se encuentra por debajo de los estándares de calidad.

VII.RECOMENDACIONES

- Realizar los procedimientos experimentales en laboratorios y bajo asesorías de personal idóneo, a fin de evitar posibles alteraciones en los resultados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal al momento de realizar la manipulación del mercurio, así como acondicionar el área con temperatura adecuada, a fin de evitar intoxicaciones.
- Se recomienda realizar experimentos en campo con el uso de las nanopartículas de hierro con diversas concentraciones.
- Se recomienda realizar el uso de las nanopartículas de hierro en la reducción de metales pesados en los suelos.
- Realizar investigaciones a cerca de las nanopartículas de hierro, procesamientos, fabricación, utilidad en el campo ambiental.

REFERENCIAS

- Abreu, Hipótesis, Método y diseño de investigación- 2012. ISSN 1870-557x disponible en: [http://www.spentamexico.org/v7-n2/7\(2\)187-197.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n2/7(2)187-197.pdf)
- Amabilis, Siebe, Moeller. Remoción de mercurio *Phragmites Australis* empleada como barra biológica en humedales artificiales inoculados con cepas tolerantes a metales pesados, México, 2016. Universidad Autónoma de México. Recuperado desde <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v32n1/0188-4999-rica-32-01-00047.pdf>
- Arostegui V. Determinación de los niveles de concentración de mercurio en suelo y plátano Musa Cultivar AAB, sub grupo plantain en Sarayacu, Punkiri chico e Iberia -Madre de Dios,2017. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/248/004-2-3-051.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Boente, Sierra y Martínez. Nanoscale zero-valent iron-assisted soil washing for the removal of potentially toxic elements, 2018. Libro Journal of Hazardous Material Pág. 55- 65 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438941830092X>.
- Buelvas y Rodríguez. Capacidad de la Acacia Mangium como planta fitoremediadora de suelos contaminados por mercurio, Colombia 2017. Universidad de Córdoba -Colombia, investigación para optar título de ingeniero ambiental disponible en: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/474/CAPACIDAD%20DE%20LA%20ACACIA%20MANGIUM%20COMO%20PLANTA%20FITORREMIADORA%20DE%20SUELOS%20CONTAMINADOS%20CON%20MERCURIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Brown, Hasan. Method for mapping Hg⁰ emissions from gold shops in artisanal and small-scale gold mining communities, 2020.Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016120302806#abs001>
- Caiza F. Mercurio en el suelo contaminación y remediación” Universidad Complutense – Madrid 2017.Disponible en <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GISELA%20FERNANDA%20OCAIZA%20OCAIZA.pdf>.
- Carrillo R, Gonzales C. La nanotecnología en la agricultura y rehabilitación de suelos contaminados, vol. 2 2019 disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/53587Texto%20del%20art%C3%ADculo-151879-1-10-20151209%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/53587Texto%20del%20art%C3%ADculo-151879-1-10-20151209%20(1).pdf)

- Centro de Innovación Científica Amazónica. Perú: informe arroja alarmantes niveles de mercurio en Madre de Dios, Publicado por revista MOMGAMBAY 2017, disponible en: <https://es.mongabay.com/2018/08/Perú-mercurio-en-madre-de-dios/>.
- Costa, Alfonso y palacios. Proceso de tratamiento para la recuperación de oro en el asentamiento minero artesanal de Misky, Perú 2009. Disponible en: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8C967A94F182447D05257BF90077A177/\\$FILE/20.UTRILLAS.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8C967A94F182447D05257BF90077A177/$FILE/20.UTRILLAS.pdf)
- Código Penal Peruano, Art. 307 Pág. 80 publicado por el diario oficial el peruano Disponible en: <https://diariooficial.elperuano.pe/pdf/0034/codigo-penal-29.07.2020.pdf>
- Diaz, Baragaño. Nanotecnología para recuperar suelos, 2017. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/336135591_Mercury_and_arsenic_soil_pollution_assessment_in_the_surroundings_of_La_Soterrana_mine_Asturias_A_geochemical_and_multispectral_imagery_camera_drone_approach
- Diaz, Valdez, Baragaño. Nanoremediation and long-term monitoring of brownfield soil highly polluted with As and Hg ,2019. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719317127#bb0095>
- Diaz, Alonso y Rodriguez. Comparing different comercial zero valent iron nanoparticles to immobilize As and Hg in brownfield soil, 2017. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717302528#ab0005>
- Dueñas J. Evaluación de la capacidad fotorremediadora de *Inga edulis* Mart., en una área degradada por minería aurífera en el distrito Inambari, provincia de Tambopata región Madre de Dios, 2015. Universidad Nacional Amazónica de Madre de dios Tesis para obtener título profesional de Ingeniero forestal y medio ambiente. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/117/004-2-3-040.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Elsagh, Jalilian y Ghaderi. Evaluation of heavy metal pollution in coastal sediments of bandar abbas, the Persian gulf, Iran: Mercury pollution and environmental geochemical indices. Marine Pollution Bulletin Irán,2021. Vol. 167. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X21003489>.

