



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Bioestimulación asistida por biocarbón (Estiércol de Gallina)
para remediar suelos contaminados por hidrocarburos
totales de petróleo Jicamarca-Lima 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Curihuaman Luis, Eduard Gabriel (orcid.org/0000-0002-6556-2130)
Felix Modesto, Delsa (orcid.org/0000-0001-5227-3201)

ASESORA:

Mg. Cabello Torres Rita Jaqueline (orcid.org/0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi mama y a mi hermano quienes me apoyan día a día, aconsejan para seguir adelante y no dejarme rendir por los obstáculos que se me puede presentar en el transcurso de mi preparación profesional.

Félix Modesto, Delsa

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente, a mis padres que me apoyaron y contuvieron los momentos malos y en los menos malos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni caer en el intento.

Curihuaman Luis, Eduard Gabriel

Agradecimiento

A Dios por la vida, la salud y su infinito amor.

A mi familia por su apoyo incondicional.

A la ingeniera Rita Cabello Torres por su apoyo y su paciencia por apoyarnos durante todo el proceso de la investigación.

Félix Modesto, Delsa

Agradezco a los ingenieros que nos apoyaron a lo largo de esta etapa, ya que gracias a sus correcciones llegamos hasta estas instancias.

Curihuaman Luis, Eduard Gabriel

Índice de contenido

Carátula	i
Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Índice de tablas	iv
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo, diseño y nivel de investigación	23
3.1.1. Tipo de investigación	23
3.1.2. Diseño de investigación	23
3.2. Variables y operacionalización	24
3.3. Población, muestra y muestreo	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.5. Procedimientos.....	27
3.6. Método de análisis de datos.....	49
3.7. Aspectos éticos	49
IV. RESULTADOS	50
V. DISCUSIÓN.....	86
VI. CONCLUSIONES.....	92
VII. RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS.....	97
ANEXO.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

- tabla 1. Parámetros de operación y distribución de productos de diferentes procesos termoquímicos de biomasa*
- tabla 2. Fracciones principales del hidrocarburo*
- tabla 3. Georreferenciación de la zona de estudio*
- tabla 4. pruebas bioquímicas de identificación de bacterias*
- tabla 5. dosis de biocarbon*
- tabla 6. Concentración de Hidrocarburo del petróleo (método Soxhlet)*
- tabla 7. Concentración de Hidrocarburo total inicial (ECAS – 5000 mgHTP/kg_{ps})*
- tabla 8. Concentración de Hidrocarburo total inicial (ECAS – 5000 mgHTP/kg_{ps})*
- tabla 9. HTP mg/kg ps*
- tabla 10. Parámetros físico químicos del estiércol de gallina (Potenciometría)*
- tabla 11. Humedad del estiércol de gallina (Método: ASTM D2216)*
- tabla 12. Materia volátil del estiércol de gallina (MV) (método: ASTM D3175)*
- tabla 13. ceniza del estiércol de gallina (método: ASTM D5142)*
- tabla 14. Carbono fijo del estiércol de gallina (método: ASTM D3172)*
- tabla 15. Concentración inicial del hidrocarburo de Petróleo*
- tabla 16. Condiciones para realizar una prueba de cinética de Adsorción*
- tabla 17. Cinética de adsorción*
- tabla 18. Determinación de la Isotherma de Langmuir*
- tabla 19. Análisis microbiológico inicial*
- tabla 20. diluciones en tubos múltiples con siembra en placas Petri*
- tabla 21. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)*
- tabla 22. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo*
- tabla 23. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)*
- tabla 24. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo*
- tabla 25. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)*
- tabla 26. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo*
- tabla 27. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)*
- tabla 28. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo*
- tabla 29. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)*
- tabla 30. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo*
- tabla 31. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)*
- tabla 32. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo*
- tabla 33. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)*

- tabla 34. *Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo*
- tabla 35. *Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)*
- tabla 36. *Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo*
- tabla 37. *Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)*
- tabla 38. *Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo*
- tabla 39. *Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)*
- tabla 40. *Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo*
- tabla 41. *Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)*
- tabla 42. *Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo*
- tabla 43. *Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)*
- tabla 44. *Agar simmons*
- tabla 45. *Agar manitol salt base*
- tabla 46. *Agar cetramide base*
- tabla 47. *Agar cetramide base*
- tabla 48. *Parámetros físico químico del suelo inicial con HTP de petróleo (Método potenciométrico)*
- tabla 49. *Determinación de la humedad (método: ASTM D 2215)*
- tabla 50. *Capacidad de intercambio catiónico (método del acetato de amonio pH7 – 1N)*
- tabla 51. *Carbono Orgánico (CO) (Método Walkley – Black)*
- tabla 52. *Densidad aparente del suelo contaminado (método cilindro biselado)*
- tabla 53. *materia Orgánica, nitrógeno total, nitratos*
- tabla 54. *Textura del suelo (método Bouyoucos)*
- tabla 55. *Parámetros físicos químicos (método potenciométrico)*
- tabla 56. *Humedad del suelo (método: Norma ASTM D2216)*
- tabla 57. *Capacidad de Intercambio Catiónico (método acetato de amonio pH7 – 1N)*
- tabla 58. *Carbono Orgánico Total (método de Wackley – Black)*
- tabla 59. *Materia orgánica, nitrógeno, relación carbono/ nitrógeno*
- tabla 60. *Parámetros físico químico*
- tabla 61. *Humedad del suelo contaminado con hidrocarburo de Petróleo*
- tabla 62. *Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)*
- tabla 63. *Carbono Orgánico (CO)*
- tabla 64. *Materia orgánica, Nitrógeno, relación C/N*
- tabla 65. *Parámetros físicos y químicos*
- tabla 66. *Humedad del suelo con HTP de Petróleo*
- tabla 67. *Capacidad de intercambio catiónico*

- tabla 68. Carbono Orgánico (CO)*
- tabla 69. Materia orgánica, Nitrógeno, relación C/N*
- tabla 70. Potencial de hidrogeno (Acido/base)*
- tabla 71. Conductividad eléctrica (mS/cm)*
- tabla 72. Potencial redox (mV)*
- tabla 73. Humedad %*
- tabla 74. CIC (mq/100g)*
- tabla 75. Carbono orgánico total*
- tabla 76. Materia orgánica %*
- tabla 77. nitrógeno %*
- tabla 78. relación C/N*
- tabla 79. dosis de biocarbon*
- tabla 80. Pruebas de normalidad en 10,20 y 30 días*
- tabla 81. Análisis de varianza (ANOVA)*
- tabla 82. Tabla: El pH_123*
- tabla 83. potencial redoxEh_123*
- tabla 84. estadístico Tukey para CE_123*
- tabla 85. Pruebas de normalidad*
- tabla 86. Prueba de homogeneidad de varianzas*
- tabla 87. Análisis de varianza (ANOVA)*
- tabla 88. CIC_123*
- tabla 89. CO_123*
- tabla 90. MO_123*
- tabla 91. N_123*
- tabla 92. Correlaciones*
- tabla 93. Pruebas de normalidad*
- tabla 94. Prueba de homogeneidad de varianzas*
- tabla 95. Análisis de varianza (ANOVA)*
- tabla 96. RHTP_1234*

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura1. Adsorción de biocarbon*
- Figura2. Área de estudio*
- Figura3. procedimiento*
- Figura4. cuarto de la muestra*
- Figura5. Colecta de suelo contaminado con hidrocarburo*
- Figura6. Potencial de hidrógeno (pH), Potencial redox (mV) (Método potenciométrico)*
- Figura7. flujograma de pirolisis de estiércol de gallina*
- Figura8. Preparación del biocarbon*
- Figura9. determinación de la humedad del estiércol de gallina*
- Figura10. flujograma de identificación de bacterias G+ y G.*
- Figura11. Prueba de tinción gram (+) (-)*
- Figura12. flujograma del análisis microbiológica del suelo*
- Figura13. Análisis microbiológico*
- Figura14. flujograma de siembra en placas Petri*
- Figura15. Siembra en placas Petri ZHAO*
- Figura16. preparación de las pilas con el suelo contaminado*
- Figura17. comportamiento cinético de adsorción*
- Figura18. capacidad de adsorción vs concentración de equilibrio (isoterma de adsorción)*
- Figura19. Langmuir*
- Figura20. Freundlich*
- Figura21. textura del suelo*
- Figura22. Potencial de hidrogeno (Acido/base)*
- Figura23. Conductividad eléctrica (mS/cm)*
- Figura24. potencial redox (mV)*
- Figura25. Humedad %*
- Figura26. CIC (mq/100g)*
- Figura27. carbono orgánico total*
- Figura28. Materia orgánica %*
- Figura29. Nitrógeno %*
- Figura30. Relación C/N*
- Figura31. HTP mg/kg ps*

Figura32. Agar simmons

Figura33. Agar mannitol salt base

Figura34. Agar cetramide base

RESUMEN

La contaminación del suelo por hidrocarburos total de petróleo se ha vuelto una problemática mundial debido a los grandes impactos ambientales que se vienen ocasionados por esta sustancia, consecuencia a ello la presente investigación realizó bioestimulación asistida por el biocarbon de estiércol de gallina para la biodegradación del suelo contaminado con hidrocarburo total de petróleo, para ello se utilizó el biocarbon como enmienda, el cual fue preparado a una temperatura de 350°C por un tiempo de 5 horas, para luego ser triturado hasta obtener una partícula de 1mm el cual fue combinado con el suelo contaminado con TPH ya que el biocarbon fue el adsorbente y el estimulante para la plurificación de las bacterias nativas del suelo que actuaron como degradadores del hidrocarburo total de petróleo. El experimento tuvo un tiempo de duración de 30 días en el cual inicialmente se tuvo una concentración de 142462 mg/Kg de hidrocarburos total en el suelo, de los cuales durante el tratamiento se logró degradar en un 46% de hidrocarburos total de petróleo, esto quiere decir que el biocarbon aparte de ser económico y que se puede realizar a base de diferentes tipos de materia prima vegetal es un buen material para la biorremediación del suelo contaminado.