- Espinoza L y Manzini Y. Bioadsorción de Echerichia coli en suelos contaminados por mercurio en el distrito de Ascensión-Huancavelica, 2019. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46307>.
- FAO. Guía para la descripción de suelos, 2009. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>.
- Feingold, Berky. Population -based dietary exposure to mercury through fish consumption in the Southern Peruvian Amazon, abril 2020. Vol. 183 disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935119305171>
- Gaona. 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, 2004. Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en: <https://www.tdx.cat/handle/10803/3174;jsessionid=9CE9DEFC424E973CF32A58BA2E6D8546>
- Galdames, Mendoza y Orueta. Development of new remediation technologies for contaminated soils based on the application of zero-valent iron nanoparticles and bioremediation with compost, 2017. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405653716301506>
- Gayo Peláez, José Ignacio. Respuesta de las poblaciones microbianas de los suelos contaminados con los metales pesados a tratamientos de descontaminación con nanopartículas, 2008. (trabajo de fin de master). Universidad de Oviedo. Recuperado desde disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/160244483.pdf>.
- Gonzales, Arain y Fernández. Mercury exposure, risk factors, and perceptions among women of childbearing age in an artisanal gold mining region of the Peruvian Amazon, 2019. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935119305833?via%3Dihub>.
- Hernández, Baptista. Metodología de la investigación (2014) ISBN 978-4562-2396-0. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
- Huang, Hu, Peng. Cadmium immobilization in river sediment using stabilized nanoscale zero-valent iron with enhanced transport by polysaccharide coating, 2018. Journal of environmental Management Vol.210, pag. 191-200 disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147971830001X>
- Laricano E. Análisis comparativo de la biorremediación de suelos contaminados con mercurio por actividad minera aplicando la tecnología de

- vermicomposta,2018. universidad Nacional del Altiplano”. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8584/Ernesto_Laricano_Flores.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López G. Nanotecnología aplicada a remediación ambiental: cuatro estudios de caso -Santa Fe-Argentina, 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329924028_Nanotecnologia_aplicada_a_remediacion_ambiental_cuatro_estudios_de_caso.
- Martinez, Todorova, Araujo. Contaminación por mercurio en sedimentos fluviales y peces asociados con la minería de oro artesanal y pequeña escala en Madre de Dios, Perú. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/8/1584/htm>.
- Negrete M, Mosquera M y Espinoza N. Nanoremediación de suelos,2017. Disponible en:https://www.academia.edu/14555715/NANOREMEDIACION_DE_SUELOS.
- OMS. El mercurio y la salud,2017. Disponible en <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
- Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. Comunicado Nro. 004-2016-SANIPES/DSNPA Prohibición de comercialización de Mota Punteada en Madre de Dios,2016. Disponible en:http://www.sanipes.gob.pe/documentos/5_COMUNICADO-N-004-2016-SANIPES-DSNPA.pdf.
- Ortiz y Villar. Técnicas de recuperación de suelos contaminados,2007. Disponible en: https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf.
- Osores, Rojas. Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: un problema de salud pública, 2012. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172012000100012.
- Paisio, Gonzales. Remediación biológica de mercurio; recientes avances, Argentina 2012. Disponible en <http://eca-suelo.com.pe/wp-content/uploads/2018/08/32.-Remediacion-biol-gica-de-Mercurio-Recientes-avances.pdf>.
- Pérez, Vidal y Marrungo. Evaluación de la capacidad acumuladora del mercurio del ají (capsicum annum), 2014. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/31466/51631>.
- Pierre. Niveles de mercurio en suelos alterados por la minería ilegal, en la comunidad de San Jacinto, provincia de Tambopata-Madre de Dios,2019.

- Tesis de investigación para obtener título profesional de ingeniero ambiental Universidad Nacional Federico Villareal. Disponible en http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3061/UNFV_MANDROS_MONTES_PIERRE_ANDRE%C3%89_TITULO_PROFESIONAL_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Rio M. Aplicación de nanotecnologías magnéticas de hierro a la eliminación de mercurio del agua, 2013. (trabajo final de Grado). Univerisitat de les Illes Balears-Baliarica
https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/1143/TFG_QUIMICA_DelRioClarMateu.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sampieri, Collado y Lucio Metodología de investigación, 2004. ISBN: 978-607-15-0291-9 Disponible en https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20ta%20Edici%C3%B3n.pdf.
- Serena, Takeuchi. Guía didáctica para enseñanza de la nanotecnología en la educación secundaria, 2014. ISBN-13 978-84-15413-33-2 Disponible en https://www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/LIBRO_GUIA_DIDACTICA.pdf.
- Stefaniuk, Oleszczuk y Sik Ok. Review on nano zerovalent iron (nZVI): From synthesis to environmental applications, 2016. Chencial Engineeering Journal Vol.287-Pag.618-632, disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894715015892>
- Vidal, Marrugo. Remediación de suelos contaminados con mercurio utilizando guarano (cecropia peltata), 2010. ISSN: 0122-3461 Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/n27/n27a07.pdf>.
- Velásquez M. Metales en suelos explotados por la pequeña minería aurífera aluvial en Madre de Dios, Perú 2017. – Universidad Nacional Agraria la Molina. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2893/T01-V443-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Velásquez. Mercurio en áreas degradadas por la minería aurífera aluvial en la Amazonía, una mirada inicial al suelo, 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/344959881_MERCURIO_EN_AREAS_DEGRADADAS_POR_LA_MINERIA_AURIFERA_ALUVIAL_EN_LA_AMAZONIA_-_UNA_MIRADA_INICIAL_AL_SUELO.
- Velásquez, Vega, Corvera. Mercury in soil impacted by alluvial gold mining in the Peruvian Amazon, 2020. revista de gestión ambiental Vol. 288 disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721004266>
- Vilcapaza J. Evaluación de la capacitación fotorremediadora del garbancillo (Astragalus Arequipensis) en función de tres tipos de enmienda orgánica sobre la remoción de mercurio del suelo contaminados por la actividad

minera del centro poblado la Rinconada -región Puno, 2018. Disponible en https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1709/Jean_Tesis_Licenciatura_2018%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Vitková, Rákosova y Komarek. Metal (loid)s behaviour in soils amended with nano zero-valent iron as a function of pH and time, 2017. Revista de Gestión Ambiental Vol. 186 Parte 2 Pág. 268-276 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716303425>

Xue, Peng y Huang. Nanoremediation of cadmium contaminated river sediments: Microbial response and organic carbon changes,2018 Vol. 359 Pag.290-299 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389418305922>

Anexos

ANEXO 01: INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ubicación de puntos de muestreo**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 10 de noviembre del 2020


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

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cadena de custodia**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 10 de noviembre del 2020


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

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de las nanopartículas de hierro**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 10 de noviembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 136287
 RENACYT: P0076275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de muestra de suelo inicial**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 10 de noviembre del 2020


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

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de muestra de suelo final**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

✓ 90%

Lima, 10 de noviembre del 2020


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

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental y química.**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ubicación de puntos de muestreo**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 28 de mayo del 2021.