Palabras claves: biorremediación, suelo contaminado, hidrocarburos, biocarbon y bacterias.

ABSTRACT

The contamination of the soil by total oil hydrocarbons has become a global problem due to the great environmental impacts caused by this substance, as a consequence of this the present investigation carried out biostimulation assisted by the biocarbon of chicken manure for the bioremediation of soil contaminated with hydrocarbons total oil, for this biocarbon was used as an amendment, which was prepared at a temperature of 350 ° C for a period of 5 hours, to then be crushed until obtaining a 0.01mg particle which was combined with the contaminated soil with TPH since the biocarbon will be the adsorbent and the stimulant for the plurification of the native soil bacteria who acted as degraders of the total petroleum hydrocarbon. The experiment had a duration of 30 days in which initially there was a concentration of 142462 mg/kg total hydrocarbons present in the soil, of which during the treatment it was possible to degrade 46% of total petroleum hydrocarbons, this This means that biocarbon, apart from being cheap and that it can be made from different types of vegetable raw material, is a good material for the bioremediation of contaminated soil.

Key words: bioremediation, contaminated soil, hydrocarbons, biochar and

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo por hidrocarburos totales es un tema muy preocupante debido a la alta toxicidad que presenta este compuesto y el daño que genera al medio ambiente por el impacto negativo que ocasiona. (Rosell- Melé, et al.2018) menciona, la contaminación por hidrocarburos totales hoy en día se ha vuelto una problemática mundial debido al incremento de la contaminación por hidrocarburos totales, ya que este acto se viene dando de diferentes formas como son el derrame de petróleo y el mal manejo de dicho compuesto en las diferentes industrias. (Dike, et al., 2022) describe, la contaminación por hidrocarburos totales se inicia desde la extracción del crudo, durante el transporte y el almacenamiento del petróleo, durante estas actividades la contaminación surge debido a pequeñas filtraciones accidentales del compuesto, el cual genera grandes impactos ambientales como la degradación del suelo, la contaminación del agua y la contaminación de la atmosfera. (Bujahico, et al., 2020) menciona, la contaminación por el hidrocarburo y sus derivados en el Perú en los últimos años se ha vuelto muy recurrente mayormente en la amazonia peruana, debido a los grandes derrames del crudo de petróleo ocasionados en esa zona, ya que desde el año 2000 hasta el 2019 se tuvieron 474 vertimientos ocurridos en la amazonia de los cuales el 65% fue debido a la corrosión y la mala infraestructura del oleoducto Norperuano si bien se sabe esta obra es una de los más largos oleoductos para el transporte del petróleo . Según, (Bravo, 2019) indica, en los últimos años la empresa que más contamina la amazonia peruano hasta hoy en día aparte del oleoducto Norperuano es la empresa transnacional Pluspetrol norte S.A, el cual viene ocasiono grandes impactos ambientales en Loreto y que hasta hoy en día no hace nada por remediar las zonas que contamina. Según (Velásquez, et al., 2022) la contaminación del suelos por hidrocarburos totales en el Perú cada vez viene siendo aún más notorio, ya que la contaminación no solo es a causa de un derrame de petróleo, sino que también al pasar los años el aumento de los de las industrias como los centros mecánicos está ocasionando grandes impactos ambientales, ya que en estos centros mecánicos se vienen realizando el uso de los insumos derivados del hidrocarburo para el mantenimiento de los vehículos y otras actividades más que se realizan en estos talleres mecánicos. Según (Adeniyi, et al., 2022) los talleres mecánicos en el Perú de cada 10 talleres 8 no tienen conocimiento del daño que ocasiona el hidrocarburo total de petróleo, ya

que estos en su gran mayoría son informales y no tienen licencia por el cual no cuenta con un plan de manejo de los residuos, es decir que no tienen conocimiento sobre la cultura ambiental, consecuente a ello estos lugares realizan el uso de todos los compuestos tóxicos sin una fiscalización correspondiente, y solo el 2% de todos los talleres mecánicos que son formales cuentan con los requisitos para las buenas prácticas ambientales. (Singh, et al., 2022) menciona, la contaminación del suelo por hidrocarburos totales en los talleres mecánicos, en los últimos años está ocasionando grandes impactos ambientales que alteración la estructura del suelo y hace perder su fertilidad para un cultivo, la contaminación por hidrocarburos en los talleres mecánicos aparte de contaminar el suelo está afectando a la salud pública aledañas a la zona debido a la toxicidad que tiene el hidrocarburo, pero en su mayoría las personas que sufren más de alguna enfermedad crónica son las personas que laboran en el taller mecánica, ya que estas personas día a día están en contacto con estas sustancias. (Márquez-Romance, et al., 2022) menciona, debido a los grandes impactos ambientales ocasionados por el hidrocarburo en los últimos años se vienen realizando biorremediación de suelos usando diferentes métodos de biorremediación, como por ejemplo mediante el método de lavado de suelos, el uso de bacterias biodegradables, así como también el uso del biocarbon a base de diferentes tipos de residuos. Según (Singh, et al., 2022) indica, la biorremediación de suelo contaminado por hidrocarburos totales mediante el uso del biocarbon en los últimos años se volvió un método muy accesible para la recuperación del suelo contaminado debido a su bajo costo, ya que el biocarbon se puede realizar a base de diferentes tipos de materia prima como es estiércol de gallina, residuos domésticos, residuos vegetales y entre otros, este método se ha vuelto muy beneficioso debido a que el biocarbon funciona como adsorbente del hidrocarburos u otro tipo de metales químicos que contaminan el suelo, ya que este es un material muy poroso el cual hace que los contaminantes se adhieran al poro del biocarbon y pierdan su estructura. Rodríguez-Urbe, et al. (2021) menciona, el método que en los últimos años se viene realizando en gran extensión es la bioestimulación asistida por el biocarbon, ya que este método aparte de ser una buena vía de biorremediación para un suelo contaminado es muy rentable debido al bajo costo, la bioestimulación asistida por el biocarbon funciona juntamente con las bacterias oriundos del suelo, es

decir con la incorporación del biocarbon se busca plurificar las bacterias nativas los cuales funcionaran como los degradadores del contaminante no obstante esto si se busca tener buenos resultados se puede incorporar algunos fertilizantes que ayuden en la plurificacion de la bacteria nativa. Rivas, et al., (2014) menciona, para una buena bioestimulacion en la biodegradación de un suelo contaminado con TPH, lo recomendable es añadir un fertilizante que ayude en la recuperación de las colonias microorganismos del suelo, ya que si se tiene más bacterias nativas la degradación del contaminante será aún más rápida y en gran cantidad. Consecuente a ello en esta investigación biorremedio suelo de un taller mecánica contaminados por todos los derivados del TPH, mediante el método de bioestimulacion asistida por el biocarbon de estiércol de gallina el cual funciona como enmienda y estimulante de las bacterias nativas, ya que el degradador del hidrocarburo total fue las bacterias nativas presentes en el suelo contaminado para el cual se buscó la purificación de las bacterias con la incorporación de la solución A y la solución B que son ricos en nitrógeno, zinc, fosforo y potasio los que son buenos nutrientes para la bioestimulacion de las bacterias nativas.

Justificación: el presente desarrollo de investigación, propone la utilización del biochar del estiércol de gallinas, para biorremediar suelos contaminados por hidrocarburos donde utilizamos fertilizantes siendo la solución A y la solución B que permitió observar cómo esta se recuperaba en todo su proceso del tratamiento. Se debe considerar las siguientes justificaciones: justificación Social, los suelos contaminados con hidrocarburos son altamente tóxicos, por lo que perjudican a la salud de las personas, ocasionándoles diversas enfermedades, como dificultad en la respiración, males estomacales, lo que se soluciona utilizando este método de biorremediación donde el biochar no genera olores ni descomposición alguna tampoco genera gases que atente contra el ambiente, obteniéndose una calidad de vida, justificación económica, la biorremediación mediante el aprovechamiento del biocarbon aparte de ser un buen biorremediador es muy económico ya que este material se puede realizar a base de diferentes materiales primas es decir de cualquier tipo de residuos, justificación ambiental, El biochar en el suelo contaminado va a funcionar como un sumidero de carbono, no permitiendo la generación del dióxido de carbono

gas de efecto invernadero, se recupera nutrientes y macronutrientes, mejorando el suelo, y podamos tener un suelo sostenible, (Zhao, et al. 2016).

problema general:

PG: ¿Cómo la bioestimulación asistida por biocarbon de estiércol de gallinas degrada la contaminación de hidrocarburos totales de petróleo en el suelo?

problemas específicos:

PE1: ¿Cuáles serán las propiedades físicas del biocarbon del estiércol de gallina para reducir el hidrocarburo de petróleo en el suelo contaminado?

PE2: ¿Cuáles son las presuntas bacterias presentes en el suelo contaminado por hidrocarburos totales antes y durante el proceso?

PE3: ¿Cuáles serán las características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburo antes y después del tratamiento con el biocarbon del estiércol de gallina?

PE4: ¿Cuál será las dosis óptimas del biocarbon del estiércol de gallina para disminuir la concentración del hidrocarburo total en las pilas de suelo contaminado?

objetivo general:

OG: Evaluar la bioestimulación asistida por biocarbon de estiércol de gallinas en la degradación de la contaminación de hidrocarburos totales de petróleo en el suelo Lima- Jicamarca 2022

objetivos específicos:

OE1: Analizar las propiedades físicas del biocarbon del estiércol de gallina para reducir los hidrocarburos totales de petróleo en el suelo contaminado.

OE2: Analizar las presuntas bacterias presentes en el suelo contaminado de hidrocarburos totales antes y durante el proceso

OE3: Analizar las características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburo antes y después del tratamiento con el biocarbon de estiércol de gallina

OE4: Analizar la dosis óptima del biocarbon de estiércol de gallina en la reducción de la concentración del hidrocarburo total en las pilas de suelo contaminado

Hipótesis General:

HG: La bioestimulación asistida por biocarbon de estiércol de gallinas influirá en la degradación de los hidrocarburos totales de petróleo en el suelo Jicamarca-Lima 2022.

Hipótesis específicas:

H1: Las propiedades físicas del biocarbon del estiércol de gallina mejora los parámetros del suelo contaminado con hidrocarburos.

H2: La determinación de las presuntas bacterias presentes en el suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo resulta significativa durante el proceso.

H3: Las características físicas y químicas del suelo contaminado mejoran un 54% después del tratamiento con el estiércol de gallina

H4: La dosis del estiércol de gallina disminuye la concentración del hidrocarburo total en las pilas de suelo contaminado.

II. MARCO TEÓRICO

Liu, et al., (2019) realizo tres tipos de biocarbon, siendo la primera materia prima el estiércol de pollo, la segunda la paja de trigo y como tercero aserrín de madera, los cuales fueron pirolizados a una temperatura de 600°C, estos materiales fueron utilizados para la remediación del suelos contaminados con TPH, la biodegradacion del suelo contaminado con TPH duro 223 días, teniendo como resultado final, en la mayor degradación de hidrocarburos total de petróleo presentes en el suelo se produjo con el biocarbon del estiércol de pollo, y el que tuvo menor eficiencia en la degradación de los hidrocarburos fue el biocarbon abases del aserrín de madera.

Barati, et al., (2017) realizo la comparación de dos enmiendas siendo del estiércol fresco de gallinas y el biocarbon a base de la misma materia prima, para el cual utilizo como indicador a la ceba, este tratamiento fue realizando durante cinco meses todo este tratamientos fueron realizado bajo un invernadero, finalmente teniendo como resultado los suelos con plantas de ceba tuvieron mayor grado de eficiencia en la degradación del hidrocarburo y en la respiración de comunidad microbiana, mientras que el suelo sin un cultivo no tuvo buenos resultados, concluyendo en la degradación del hidrocarburo total el suelo con tratamiento de estiércol fresco junto con la comunidad microbiana degradaron en un 15,64 y un 12,74% y el tratamiento con el biocarbon a base de estiércol de gallina y las bacterias nativas degradaron en un 28,07 y un 26,86%, algo que el suelo sin ningún tipo de tratamiento solo tuvo un 4% de degradación de hidrocarburos totales.

Aziz, et al., (2020) para su trabajo de investigación realizo biocarbon a partir de los residuos de frutas, verduras y lodos de depuradora para el cual utilizo un enfoque térmico, siendo su aplicación para la biodegradación de suelos contaminados por hidrocarburos totales mediante los métodos de bioaumentacion y bioestimulacion, para el cual la caracterización del biocarbon se realizó mediante la espectroscopia infrarroja transformada de Fourier, donde se realizaron los análisis de área superficial y el análisis de poros, en la investigación se pudo ver la eficiencia del biocarbon en la recuperación de suelos contaminados, teniendo como resultado de la investigación el 82% de degradación del contaminante fue realizado mediante la bioaumentacion con el estiércol de vaca siendo así que donde ubo mayor degradación de hidrocarburos.

se tuvo mayor presencia de bacterias nativas que ayudaron en la degradación del hidrocarburo total, esta investigación concluyo destacando que la enmiendas mediante el biocarbon tiene un alto grado en degradación del hidrocarburo total presentes en el suelo.

Deebika, et al., (2021) investigo la degradación de los hidrocarburos totales en el suelo mediante la aplicación del biocarbon a base de estiércol de gallina y el compost de vegetales y la presencia de las bacterias nativas del suelo, para el cual el experimento tuvo como indicador a la planta de la marihuana quienes fueron sembradas en macetas de plásticos y para retener la filtración del agua de riego de cada maseta se utilizó el biocarbon ya que este material es un compuesto muy poroso y ayuda en la retención del agua y en la degradación del hidrocarburo total, el experimento tuvo un tiempo de tres meses de tratamiento en él se llegó a observar que el biocarbon junto al compost realizaron la degradación del hidrocarburo en 62,2% y 77.1%, concluyendo que el biocarbon es un material prima muy beneficioso y accesible en la descontaminación de suelos contaminados por hidrocarburos totales.

Saeed, et al. (2021) en su trabajo de investigación realizo bioestimulacion asistida por el biocarbon para la biorremediación del suelo contaminado por hidrocarburos total de petróleo, donde identifico bacterias nativas con diferentes tipos de agares, en el cual inicialmente carecía de bacterias, pero todo fue cambiando según el tiempo de tratamiento ya que las bacterias aumento en 10 y 8 veces más el cual iso que el hidrocarburo se degrade en un 41% de la concentración, todo esta degradación fue realizada en tiempo de 40 días, concluyendo que el biocarbon es un gran adsorbente y un buen estimulante para el crecimiento de las colonias bacterianas del suelo.

Hussain, et al., (2022) realizo la biorremediación del suelo contaminado por hidrocarburo mediante el biocarbon de residuos vegetales, el compost del mismo material y las bacterias nativas, donde se obtuvieron resultados muy satisfactorios pero con porcentajes de degradación distintos para cada tratamiento, él tuvo una duración de 3 meses, donde se tuvo mayor degradación del 40% en la combinación de los tres insumos que fueron biocarbon de residuos vegetales, compost de residuos y la presencia de las bacterias nativas en el suelo y la segunda muestra que tuvo una degradación notable fue la muestra

que contenía el biocarbon el cual tuvo una degradación de 36%, en esta investigación se pudo destacar que el biocarbon junto a otras enmiendas ayudo mucho en la degradación de hidrocarburo, así como también cabe mencionar que el biocarbon es un material muy recomendable para biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos totales.

Zhang, et al., (2019) realizo biorremediación de suelos contaminado por hidrocarburo total utilizando como enmienda al biocarbon de hongo seco y incorporación de las bacterias presentes en suelo, los cuales fueron aisladas y cultivadas para luego volverlos al suelo junto al biocarbon, si bien se sabe el biocarbon es un gran adsorbente de un contaminante presentes en el suelo, en este trabajo se estudió a las bacterias degradadoras de hidrocarburos, las cuales fueron involucrados en el biocarbon para luego tratar al suelo contaminado, este estudio fue realizado por un tiempo de 60 días donde se tuvo un resultado favorable, el suelo tratado con estos compuestos realizaron una degradación de hidrocarburo total y el n-alcanos presentes en C12-18, este estudio demostró que el biocarbon junto a las bacterias inmovilizadas realizaron una buena biorremediación del suelo haciendo que este suelo recupere su fertilidad para el cultivo.