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental y química.**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cadena de custodia**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 28 de mayo del 2021.



Dr. Eustasio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental y química.**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de las nanopartículas de hierro.**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 28 de mayo del 2021.



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25430

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental y química.**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de la muestra de suelo inicial.**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 28 de mayo del 2021.



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental y química.**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de la muestra de suelo final.**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 28 de mayo del 2021.



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mg. PERALTA MEDINA JUAN ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ing. Químico**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ubicación de puntos de muestreo**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 28 de mayo del 2021.



Juan Alberto PERALTA MEDINA
DNI Nro.09127909

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. PERALTA MEDINA JUAN ALBERTO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ing. Químico**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cadena de custodia**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 28 de mayo del 2021.



Juan Alberto PERALTA MEDINA
DNI Nro.09127909

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. PERALTA MEDINA JUAN ALBERTO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ing. Químico**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de las nanopartículas de hierro**
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 28 de mayo del 2021.



Juan Alberto PERALTA MEDINA
DNI Nro.09127909

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. PERALTA MEDINA JUAN ALBERTO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ing. Químico**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de muestra de suelo inicial**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 28 de mayo del 2021.


 Juan Alberto PERALTA MEDINA
 DNI Nro.09127909

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. PERALTA MEDINA JUAN ALBERTO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ing. Químico**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de muestra de suelo final**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Ambia Yaure, Lourdes Eva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 28 de mayo del 2021.



Juan Alberto PERALTA MEDINA
DNI Nro.09127909

Ficha 1 Ubicación de puntos de muestreo	
Título	Reducción de la concentración de mercurio presente en suelo forestal mediante nanopartículas de hierro, Huepetuhe-Madre de Dios
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
Responsable	Ambia Yaure, Lourdes Eva
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo

Nro.	Código	Coordenadas UTM			Superficie	Distrito	Provincia	Departamento	Descripción del lugar
		Este	Norte	Altitud					
M1									
M2									
M3									
M4									
M5									
M6									
M7									
M8									
M9									
M10									
M11									
M12									
M13									
M14									
M15									
M16									


 Juan Alberto PERALTA MEDINA
 DNI Nro.09127909


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


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Ficha 2 Cadena de custodia	
Titulo	Reducción de la concentración de mercurio presente en suelo forestal mediante nanopartículas de hierro, Huepetuhe-Madre de Dios.
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
Responsable	Ambia Yaure, Lourdes Eva
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo

Descripción de muestra			
Fecha		Hora	
Lugar			
Provincia			
Distrito			
Coordenadas	Este		
	Norte		
Cantidad			
Temperatura			
pH			
CE			



Juan Alberto PERALTA MEDINA
DNI Nro.09127909



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



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

Ficha 3 Características de las nanopartículas de hierro	
Título	Reducción de la concentración de mercurio presente en suelo forestal mediante nanopartículas de hierro, Huepetuhe-Madre de Dios.
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
Responsable	Ambia Yaure, Lourdes Eva
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo

Lugar			
Distrito			
Provincia			
Departamento			
Fecha			
Características de Nanopartículas de Hierro		Concentración de nanopartículas de hierro	
Tamaño		Dosis de aplicación (mg)	
Tipo de nanopartículas		D1	D2 D3



Juan Alberto PERALTA MEDINA
DNI Nro.09127909



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



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

Ficha 4 Análisis de muestra de suelo inicial	
Titulo	Reducción de la concentración de mercurio presente en suelo forestal mediante nanopartículas de hierro, Huepetuhe-Madre de Dios.
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
Responsable	Ambia Yaure, Lourdes Eva
Asesor	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo

FECHA				HORA						
Nro. De muestra	Cod. De Muestra	Peso de muestra	pH	CE	Humedad	Arena	Arcilla	Limo	Concentración de mercurio	Concentración de Hierro
		Kg	(1-14)	dS/m	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg
M1										


 Juan Alberto PERALTA MEDINA
 DNI Nro.09127909


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


 Dr. Eustero Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Ficha 5 Análisis de muestra de suelo final		
Título		Reducción de la concentración de mercurio presente en suelo forestal mediante nanopartículas de hierro, Huepetuhe-Madre de Dios.
Línea de Investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
Responsable		Ambia Yaure, Lourdes Eva
Asesor		Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo

Fecha					Hora			
Nro. De muestra	TIEMPO	Cod. De Muestra	Peso	pH	CE	Concentración de Mercurio	Concentración de hierro	
			Kg	(1-14)	dS/m	mg/kg	mg/kg	
M2	24	M2C1R1						
		M2C1R2						
		M2C1R3						
	48	M2C2R1						
		M2C2R2						
		M2C2R3						
	72	M2C2R1						
		M2C2R2						
		M2C2R3						
M3	24	M3C2R1						
		M3C2R2						
		M3C2R3						
	48	M3C2R1						
		M3C2R2						
		M3C2R3						
	72	M3C2R1						
		M3C2R2						
		M3C2R3						
M4	24	M4C3R1						
		M4C3R2						
		M4C3R3						
	48	M4C3R1						
		M4C3R2						
		M4C3R3						
	72	M4C3R1						
		M4C3R2						
		M4C3R3						

M2, M3, M4	Numero de Muestras (1, 2,3)
C1, C2, C3	Cantidad de concentración de nanopartículas (C1, C2, C3,)
R1, R2, R3	Nro. De repeticiones (R1, R2, R3)



Juan Alberto PERALTA MEDINA
DNI Nro.09127909



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



Dr. Eusebio Horacio Acosta Samsuabar
CIP. N° 25450

ANEXO 02: OPERALIZACIÓN DE VARIABLE

Reducción de la concentración de mercurio presente en suelo forestal mediante nanopartículas de hierro, Huepetuhe-Madre de Dios