Mierzwa-Hersztek, et al., (2018) realizo biocarbon con la cama de las aves, los que fueron usados en la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos totales, para el cual la identificación de los hidrocarburos presentes en el suelo realizo mediante el método de gravimetría el cual permio ver el nivel de contaminación tenía el suelo que remedio, para el cual utilizo biocarbon del estiércol de las aves como fuente estimulante para la reproducción de las bacterias presentes en el suelo ya que las bacterias y el biocarbon fueron los que tuvieron gran eficiencia en la degradación del hidrocarburo total, para el cual aplicaron 2,5kg de biocarbon en sus muestras de tratamiento, donde finalmente en tiempo de 3 meses lograron degradar el hidrocarburo en un 34%, esto quiere decir que el biocarbon de la cama de las aves que funciono como enmiendo degradaron y un gran adsorbente de hidrocarburo presente en el suelo.

Abangadura, et al., (2022) investigo cómo influye la aplicación de biocarbon de estiércol de aves de campo y estiércol de aves de campo en la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, ya que el biocarbon fue aplicada como enmienda para la mejora del suelo en el contenido de carbono orgánico del suelo y la productividad de las plantas para el cual el experimento se realizó con cultivos de plantas donde se buscaba ver la producción de las plantas en el suelo contaminado y suelo con tratamiento, este tratamiento tuvo una duración de 12 meses donde se vieron que la muestras con tratamiento es decir el suelo con el biocarbon tuvo una degradación del hidrocarburo en un 26% y el suelo con estiércol de campo en un 24% y suelo sin tratamiento 0%, concluyendo que el mayor degradante del hidrocarburo fue el biocarbon de estiércol de aves y también vieron que en la muestra ubo más reproducción del cultivo es decir del indicador.

Ji, et al., (2022) nos indica la manera de preparar el biocarbon a base de estiércol de pollo, para el cual la primera etapa fue realizar el secado a temperatura ambiente para luego ser pasado por una estufa de 60°C por 12h, seguidamente se realizó la pirolizacion donde se probaron varias temperaturas para su pirolización llegando a las temperaturas de 400°C, 500°C, 600°C, 700°C y 800°C donde se tuvieron resultados muy distintos, pero donde se llegó obtener el biocarbon de dicha materia prima fue en los 400°C por un tiempo de 3 horas, los cuales fueron triturados y tamizados para ser aplicados en la biorremediación de un suelo contaminado.

Guo, et al., (2022) la pirólisis del biocarbon se puede realizar en diferentes tiempos y temperaturas, estas se pueden realizar en una pirolisis lenta, pirolisis rápida, pirolisis intermedia y pirolisis flash, por el cual esta investigación procedió realizar la pirólisis intermedia, el Biocarbon se realizó a partir de una muestra seca la que se depositó en el reactor anaerobio, sin presencia de oxígeno, en las primeras 2 horas se alcanzó a la temperatura de 100°C, posteriormente entre la tercera y cuarta hora se llega a la temperatura de 200°C y finalmente en la quinta hora se llegó a una temperatura de 300°C, donde se obtuvo el biocarbon de estiércol de gallina, siendo luego lavados y secados en estufa a 100 °C por 1 hora, para luego ser demolidos hasta la malla -90mm ya que mientras las partículas de biocarbon sean más pequeñas tendrán mayor adsorción.

Quang, et al., (2022) menciona, para la producción del biocarbon del estiércol de pollo recogido de una granja se secó a temperatura ambiente por un tiempo de 15 días, los cuales pasaron a secar a una estufa a 100°C durante una hora para luego ser pirolizado en reactor aeróbico a una temperatura de 500°C por un tiempo de 4 horas en los que se obtuvo el biocarbon, consecuentemente se realizó la trituración del biocarbon a un tamaño de 2mm, para luego ser aplicados para la biorremediación del suelo contaminado por hidrocarburos de petróleo, donde finalmente se tuvo una degradación del hidrocarburo en 52% esto quiere decir que el tamaño y el método de pirolisis del biocarbon tuvo buenos resultados en la degradación del contaminante.

Teorías relacionadas al tema. El Biocarbón; según, (Lataf, et al., 2022) el biocarbon es un material poroso y adsorbente para cualquier tipo de contaminante que puede estar presente en el suelo, este material se pirolizado a altos grados de temperatura y con oxígeno moderado para evitar la incineración completa ya que la presencia del oxígeno puede ocasionar que el biocarbon se convierta en ceniza.

Por otro lado, (Zhang, et al., (2022) menciona, que el biocarbon es un buen adsorbente para cualquier tipo de metal pesado presentes en el suelo en específico para los hidrocarburos totales ya que el biocarbon funciona como un sumidero e bioestimulante para las bacterias presentes que degradan el hidrocarburo. Según, (Jingqin, et al., 2022) el biocarbon es producto del proceso de pirolisis, se caracteriza por capturar carbono del suelo, asimismo adsorbe contaminantes metálicos. Controla la movilidad y disminuye la toxicidad del contaminante, esto está demostrado por distintos estudios lo efectivo que resulta el biochar para remover metales pesados, por ello su aplicación contribuye a la problemática de la Contaminación por metales pesados.

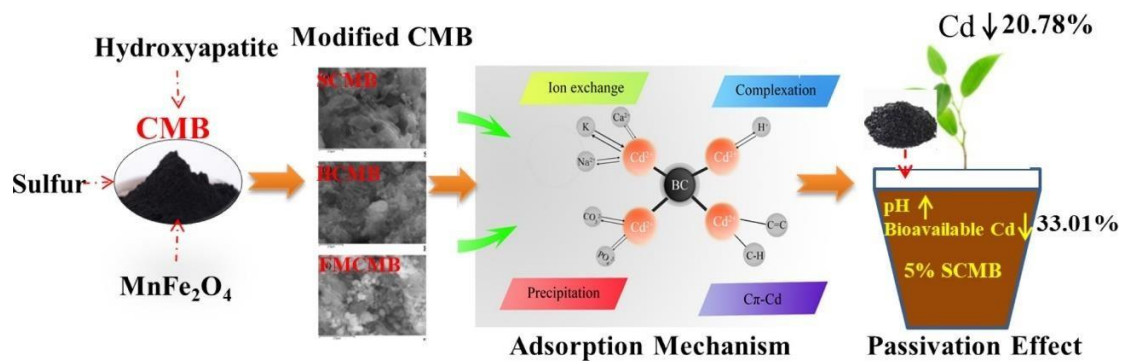


Figura1. Adsorción de biocarbon

Fuente: Sol, et al., (2022).

Respecto a la producción del biocarbon (carbón vegetal). La pirolisis del biocarbon es el proceso termoquímico empleado para la transformación de la biomasa de cualquier tipo de materia prima, esta materia prima será quemado en un reactor con poca presencia del oxígeno, por el cual se le conoce como secuestro del oxígeno (Abangadura, et al., 2022).

(Guo, et at., 2022) el biocarbon o carbón vegetal se produce a partir de diferentes tipos de materia prima es por ende que su costo es demasiado bajo, la producción del pirolisis según los estudios realizado se puede realizar en diferentes tiempos y temperaturas ya que para la producción del biocarbon se tiene la pirolisis rápido, pirolisis intermedio y al pirolisis flash ya que en estos métodos se puede obtener biocarbon, pero para esto depende mucho la textura de la materia prima que se va pirolizar y según el material se puede aplicar los métodos mencionados.

Tipos de pirolisis. La producción del biocarbon tiene diferentes métodos de pirolización siendo las diferencias en la temperatura y en el tiempo, la producción del biocarbon se puede realizar a base de muchos materiales, por lo tanto, su costo es muy rentable (Guo, et at., 2022).

tabla 1. Parámetros de operación y distribución de productos de diferentes procesos termoquímicos de biomasa.

tipos de procesos termoquímicos	temperatura de reacción °C	velocidad de calentamiento C/min)	tiempo de residencia	tamaño de alimentación (mm)	rendimiento de biocarbon (%)
pirólisis lento	400 - 500	5 a 7	>1h	5 a 50	25 a 35
pirólisis rápido	850 - 1250	6000-	>2s	<1	10 a 25
pirólisis intermedio	400-650	60 - 600	10 - 30s	1 a 5	25 a 40
pirólisis flash	>1000	>60,000	>1s	<0.5	10 a 25
gasificación	>500	1 a 50	10 - 20s	0.2 - 10	5 a 10

Fuente: (Guo, et al., 2022).

La pirolisis lenta se realiza con temperaturas bajas que alcanza de 5 a 7°C/min como un tiempo de resistencia de 1 hora y más llegando a la temperatura de calentamiento de 300 – 800°C aproximado, en el proceso de la pirolisis el vapor permanece en el reactor y la fase gaseosa permanece por mucho tiempo, el cual hace que la producción de la pirolisis sea favorable (Liu et al., 2015).

La pirolisis rápida es el procedimiento donde se realiza la pirolisis a base de diferentes materias primas, la pirolisis se puede realizar al aire libre es decir con la presencia del oxígeno, la pirolisis rápida tiene un calentamiento elevado que sobrepasa los 100°C /min, ya que este tipo de pirolisis se puede realizar un tiempo corto por su elevada temperatura hace que la biomasa se incinere más rápido ya que la temperatura suele ser de los 400°C – 600°C en un corto tiempo (Guo, et al., 2022).