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCIONES	INDICADOR	ESCALA
VI: Nanopartículas de Hierro	Las nanopartículas de hierro, son átomos comprendidos entre 1 y 100 nm, se caracterizan por estar formada de material metálico y pueden trabajar como aislantes.	La caracterización de las nanopartículas de hierro se realizada a través del microscopio.	Concentración	-2.5 NPs de hierro por muestra de suelo Kg. -5 NPs de hierro por muestra de suelo Kg. -7.5 NPs de hierro por muestra de suelo Kg.	Razón
			Caracterización de las nanopartículas de hierro	Tamaño: 60 nm	Razón.
				Tipo: NP ZVI Cero valente	Razón
VD: Concentración de mercurio en suelo forestal	El mercurio Hg ²⁺ oxidado pasa a la atmósfera y precipita, se transforma en metilmercurio, afecta los organismos y pasa al hombre a través de la cadena trópica. Caiza 2018.	La presencia de mercurio en el suelo se determinará a través de un análisis en laboratorio, posteriormente la eficacia del tratamiento se calculará: $E=1-(M1/MF)100$	Características de suelo forestal	pH (1-14)	Intervalo
				Humedad (%)	Razón.
				Conductividad Eléctrica (dS/m)	Razón.
			Concentración de mercurio	Cantidad de mercurio inicial. Cantidad de mercurio final (mg/kg)	Razón
Cotejo con normativa peruana e internacional.	Nominal				

ANEXO 03: INFORMES DE ENSAYOS

Razón social: Lourdes Eva Ambia Yaure

RUC: DNI 70406157

Domicilio legal: Jr Av. Los Nogales Nro. 251 Condominio Nuevo Nogales
Torre 11 dpto. 2006 El Agustino

CMA: CMA2353/2021

Producto declarado: SUELO / MUESTRA Nro. 01
 Número de Muestras: 01
 Presentación: Envase sellado / Una (01) unidad de 2kg aprox.
 Procedencia: Distrito de Huepetuhe, Provincia de Manu, Departamento de Madre de Dios
 Condición de la muestra: Temperatura Ambiente
 Muestreado por: El cliente
 Procedimiento de muestreo: No Aplica
 Plan de muestreo: No Aplica
 Fecha y hora de muestreo: No Aplica
 Coordenadas: No Aplica
 Punto de muestreo: No Aplica
 Fecha de recepción de la muestra: 31/05/2021
 Código de Laboratorio: 210004641
 Fecha de inicio de análisis: 01/06/2021
 Fecha de término de análisis: 11/06/2021
 Fecha de emisión: 14/06/2021



Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Textura		---	Arenosa
Arena		%	94,84
Limo		%	5,12
Arcilla		%	0,04
Hierro	2,00	mg/kg	7 263,38
Mercurio	0,02	mg/kg	67,42

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

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Textura	Método Bouyoucos.
Hierro	EPA 3050-B (1995) / EPA - Method 200.7 Revision 4.4 (1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils Revision 2 / Determination of metals and trace Elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Mercurio	EPA 7471 B - Mercury in solid or semisolid waste (manual cold - vapor technique).

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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
PR-13-15-01 / V02, 2020.10.09

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente
Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 680 2323

Ranamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Llanavilla Mz. Q, Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Our General terms and Conditions are available in full on www.pacificcontrol.us or at your request Offices, Resident Inspectors, Joint Ventures, and Representatives throughout the world

Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió




Quim. Ceferino Yahuana Palacio
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL CMA SAC
FIN DE DOCUMENTO



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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL, CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de control de la calidad que lo produce.
PR-13-15-01 / V02, 2009.09.19

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 650 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Llanavilla Mz. Q, Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Our General terms and Conditions are available in full our www.pacificcontrol.us or, at your request Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

Razón social: Lourdes Eva Ambia Yauré

CMA: CMA2353/2021

Domicilio legal: Jr Av. Los Nogales Nro. 251 Condominio Nuevo
Nogales Torre 11 dpto. 2006 El Agustino

Producto declarado: SUELO CON 2.5 mg/kg de NANOPARTÍCULA DE HIERRO (M2C1) - 24 horas.
 Número de Muestras: 01
 Presentación: Envase sellado / Una (01) unidad de 500 g aprox.
 Procedencia: Distrito de Huépetuhe, Provincia de Manu, Departamento de Madre de Dios
 Condición de la muestra: Temperatura Ambiente
 Muestreado por: El cliente
 Procedimiento de muestreo: No Aplica
 Plan de muestreo: No Aplica
 Fecha y hora de muestreo: No Aplica
 Coordenadas: No Aplica
 Punto de muestreo: No Aplica
 Fecha de recepción de la muestra: 31/05/2021
 Código de Laboratorio: 210004644
 Fecha de inicio de análisis: 01/06/2021
 Fecha de término de análisis: 11/06/2021
 Fecha de emisión: 14/06/2021



Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro Repetición 1	2,00	mg/kg	7 522,96
Hierro Repetición 2	2,00	mg/kg	7 522,91
Hierro Repetición 3	2,00	mg/kg	7 522,94
Mercurio Repetición 1	0,02	mg/kg	18,40
Mercurio Repetición 2	0,02	mg/kg	18,46
Mercurio Repetición 3	0,02	mg/kg	18,48

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

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Hierro	EPA 3050-B (1996) / EPA - Method 200.7 Revision 4.4 (1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils Revision 2 / Determination of metals and trace Elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Mercurio	EPA 7471 B - Mercury in solid or semisolid waste (manual cold - vapor technique).