La pirolisis intermedia es la combinación de la pirolisis lenta y la pirolisis rápida, donde se utilizan generalmente las temperaturas de 300°C – 600°C para producción del biocarbon, para el cual se cuenta con un tiempo de 2 – 4s de resistencia de vapor, la pirolisis intermedia es el proceso más recomendable en la producción de un biocarbon ya que en este procedimiento se puede tener un biocarbon más poroso (Guo, et al., 2022).

La pirolisis flash es similar a la pirolisis rápida con diferencia de temperatura y tiempo, así como el mismo nombre lo dice este de pirolisis se puede realizar en un menor tiempo con altos grados de temperatura el cual es mayor de 100°C/s con una temperatura de 900°C – 1300°C para el cual las partículas de la materia prima son

más pequeñas con un aproximado de 105 – 250um (Guo, et al., 2022).

Considerando las propiedades fisicoquímicas del biocarbon, las características fisicoquímicas del biocarbon también depende del método de pirolisis, ya que si se realiza a temperaturas altas aumenta la microporosidad del biocarbon, así como también depende mucho del tipo de materia que se realiza es decir la estructura de la materia prima influye mucho en el tipo de textura del biocarbon (Bao, et al., 2020).

El pH del biocarbon: El pH del biocarbon varía dependiendo de la temperatura en que realizo, así como también influye mucho en el pH el tipo de material que se utilizó en la producción del biocarbon si el biochar se produce a altas temperaturas y con materia vegetal el pH será elevado (Bian, et al., 2019).

La capacidad de intercambio catiónico: La CIC tiene una capacidad muy variable y va de unas cuantas unidades hasta 40 cm kg-1 producto de la química superficial. Esta puede resultar baja cuando se utiliza en la pirolisis temperaturas bajas, pero se incrementa cuando se trabaja a temperaturas más altas (Guo, et al., 2022)

La conductividad eléctrica o solidos totales disueltos (ms/cm): Es la media del contenido de las sales disueltas presentes en el biochar, es decir si el biocarbon tiene ceniza en gran cantidad tendrá la probabilidad de alzar los SDT puesto que las sales presentes en el biocarbon se miden como ceniza (Liu et al.,2015).

El tamaño de partícula: Este depende mucho de tipo de material que se utiliza en la producción del biocarbon, ya que si se realiza la pirolisis de un material con partículas de buen tamaño se tendrá que realizar la trituración en más pequeñas ya que este fue procesado a grandes temperaturas y menor tiempo el cual hace que el biocarbon será aún más porosa (Liu, et al., 2015).

El área de superficie: Se llama área de superficie a la unidad de masa, el cual constituye a la suma del área de superficie para formar un gramo de material, el área de superficie y la porosidad influyen mucho en la capacidad de adsorción que el biocarbon ante un contaminante (Lataf, et al., 2022).

La Bioestimulación, es la bioaumentacion de las bacterias presentes en el suelo mediante la aplicación de un nutriente que ayude en la plurificacion de las

dichas bacterias, el nutriente que se le añade al suelo contaminado tienen que ser ricos en nitrógeno, fósforo, carbono y potasio ya que estos nutrientes serán los bioestimulantes en la regeneración de las bacterias es decir la parte microbiana del suelo con la incorporación del nutriente se multiplicara en gran cantidad y estas actuaron con los degradadores del contaminante y lo convertirá en un producto menos tóxico (Xiong, et al., 2017).

Dinámica de microorganismos en procesos de bioestimulación. Los microorganismos del suelo en la bioestimulación para la remediación de un suelo contaminado, tomarán el control en la degradación del contaminante, ya que son estimulados mediante dos o más compuestos que hacen que se plurifiquen en gran cantidad y realizan la degradación del contaminante del suelo, ya las bacterias degradan a la sustancia tóxica hasta convertirlo en un producto inocuo o también llamado compuesto menos tóxico para el suelo (Wei, et al., 2020).

Tipo de microorganismos. Según Bao, et al., (2020) los microorganismos vivos del suelo tienen diversas formas y tamaños, como los lombrices, insectos y pequeñas bacterias que ayudan al desarrollo de las plantas y a la descomposición de algún animal en descomposición en suelo, en el cual las bacterias ayudan en la descomposición liberando nutrientes para el suelo, el cual hace que una planta se desarrolle.

Identificación de microorganismo. La identificación de las bacterias se realiza mediante el aislamiento con la finalidad de obtener las cepas de bacterias puras, y los medios apropiados para la aislación de estas principalmente usando las sales minerales modificadas (Vandera & Koukkou, 2017). Todo este procedimiento se realiza en laboratorio especializado, donde se hacen las transferencias de las bacterias de su ambiente a otro espacio que tenga todo lo necesario para el desarrollo de la bacteria, para su posterior identificación, donde se podrían encontrar a las siguientes bacterias.

Sphingobium, Sphingomonas, Acidovorax, Alkaligenes, Actinobacteria, Burkholderia sp., Rhizobium sp., Pseudomonas sp., Stenotrophomonas y Sinorhizobium.

Figura2. Bacterias presentes en el suelo con TPH

Características de microorganismos. Macroscópica. Este procedimiento es útil para la poder ver la presencia de las bacterias de gram negativo y gram positivo los cuales se distinguirán por el color, el tamaño, forma, etc. diana, et al., (2020).

Microscópica, como Tinción gram. Es el procedimiento más importante para la identificación de las bacterias ya que este procedimiento permite saber la presencia de las bacterias de gram negativo o gram positivo, ya que mediante este procedimiento se puede verificar la presencia de estas dos bacterias presentes en una membrana (Hidalgo *et al.*, 2020).

Una vez realizada la tinción de gram se observará en un microscopio con los diferentes lentes (10X,40X y 100X), para el cual se le añadirá aceite de inversión quien facilitará la verificación de las bacterias de gram (-) y (+) diana, etal., (2020).

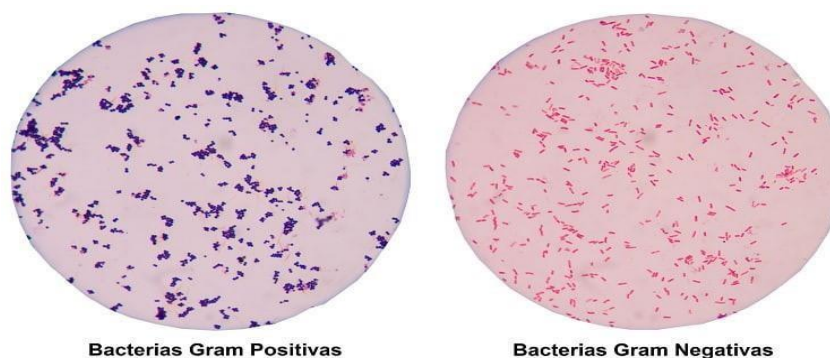


Figura3. Identificación de las bacterias de gram (-) y (+)

Fuente: diana, et al., (2020)

Metabolismo de degradación del hidrocarburo presente en el suelo

Para realizar la degradación del hidrocarburo mediante la estimulación se necesita trabajar con las bacterias aeróbicas presentes en el suelo, para ello es necesario la presencia del oxígeno molecular, que este facilite la oxidación del hidrocarburo, ya que como resultado se tendrá un bi-producto enzimático multicomponente conocido como cis-dihidrioles, finalmente son divididos por la oxigenasas en los anillos intradiol o extradiol, para luego juntarse por una via de orto-escisión o meta-escisión, que correlaciona para la formación de los

productos intermedios centrales (protocatecuato y catecoles) conocido como los precursores del ciclo del ácido tricarboxílico (Vandera, E., & Koukkou, A. I. 2017).