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

No se debe reproducir el Informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de garantía de calidad de la prueba que lo profiere.
 (R. 03-15-01 / V. 02, 2008.10.10)

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente
Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: +511 1 660 2323

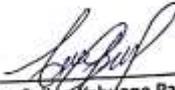
Panamericana Sur Km. 23.5 - Sarco Rosa de
Lleruvilla Mz. Q. Lote 07 y 08 - Villa el
Salvador

Our General terms and Conditions are available in full on www.pacificcontrol.us or, at your request
 Offices, Resident Inspections, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.




Quim. Celina Yahuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL CMA SAC
FIN DE DOCUMENTO



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

No se debe reproducir el Informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
PK-03-15-01 / V01, 2020.10.10

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Our General terms and Conditions are available in full our www.pacificcontrol.us.ec at your request. Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world.

Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente
Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 660 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de
Llanavilla Mz. Q, Lote 07 y 08 - Villa el
Salvador

Razón social: Lourdes Eva Ambia Yaure

RUC: DNI 70406157

Domicilio legal: Jr Av. Los Nogales Nro. 251 Condominio Nuevo Nogales Torre 11 dpto. 2006 El Agustino

CMA: CMA2353/2021

Producto declarado: SUELO CON 2.5 mg/kg de NANOPARTÍCULA DE HIERRO (M2C1) - 48 horas.
 Número de Muestras: 01
 Presentación: Envase sellado / Una (01) unidad de 500 g aprox.
 Procedencia: Distrito de Huepetuñe, Provincia de Manu, Departamento de Madre de Dios
 Condición de la muestra: Temperatura Ambiente
 Muestreado por: El cliente
 Procedimiento de muestreo: No Aplica
 Plan de muestreo: No Aplica
 Fecha y hora de muestreo: No Aplica
 Coordenadas: No Aplica
 Punto de muestreo: No Aplica
 Fecha de recepción de la muestra: 31/05/2021
 Código de Laboratorio: 210004647
 Fecha de inicio de análisis: 01/06/2021
 Fecha de término de análisis: 11/06/2021
 Fecha de emisión: 14/06/2021



Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro Repetición 1	2,00	mg/kg	7 528,98
Hierro Repetición 2	2,00	mg/kg	7 528,90
Hierro Repetición 3	2,00	mg/kg	7 528,95
Mercurio Repetición 1	0,02	mg/kg	19,21
Mercurio Repetición 2	0,02	mg/kg	19,27
Mercurio Repetición 3	0,02	mg/kg	19,18

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

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Hierro	EPA 3050-B (1996) / EPA - Method 200.7 Revision 4.4 (1994), Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils Revision 2 / Determination of metals and trace Elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Mercurio	EPA 7471 B - Mercury in solid or semisolid waste (manual cold - vapor technique).

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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del PACIFIC CONTROL, CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo solicita.
 PR-13-15-01 / VSD, 2020.10.10

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 660 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Usulután Mz. Q, Lote 07 y 08 - Vía al Salvador

Our General terms and Conditions are available in full on www.pacificcontrol.us or, at your request Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.




Quim. Celino Yáhuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL CMA SAC
FIN DE DOCUMENTO



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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los items ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-15-15-01 / MS, 2020.10.16

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente:
Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 660 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de
Lizavilla Mz. Q, Lote 07 y 08 - Villa el
Salvador

Our General terms and Conditions are available in full on www.pacificcontrol.com or, at your request, Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

Razón social: Lourdes Eva Ambia Yaure

RUC: DNI 70406157

Domicilio legal: Jr Av. Los Nogales Nro. 251 Condominio Nuevo
Nogales Torre 11 dpto. 2006 El Agustino

CMA: CMA2353/2021

Producto declarado: SUELO CON 2.5 mg/kg de NANOPARTÍCULA DE HIERRO (M2C1) - 72 horas.
 Número de Muestras: 01
 Presentación: Envase sellado / Una (01) unidad de 500 g aprox.
 Procedencia: Distrito de Huespetuha, Provincia de Manu, Departamento de Madre de Dios
 Condición de la muestra: Temperatura Ambiente
 Muestreado por: El cliente
 Procedimiento de muestreo: No Aplica
 Plan de muestreo: No Aplica
 Fecha y hora de muestreo: No Aplica
 Coordenadas: No Aplica
 Punto de muestreo: No Aplica
 Fecha de recepción de la muestra: 31/05/2021
 Código de Laboratorio: 210004722
 Fecha de inicio de análisis: 01/06/2021
 Fecha de término de análisis: 11/06/2021
 Fecha de emisión: 14/06/2021



Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro Repetición 1	2,00	mg/kg	7 535,00
Hierro Repetición 2	2,00	mg/kg	7 535,09
Hierro Repetición 3	2,00	mg/kg	7 535,14
Mercurio Repetición 1	0,02	mg/kg	17,36
Mercurio Repetición 2	0,02	mg/kg	17,30
Mercurio Repetición 3	0,02	mg/kg	17,40

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

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Hierro	EPA 3050-B (1996) / EPA - Method 200.7 Revision 4.4 (1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils Revision 2 / Determination of metals and trace Elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Mercurio	EPA 7471 B - Mercury in solid or semisolid waste (manual cold - vapor technique).

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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados arrojados en el presente documento solo están relacionados con los ítems ensajados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
 FR-13-19-01 / V02, 2020.10.19

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central (+51) 1 660 2325

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Ulanavilla Mo. Q. Lote 07 y 08 - Wila ej Salvador

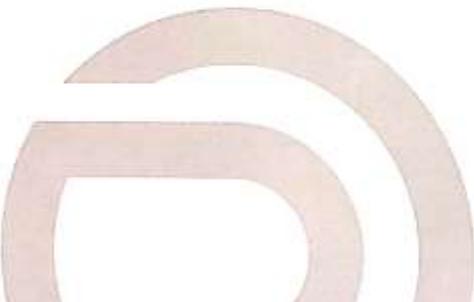
Our General terms and Conditions are available in full on www.pacificcontrol.com or, at your request Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.