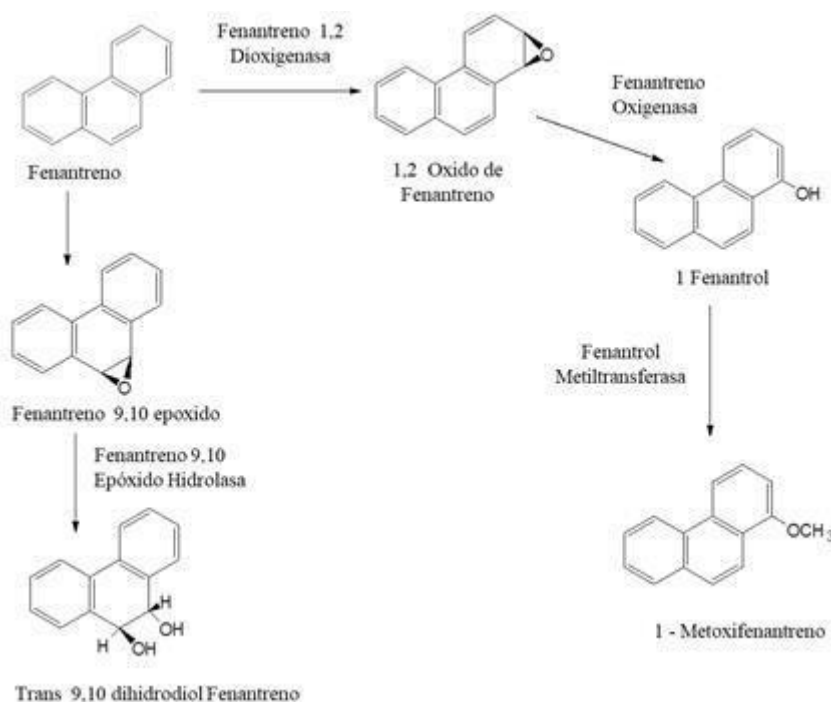


Figura4. Ruta de degradación del hidrocarburo por bacterias

Fuente: Vandera, E., & Koukkou, A. I. (2017)

Hidrocarburos totales de petróleo en el suelo. Todos los derivados del hidrocarburo usados por la humanidad en las diferentes industrias en los últimos años vienen afectando notoriamente a la estructura del suelo, consecuencia a ello los cultivos no pueden desarrollarse ya que ellos adsorben el hidrocarburo del suelo, y esto afecta a los cultivos por su alta toxicidad el cual hace que el suelo pierda los nutrientes como el potasio, sodio, sulfato y el nitrato, consecuente a ello el suelo se expone a la lixiviación y a la degradación, consecuencia a ello el suelo pierde su fertilidad para un cultivo (Barati, et al., 2017). La presencia del hidrocarburo en el suelo hace que se pierda la permeabilidad, la compactación debido al exceso de aceite en el suelo.

Metodología para determinar El TPH presente en el Suelo. Para determinar el nivel de concentración del hidrocarburo se puede realizar mediante muestras húmedas pero lo más apropiado sería sacarlos y homogenizarse en su totalidad (Patel et al., 2020).

Extracción del hidrocarburo. Los métodos más usados para la extracción del hidrocarburo.

- **Extracción por soxhlet o reflujo.** Es la técnica que más se utiliza para la extracción del hidrocarburo ya sea volátiles o semivolátiles. (Valencia, et al., 2011) indica, este método permite tener los resultados en óptimos de la muestra del solvente de extracción, pero sin embargo para el solvente de los compuestos orgánicos es necesario contar con una muestra con partículas de menor tamaño. (Almonte, et al., 2019) indica, para el método de extracción de soxhlet es necesario tener el solvente apropiado y que tenga una afinidad en la muestra y baja afinidad por la muestra, este debe tener un alto grado de volatilidad para poder ser removidos con facilidad finalmente, ya que método por extracción de soxhlet tiene la eficiencia en la extracción en 80% pero con una limitación por la cantidad de muestra y el tiempo.

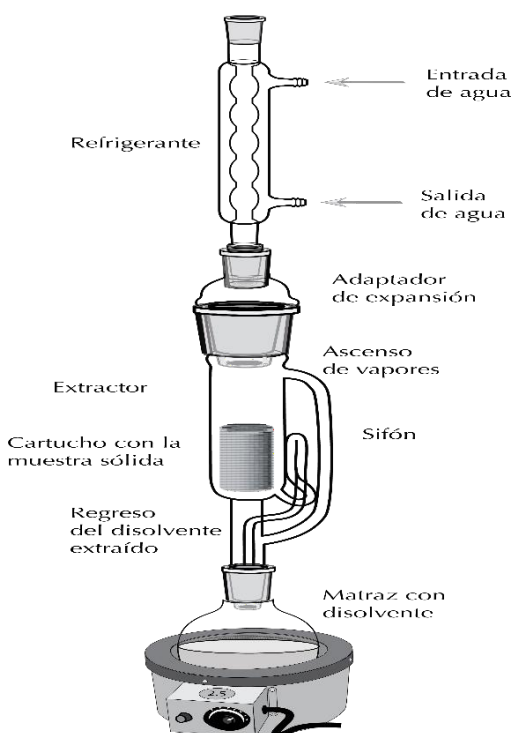


Figura5. Extracción por soxhlet o reflujo

Fuente:

<https://www.dequimica.info/extraccion-solido-liquido/>

Extracción por agitación – centrifugado. Este método es lo más económico debido a se puede analizar mayor cantidad de muestras al mismo tiempo, debido a que lo realiza en menor tiempo, con varias muestras y por la cantidad de solventes que se utiliza, es decir se puede tener los resultados en menor tiempo (Almonte, et al., 2019).

Fraccionamiento del hidrocarburo. El fraccionamiento del hidrocarburo es muy necesario ya que permite verificar el tipo de hidrocarburos que se tiene en la muestra que se está analizando. Además, este método realiza la identificación de los hidrocarburos por fraccionamiento en una columna empacada con materia altamente porosos y granular teniendo al pH neutro, separando las fracciones de los compuestos alifatos es decir se puede analizar por cada fracción teniendo a la F1, aromáticos F2 y nitrogenados f3 de petróleo (Anticona, et al., 2021).

tabla 2. Fracciones principales del hidrocarburo

FRACCIONES PRINCIPALES DE UN CRUDO TIPICO			
FRACCIONES	COMPOSICION	RANGO DE EBULLICION(°)	USOS
Gas	C1-C4	0-30	Combustible gaseoso
Compuestos volátiles	C5-C6	30-60	Solvente
Gasolina	C6-C9	70-150	Combustible para motores
Querosene	C10-C12	160-240	Combustible para reactores, petróleocombustible
ACPM (gas-oíl)	C13-C16	250-300	combustible diésel, reserva paracracking
lubricantes (aceites de cera)	C16-C20	300-450	Aceite lubricante, aceite mineral, reserva para cracking
Fuel-oíl (pesado)	C20-C30	450-600	Aceite para carreteras, asfalto
Residuo	Mayor de C30	Mas de 600	papel encerado, velas, alquitrán paratechos, asfaltos, impermeabilizantes

Fuente: <https://www.emaze.com/@AOOITQTIL>

Cuantificación de los hidrocarburos. El método de gravimetría es lo más recomendado para muestras que contengan aceites y grasos como es el TPH ya sea en una muestra de suelo o en una muestra de agua (Anticona, et al., 2021).

Métodos analíticos. Espectroscopia de infrarrojo (IR): En este método se puede tener los resultados en poco tiempo y con un bajo costo, pero hay una

cierta ocasión se presentan ciertas limitaciones en cuanto a la precisión de los resultados, estas limitaciones mayormente se tiene las muestras que no está bien homogenizadas. **Cromatografía de gases (CG):** Este método clasifica los compuestos que tiene la materia orgánica o los compuestos generados en el tratamiento, por el cual el hidrocarburo es extraído por los solventes y decantados mediante el método de cromatografía de gases, donde se podrá verificar el tipo de hidrocarburos que se tiene presente en la muestra (Almonte, et al., 2019).

Isotermas de adsorción Isotermas de adsorción de Freundlich. El modelo de Freundlich es lo más recomendable para la superficie heterogéneas ya que preside un aumento en la parte iónicas adsorbidas de la superficie del sólido esto ocurre debido al aumento en las concentraciones de las especies que se encuentran en la etapa líquida, este método hace que la energía de adsorción disminuya en la parte final de los centros de adsorción (Rivas, et al., 2022).

Isotermas de adsorción de Langmuir. El método de Langmuir tiene la metodología de que todos los sitios de adsorción son iguales de activos, si bien se sabe la superficie es energéticamente homogénea donde se forma coberturas de superficies monocapa sin ninguna interacción entre moléculas adsorbidas, ya que también hay cambio de energías libres en todos los sitios de adsorción donde no interacción de adsorbente- adsorbato (De Los Santos, et al., 2019).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo, diseño y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

La investigación propone un estudio de tipo aplicado con un enfoque cuantitativo según, (Fuentes, et al., 2020) se manipula una variable independiente esperando un efecto en la variable dependiente, para el cual se realiza tratamientos antes, durante y después del experimento, donde se emplea ciertas teorías para convertirlos en conocimientos prácticos que resuelvan los problemas.

La investigación es de tipo aplicada, ya que se realizará bioestimulación a un suelo contaminado por hidrocarburos totales de petróleo, para lo que se usó como enmienda al biocarbon de estiércol de gallina el cual hace que las bacterias nativas se desarrollen con más facilidad y degraden el hidrocarburo total de petróleo, en cuanto al enfoque de la investigación es de tipo cuantitativa, por lo que se obtuvo resultados a través de los tratamientos que se realizaron en cada una de sus etapas.

3.1.2. Diseño de investigación

La investigación tuvo un diseño experimental, según (Hernández, et al., 2019) hacen referencia a un estudio donde se manipulan las Variables Independientes para poder realizar el análisis de los resultados.

La investigación es experimental, debido a que se realizó un estudio a los suelos contaminados con hidrocarburo mediante la aplicación del biocarbon de estiércol de gallina (BEG) el cual funciona como enmienda, en ese sentido, se

utilizaron distintas informaciones y conocimientos sobre el BEG y las bacterias nativas del suelo, para el cual se realizó pruebas antes, durante y después del experimento, las muestras se seleccionaron al azar para ser analizados en una preprueba y posprueba.

3.2. Variables y Operacionalización

Variables: Son todos los cambios que se originan cuando estas llegan a interactuar con la finalidad de conseguir objetivos positivos.

3.2.1. Variable Independiente:

- Bioestimulación asistida por biocarbon

3.2.2. Variable Dependiente:

- remediación de suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1.- Población

Se dice población inferencia, a un grupo de unidades de estudio conformados por sujetos u objetos los que tienen un característica observable o reacción que pueda expresarse en un estudio de interés (Fuentes, et al., (2020).

La población de la investigación está conformada por los 100m² de suelo contaminado con hidrocarburo total de petróleo dentro del taller mecánico, de Jicamarca, y está ubicado en el distrito de Huarochirí del departamento de Lima, de donde se extrajo la muestra.

Criterio de inclusión: suelos contaminados por hidrocarburos

Criterio de exclusión: partículas y residuos sólidos presentes en el suelo contaminado

3.3.2.- Muestra

Esta es un grupo de poblaciones, en el que se realizara investigación para el cual se tiene para conseguir la cantidad de un componente para la muestra, que consiste un conjunto de reglas para la selección de la muestra, la muestra es la parte más significativa de una población, (Hernández, et al., 2019).

La presente investigación realizó la recolección de la muestra de acuerdo a la guía de muestreo de suelos, del decreto supremo 011 – 2017 MINAM, la recolección de la muestra se realizó en el taller mecánica ubicada en la localidad de Jicamarca del distrito de Huarochirí, en una área de 100m² en los que se realizaron 50 hoyos de 10 cm de profundidad con diámetro 15 cm según la guía de muestreo de suelos, de los cuales se tomaron 4 kg de muestra por cada hoyo obteniendo 200 kg de muestra y posteriormente fue homogenizada y cuarteada para así obtener la muestra representativo y ser conducidos al laboratorio donde se realizará la medición de los parámetros físico químicos del suelo.



Figura6. Área de estudio

3.3.3.- Muestreo

En cuanto al muestreo es probabilístico, el método que se emplea para la clasificación de la muestra general de la población se rige bajo ciertos conjuntos de reglas, procedimientos y criterios los que permiten la selección del conjunto de la población el cual representara lo que sucede en toda la población (Hernández, et al., 2019).

El muestreo de la investigación es de tipo probabilístico, debido a que las unidades tienen las probabilidades para la selección y recolección de las muestras representativas, la cual se desarrollaron utilizando el método de homogenización y cuarteo, consecuente a ello la presente investigación realizó el muestreo de acuerdo a la guía de muestreo de suelos, del decreto supremo 011 – 2017 MINAN, la que fue homogenizada y cuarteada para así obtener la muestra representativa que fueron distribuidas en 4 pilas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica de la Investigación

La técnica observación se refiere a toda investigación ligada a verificar todos los cambios que ocurre durante el transcurso de un trabajo, con el fin de probar la hipótesis planteada (Kazdin, et al.,2001).

La técnica que se empleó para el desarrollo de la investigación fue la observacional, debido a que se analizó todos los cambios que ocurrió durante la biorremediación del suelo contaminado con TPH, por el cual estas muestras fueron analizadas desde la toma de muestra hasta los tiempos del tratamiento para obtener respuestas fiables a los objetivos planteados

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizarán para la recolección de los datos serán clasificados por registros en este caso se tendrá cinco registros.

Registro 1: Recolección de la muestra

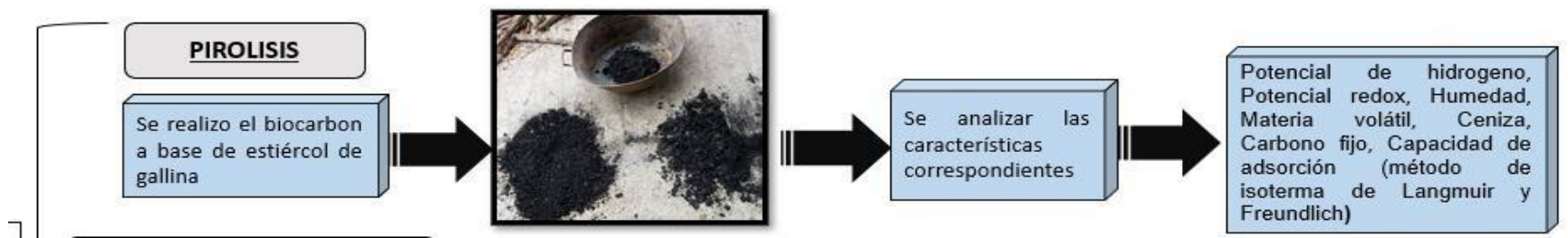
Registro 2: Características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburo antes y después del tratamiento

Registro 3: bacterias presentes en el suelo contaminado de hidrocarburos totales antes y durante el proceso.

Registro 4: Las propiedades físicas del biocarbon del estiércol de gallina

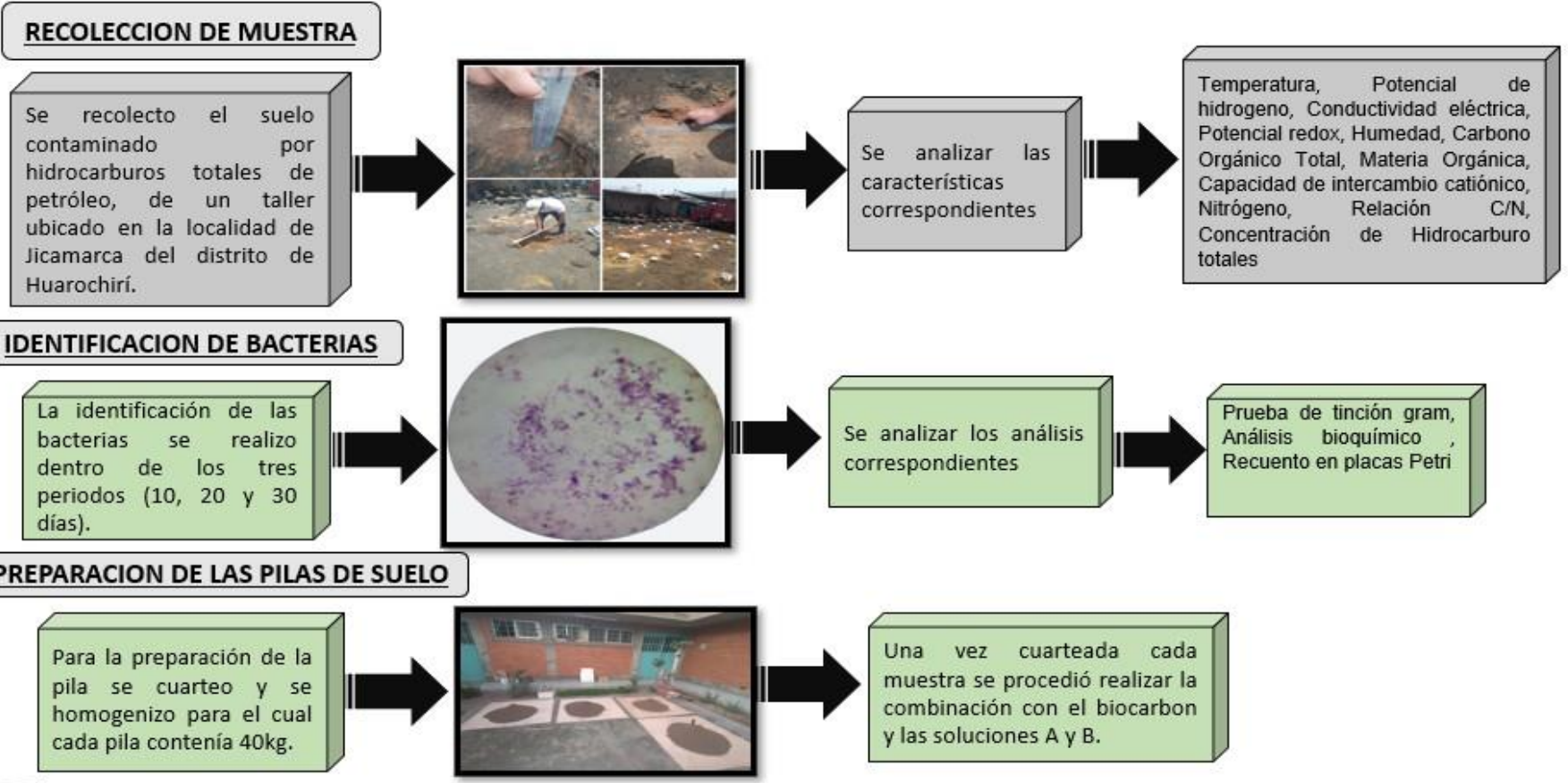
Registro 5: Dosis del biocarbon de estiércol de gallina en la reducción de la concentración del hidrocarburo total en las pilas de suelo contaminado.