Quim. Celino Yáhuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL CMA SAC
FIN DE DOCUMENTO



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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL, CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
PR-13-13-01 / V02, 2020.10.10

Our General terms and Conditions are available in full our www.pacificcontrol.us or, at your request Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 600 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Llanurla ME. Q. Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Razón social: Lourdes Eva Ambía Yaure

RUC: DNI 70406157

Domicilio legal: Jr Av. Los Nogales Nro. 251 Condominio Nuevo Nogales
Torre 11 dpto. 2006 El Agustino

CMA: CMA2353/2021

Producto declarado: SUELO CON 5 mg/kg de NANOPARTÍCULA DE HIERRO (M3C2) - 24 horas.
 Número de Muestras: 01
 Presentación: Envase sellado / Una (01) unidad de 500 g aprox.
 Procedencia: Distrito de Huetpetahué, Provincia de Manu, Departamento de Madre de Dios
 Condición de la muestra: Temperatura Ambiente
 Muestreado por: El cliente
 Procedimiento de muestreo: No Aplica
 Plan de muestreo: No Aplica
 Fecha y hora de muestreo: No Aplica
 Coordenadas: No Aplica
 Punto de muestreo: No Aplica
 Fecha de recepción de la muestra: 31/05/2021
 Código de Laboratorio: 210004643
 Fecha de inicio de análisis: 01/06/2021
 Fecha de término de análisis: 11/06/2021
 Fecha de emisión: 14/06/2021



Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro Repetición 1	2,00	mg/kg	7 918,67
Hierro Repetición 2	2,00	mg/kg	7 918,62
Hierro Repetición 3	2,00	mg/kg	7 918,74
Mercurio Repetición 1	0,02	mg/kg	58,57
Mercurio Repetición 2	0,02	mg/kg	58,62
Mercurio Repetición 3	0,02	mg/kg	58,50

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

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Hierro	EPA 3050-B (1996) / EPA - Method 200.7 Revision 4.4 (1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils Revision 2 / Determination of metals and trace Elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Mercurio	EPA 7471 B - Mercury in solid or semisolid waste (manual cold - vapor technique).

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

No se debe reproducir el Informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo solicita.
 09-03-05-01 / V02, 2020.10.10

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente
Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 060 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Llanavilla Mr. Q. Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Our General terms and Conditions are available in full on www.pacificcontrol.com, at your request Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.




 Quim. Celina Yahúana Palacios
 Gerente de Laboratorio
 PACIFIC CONTROL CMA SAC
 FIN DE DOCUMENTO



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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, en la estructura escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítem ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una verificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
 PB-13-15-01 / V02, 2023.10.10

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente
 Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 660 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Ujanavilla Mz. Q, Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Our General terms and Conditions are available in full on our www.pacificcontrol.us or at your request. Offices, Residents Inspectors, Joint Ventures, and Representatives throughout the world.

Razón social: Lourdes Eva Ambia Yauré

RUC: DNI 70406157

Domicilio legal: Jr Av. Los Nogales Nro. 251 Condominio Nuevo Nogales Torre 11 dpto. 2006 El Agustino

CMA: CMA2353/2021

Producto declarado: SUELO CON 5 mg/kg de NANOPARTÍCULA DE HIERRO (M3C2) - 48 horas
 Número de Muestras: 01
 Presentación: Envase sellado / Una (01) unidad de 500 g aprox.
 Procedencia: Distrito de Huepetuhe, Provincia de Manu, Departamento de Madre de Dios
 Condición de la muestra: Temperatura Ambiente
 Muestreado por: El cliente
 Procedimiento de muestreo: No Aplica
 Plan de muestreo: No Aplica
 Fecha y hora de muestreo: No Aplica
 Coordenadas: No Aplica
 Punto de muestreo: No Aplica
 Fecha de recepción de la muestra: 31/05/2021
 Código de Laboratorio: 210004646
 Fecha de inicio de análisis: 01/06/2021
 Fecha de término de análisis: 11/06/2021
 Fecha de emisión: 14/06/2021



Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro Repetición 1	2,00	mg/kg	7 969,84
Hierro Repetición 2	2,00	mg/kg	7 969,79
Hierro Repetición 3	2,00	mg/kg	7 969,89
Mercurio Repetición 1	0,02	mg/kg	40,07
Mercurio Repetición 2	0,02	mg/kg	40,11
Mercurio Repetición 3	0,02	mg/kg	40,15

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

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Hierro	EPA 3050-B (1996) / EPA - Method 200.7 Revision 4.4 (1994), Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Solids Revision 2 / Determination of metals and trace Elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Mercurio	EPA 7471 B - Mercury in solid or semisolid waste (manual cold - vapor technique).

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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
 PR-13-15-01 / V02, 2020-05-03

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente, Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 660 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Llanavillo Mz. Q, Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Our General terms and Conditions are available in full on www.pacificcontrol.us or, at your request, Officers, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.




Quim. Ceferino Yahuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL CMA SAC

FIN DE DOCUMENTO



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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los items ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01 / V02, 2020.09.18

Our General terms and Conditions are available in full our www.pacificcontrolus.com or at your request Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world.

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 660 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Umanaylla Mo. Q. Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

INFORME DE ENSAYO N° 210004720/2021

Razón social: Lourdes Eva Ambia Yauré

RUC: DNI 70406157

Domicilio legal: Jr Av. Los Nogales Nro. 251 Condominio Nuevo
Nogales Torre 11 dpto. 2006 El Agustino

CMA: CMA2353/2021

Producto declarado: SUELO CON 5 mg/kg de NANOPARTÍCULA DE HIERRO (M3C2) - 72 horas.
 Número de Muestras: 01
 Presentación: Envase sellado / Una (01) unidad de 500 g aprox.
 Procedencia: Distrito de Huelpehué, Provincia de Manu, Departamento de Madre de Dios
 Condición de la muestra: Temperatura Ambiente
 Muestreado por: El cliente
 Procedimiento de muestreo: No Aplica
 Plan de muestreo: No Aplica
 Fecha y hora de muestreo: No Aplica
 Coordenadas: No Aplica
 Punto de muestreo: No Aplica
 Fecha de recepción de la muestra: 31/05/2021
 Código de Laboratorio: 210004720
 Fecha de inicio de análisis: 01/06/2021
 Fecha de término de análisis: 11/06/2021
 Fecha de emisión: 14/06/2021



Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro Repetición 1	2,00	mg/kg	9 092,73
Hierro Repetición 2	2,00	mg/kg	9 062,67
Hierro Repetición 3	2,00	mg/kg	9 092,76
Mercurio Repetición 1	0,02	mg/kg	3,15
Mercurio Repetición 2	0,02	mg/kg	3,20
Mercurio Repetición 3	0,02	mg/kg	3,11

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

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Hierro	EPA 9050-B (1996) / EPA - Method 200.7 Revision 4.4 (1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils Revision 2 / Determination of metals and trace Elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Mercurio	EPA 7471 B - Mercury in solid or semisolid waste (manual cold - vapor technique).

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

No se debe reproducir el Informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
 PSE-03-03-01 / V03, 2020.10.10

TJC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 660 2323

Banamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Llanavilla Ma. Q. Lora 07 y 08 - Villa el Salvador

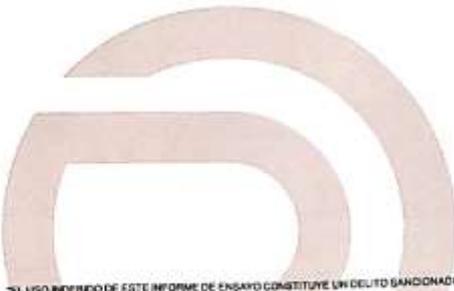
Our General terms and Conditions are available in full on www.pacificcontrol.us or, at your request, Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.




Quim. Celino Yahuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL CMA SAC
FIN DE DOCUMENTO



"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANDONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento solo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una declaración de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01 / 931, 930, 16-10

Our General terms and Conditions are available in full on www.pacificcontrol.com or, at your request, Offices, Resident Inspectors, Joint Venturers, and Representatives throughout the world.

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 660 3323

Paramelecana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Llanavilla Mz. Q, Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Razón social: Lourdes Eva Ambia Yaure **INFORME DE ENSAYO N° 210004642/2021** **RUC:** DNI 70406157
Domicilio legal: Jr Av. Los Nogales Nro. 251 Condominio Nuevo Nogales **CMA:** CMA2353/2021
 Torre 11 dpto. 2006 El Agustino

Producto declarado: SUELO CON 7.5 mg/kg de NANOPARTÍCULA DE HIERRO (MAC3) - 24 horas.
Número de Muestras: 01
Presentación: Envase sellado / Una (01) unidad de 500 g aprox.
Procedencia: Distrito de Huepetuque, Provincia de Maru, Departamento de Madre de Dios
Condición de la muestra: Temperatura Ambiente
Muestreado por: El cliente
Procedimiento de muestreo: No Aplica
Plan de muestreo: No Aplica
Fecha y hora de muestreo: No Aplica
Coordenadas: No Aplica
Punto de muestreo: No Aplica
Fecha de recepción de la muestra: 31/05/2021
Código de Laboratorio: 210004642
Fecha de inicio de análisis: 01/06/2021
Fecha de término de análisis: 11/06/2021
Fecha de emisión: 14/06/2021



Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro Repetición 1	2,00	mg/kg	9 094,54
Hierro Repetición 2	2,00	mg/kg	9 094,72
Hierro Repetición 3	2,00	mg/kg	9 094,39
Mercurio Repetición 1	0,02	mg/kg	21,28
Mercurio Repetición 2	0,02	mg/kg	21,35
Mercurio Repetición 3	0,02	mg/kg	21,30

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

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Hierro	EPA 3050-B (1996) / EPA - Method 200.7 Revision 4.4 (1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils Revision 2 / Determination of metals and trace Elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Mercurio	EPA 7471 B - Mercury in solid or semisolid waste (manual cold - vapor technique)

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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL, CMA, S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
 FR-13-15-01 / V20, 2020.10.10

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente
 Laboratorio y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 660 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Llanavilla Mz. Q, Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Our General terms and Conditions are available in full our www.pacificcontrolus.or, at your request Offices, Residents Inspectors, Joint Ventures/pti, and Representatives throughout the world

Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.




 Quim. Celso Yahuana Palacios
 Gerente de Laboratorio
 PACIFIC CONTROL CMA SAC
FIN DE DOCUMENTO



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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos y como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
 FN-13-15-01 / V02. 2020. 04.19

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 660 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Llanavilla Mz. Q, Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Our General terms and Conditions are available in full on www.pacificcontrol.us or at your request Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

Razón social: Lourdes Eva Ambia Yauré

RUC: DNI 70406157

Domicilio legal: Jr Av. Los Nogales Nro. 251 Condominio Nuevo Nogales Torre 11 dpto. 2006 El Agustino

CMA: CMA2353/2021

Producto declarado: SUELO CON 7.5 mg/kg de NANOPARTÍCULA DE HIERRO (M4C3) - 48 horas.
Número de Muestras: 01
Presentación: Envase sellado / Una (01) unidad de 500 g aprox.
Procedencia: Distrito de Huepetuhe, Provincia de Manu, Departamento de Madre de Dios
Condición de la muestra: Temperatura Ambiente
Muestreado por: El cliente
Procedimiento de muestreo: No Aplica
Plan de muestreo: No Aplica
Fecha y hora de muestreo: No Aplica
Coordenadas: No Aplica
Punto de muestreo: No Aplica
Fecha de recepción de la muestra: 31/05/2021
Código de Laboratorio: 210004645
Fecha de inicio de análisis: 01/06/2021
Fecha de término de análisis: 11/06/2021
Fecha de emisión: 14/06/2021



Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro Repetición 1	2,00	mg/kg	7 917,08
Hierro Repetición 2	2,00	mg/kg	7 917,11
Hierro Repetición 3	2,00	mg/kg	7 917,05
Mercurio Repetición 1	0,02	mg/kg	17,65
Mercurio Repetición 2	0,02	mg/kg	17,69
Mercurio Repetición 3	0,02	mg/kg	17,62

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

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Hierro	EPA 3050-B (1996) / EPA - Method 200.7 Revision 4.4 (1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils Revision 2 / Determination of metals and trace Elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Mercurio	EPA 7471 B - Mercury in solid or semisolid waste (manual cold - vapor technique).

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

No se debe reproducir el Informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFICO CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
 PB-13-15-01 / V05, 2018.10.19

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central (+51) 1 660 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Lunavilla Mz. Q, Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

 Our General terms and Conditions are available in full on www.pacificocontrol.com at your request. Offices, Residents Inspectors, Joint Ventures, and Representatives throughout the world.

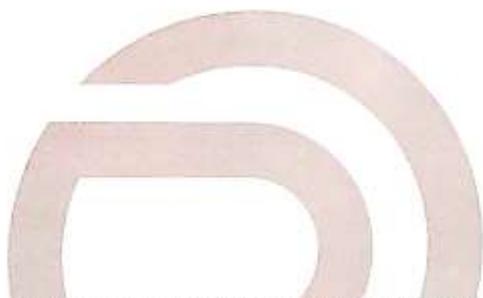
Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.




Quim. Celso Yahuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL CMA SAC

FIN DE DOCUMENTO



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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
PR-13-15-01 / YES. 2010.02.10

Our General terms and Conditions are available in full our www.pacificcontrol.us or, at your request: Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente
Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 660 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de Umaná Mz. Q, Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Razón social: Lourdes Eva Ambia Yauré

RUC: DNI 70406157

Domicilio legal: Jr Av. Los Nogales Nro. 251 Condominio Nuevo
Nogales Torre 11 dpto. 2006 El Agustino

CMA: CMA2353/2021

Producto declarado: SUELO CON 7.5 mg/kg de NANOPARTÍCULA DE HIERRO (M4C3) - 72 horas
 Número de Muestras: 01
 Presentación: Envase sellado / Una (01) unidad de 500 g aprox.
 Procedencia: Distrito de Huepetuhe, Provincia de Manu, Departamento de Madre de Dios
 Condición de la muestra: Temperatura Ambiente
 Muestreado por: El cliente
 Procedimiento de muestreo: No Aplica
 Plan de muestreo: No Aplica
 Fecha y hora de muestreo: No Aplica
 Coordenadas: No Aplica
 Punto de muestreo: No Aplica
 Fecha de recepción de la muestra: 31/05/2021
 Código de Laboratorio: 210004721
 Fecha de inicio de análisis: 01/06/2021
 Fecha de término de análisis: 11/06/2021
 Fecha de emisión: 14/06/2021



Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Hierro Repetición 1	2,00	mg/kg	8 188,36
Hierro Repetición 2	2,00	mg/kg	8 188,42
Hierro Repetición 3	2,00	mg/kg	8 188,49
Mercurio Repetición 1	0,02	mg/kg	7,63
Mercurio Repetición 2	0,02	mg/kg	7,59
Mercurio Repetición 3	0,02	mg/kg	7,68

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

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Hierro	EPA 3050-B (1996) / EPA - Method 200.7 Revision 4.4 (1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils Revision 2 / Determination of metals and trace Elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Mercurio	EPA 7471 B - Mercury in solid or semisolid waste (manual cold - vapor technique).

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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos a menos que el producto a ser certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
 PB-13-15-01 / VBL 2020.10.10

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente
Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 660 2123

Panamericana Sur Km. 21.5 - Santa Rosa de Llanavilla Mz. Q, Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Our General terms and Conditions are available in full our www.pacificcontrol.us.ec at your request Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.




Quim. Celso Yahuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL CMA SAC
FIN DE DOCUMENTO



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

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01 / V02, 2020.10.10

Our General terms and Conditions are available in full our www.pacificcontrol.us or, at your request Offices, Residents inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control, Calidad y Medio Ambiente
Laboratorios y Certificaciones S.A.C.

Phone Central: (+51) 1 660 2323

Panamericana Sur Km. 23.5 - Santa Rosa de
Llanavilla Ma. Q. Lote 07 y 08 - Villa el
Salvador

ANEXO 03: TABLAS

Tabla de concentración de hierro.

Nro. De muestra	Muestra inicial	TIEMPO	Cod. De Muestra	Concentración de hierro (mg/kg)	Promedio
		(Hrs)			
M2 (2.5 mg/kg)	7263.38	24	M1C1R1	7522.96	7522.9
			M1C1R2	7522.91	
			M1C1R3	7522.94	
		48	M1C2R1	7528.98	7528.9
			M1C2R2	7528.9	
			M1C2R3	7528.95	
		72	M1C2R1	7535	7535.1
			M1C2R2	7535.09	
			M1C2R3	7535.14	
M3 (5mg/kg)	7263.38	24	M2C2R1	7918.67	7918.7
			M2C2R2	7918.62	
			M2C2R3	7918.74	
		48	M2C2R1	7969.84	7969.8
			M2C2R2	7969.79	
			M2C2R3	7969.89	
		72	M2C2R1	9092.73	9092.7
			M2C2R2	9092.73	
			M2C2R3	9092.73	
M4 (7.5 mg/kg)	7263.38	24	M3C3R1	9094.54	9094.6
			M3C3R2	9094.72	
			M3C3R3	9094.39	
		48	M3C3R1	7917.08	7917.1
			M3C3R2	7917.11	
			M3C3R3	7917.05	
		72	M3C3R1	8188.36	8188.4
			M3C3R2	8188.42	
			M3C3R3	8188.49	

ANEXO 04: FOTOGRAFÍA



Instrumentos utilizados en la experimentación.



Proceso de experimentacion