3.5. Procedimientos



ETAPA 2

DISEÑO EXPERIMENTAL



- **Muestreo de detalle toma de muestra de suelo con hidrocarburo**

La recolección de la muestra se realizó bajo la guía del D.S. 011 – 2017 MINAM, mediante el método sistemático de rejillas simples, bajo este decreto supremo se realizaron hoyos de 10 cm de profundidad por 15 cm de diámetro, para suelo industrial como son los talleres de mecánica, la recolección de muestras se realizó en un área de 100m², donde se realizaron 50 hoyos en todo lo el perímetro del área, de los cuales se sacaron 4kg de muestra por cada hoyo , logrando un peso de 200 kilogramos de muestra general los que fueron, los que fueron conducidos al lugar donde se realizó el experimento, las muestras fueron secados a temperatura ambiente para luego ser pasados por un tamiz de 0,2mm, obteniendo la muestra a tratar de 160kg los que fueron cuarteadas en cuatro pilas para su tratamiento.

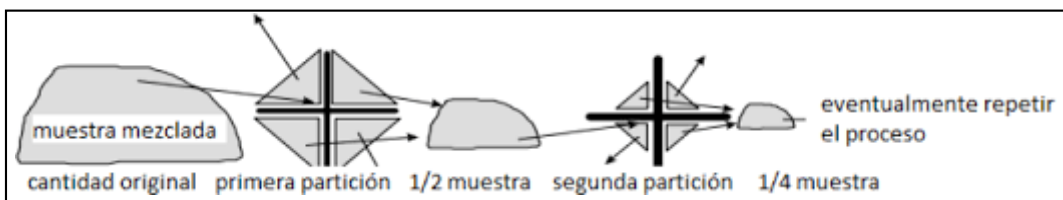


Figura8. cuarto de la muestra

Fuente: decreto supremo 011-2017 MINAM



Figura9. Colecta de suelo contaminado con hidrocarburo

Fuente: Elaboración propia

- **Muestreo de Identificación**

El muestreo de identificación fue tomado para poder tomar la decisión del estudio, ya que este análisis nos permitió conocer que tanto estaba el contaminante por encima de los valores de los estándares de calidad de suelo (ECA de Suelo), con respecto al Decreto Supremo 017-2017 MINAN.

- **Plan de descontaminación del suelo**

Se conoce que los hidrocarburos en el suelo de los talleres de mecánica son un riesgo para la salud de las personas como también para el ambiente, ya que su exceso en suelo puede llegar a ocasionar alergias, como heridas cancerígenas, además si estas se encuentran con suelos arenosos su infiltración pudiera llegar a niveles freáticos contaminando el agua del sub suelo (Barati, et al., 2017). por tal razón es importante realizar un sistema de gestión ambiental para poder prevenir los impactos ambientales para lo cual se tomaron datos de la guía de evaluación de riesgo a la salud y medio ambiente (ERSA).

3.5.2. Características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburo antes y después del tratamiento

- **Temperatura (°C), Potencial de Hidrogeno (acido/base), Conductividad eléctrica (mS/cm), Potencial redox (mV) (Método Potenciométrico)**

La evaluación se realizó obteniendo un extracto de suelo, en una relación de 1:2 para ponerlo en agitación rotacional a 30 rpm por 45" para luego dejarlo reposar por 24h y realizar las mediciones.

- **Humedad gravimétrica del suelo (HG%) (Norma ASTM D2216)**

Nos proporciona cual es la cantidad de agua que retiene cuando el suelo se encuentra contaminado con hidrocarburo y conocer como lo afecta.

Formula:

$$\%HG = \frac{(\text{Peso crisol} + \text{muestra}) - (\text{Peso crisol} + \text{muestra a } 105^{\circ} \text{ C})}{(\text{Peso crisol} + \text{muestra}) - (\text{peso de crisol})} \times 100$$

- **Concentración de Hidrocarburo total (Método cromatografía de gases)**

El método de cromatografía de gases, es el método que determina los compuestos volátiles de un suelo contaminado u otro tipo de muestra, esta técnica utiliza la como fase un gas inerte el que arrastra los diferentes componentes de la muestra a través de una columna cromatográfica (Jareño-Esteban, et al., 2013).

La presente investigación analizó la concentración del hidrocarburo volátil de la muestra por el método de cromatografía de gases, donde se analizaron las fracciones F1, F2 y F3 del hidrocarburo y la cantidad de cada carbono, ya que estos análisis nos permitieron conocer que tanto estaba contaminante el suelo y si sobrepasaba los valores de los estándares de calidad de suelo (ECA de Suelo), con respecto al Decreto Supremo 017-2017 MINAM.

- **Concentración de Hidrocarburo total (Método gravimétrico - Extracción Soxhlet)**

La concentración del hidrocarburo total, será extraído con hexano, por reflujo por 4 horas, para luego destilar la muestra y separar el hidrocarburo del solvente, y luego colocarlo en la estufa y secar por 4 horas, enfriar y pesar el método será físico.

Formula:

$$HTP_s = \frac{(W_{b+htp} - W_{bs}) * FC}{(P * FH)}$$

Donde:

HTP_s: Suelo contaminado con hidrocarburo (mgHTP/Kgss)

W_{b+htp}: Peso del balón + extracción (g)

W_{bs}: Peso del balón seco (g)

P: Peso de muestra seca a 105°C

FH: Factor de corrección de humedad

FC: Factor de corrección para transformar a kg de ss = 1000

- **Carbono Orgánico Total y materia Orgánica (%CO) (Método Walkley – Black)**

Se realiza para conocer como el hidrocarburo en un suelo contaminado es influenciado en el equilibrio de carbono porque la cadena de hidrocarburo tiene carbono, donde también hace cambios en la materia orgánica, su método utiliza al dicromato de potasio 0.25 normal y terminando en una titulación de volumetría con el indicador ferroina y la sal de Mohr como titulante.

Formula:

$$\%C = \frac{(V_{\text{bco}} - V_m) * N * 0.003 * 1.3 * 100}{\text{Peso de la muestra en gramos}}$$

Donde:

V_{bco} : Volumen usado en el blanco (ml)

V_m : Volumen usado en la muestra (ml)

N: Normalidad del sulfato ferroso

1.3: Factor

0.003: meq de Carbono

- **Capacidad de intercambio catiónico (CIC meq/100g) (método del acetato de amonio – 1N pH7)**

Se acondiciona la muestra a secar con temperatura ambiente por 24 horas, la que será analizo agregando al acetato de amonio en 25 ml, para colocarlo en agitador magnético por 30 minutos, y así generar el extracto necesario para evaluar el CIC, teniendo en cuenta que el método termina con una titulación volumétrica con hidróxido de sodio y con un indicador la fenolftaleína.

Formula:

$$\text{CIC} = \frac{(v_m - v_b) * N * (100 + W)}{P_{\text{msa}}}$$

Donde:

v_m : Volumen usado en el filtrado (ml)

v_b : Volumen usado en el blanco (ml)

P_{msa} : Peso de muestra secado al aire (g)

W: Humedad del suelo seco al aire.

- **Nitrógeno Total (N%) (Método Kjeldahl)**

La determinación del nitrógeno total se realizó en dos etapas la primera mediante la digestión y la segunda por destilación, para terminar en una titulación volumétrica.

Formula

$$\% \text{Nitrógeno} = \frac{(\text{ml ácido valorante} - \text{ml blanco}) * N * 1,4007}{\text{Peso de la muestra en gramos}}$$

- **Relación C/N (Adimensional)**

En la relación se observa cuanto aumenta o disminuye el nitrógeno o como es el comportamiento del carbono en el suelo contaminado por hidrocarburos.

3.5.3. PARÁMETROS DEL ESTIÉRCOL DE GALLINA ANTES DEL BIOCARBON

- **Potencial de hidrógeno (pH), Potencial redox (mV) (Método potenciométrico)**

Se tomó un peso de 15 g de estiércol de gallina seco al ambiente y se añadió 50 ml de agua destilada, seguidamente se agito en un equipo rotacional de 30 rpm por un tiempo de 45", retirarlo y ponerlo a decantar por 24 horas, para luego tomar la solución decantada y realizar las mediciones potenciométricas con un equipo multiparámetro Gondo ezodo, con certificado de calibración por empresa acreditada al Inacal.

Figura10. Potencial de hidrógeno (pH), Potencial redox (mV) (Método potenciométrico).

fuentes: elaboración propia

3.5.4. PIRÓLISIS DE LA MATERIA PRIMA (MÉTODO ANAERÓBICO)

- **Pirolisis de estiércol de gallina** (metodología: Guo, et al., 2022)

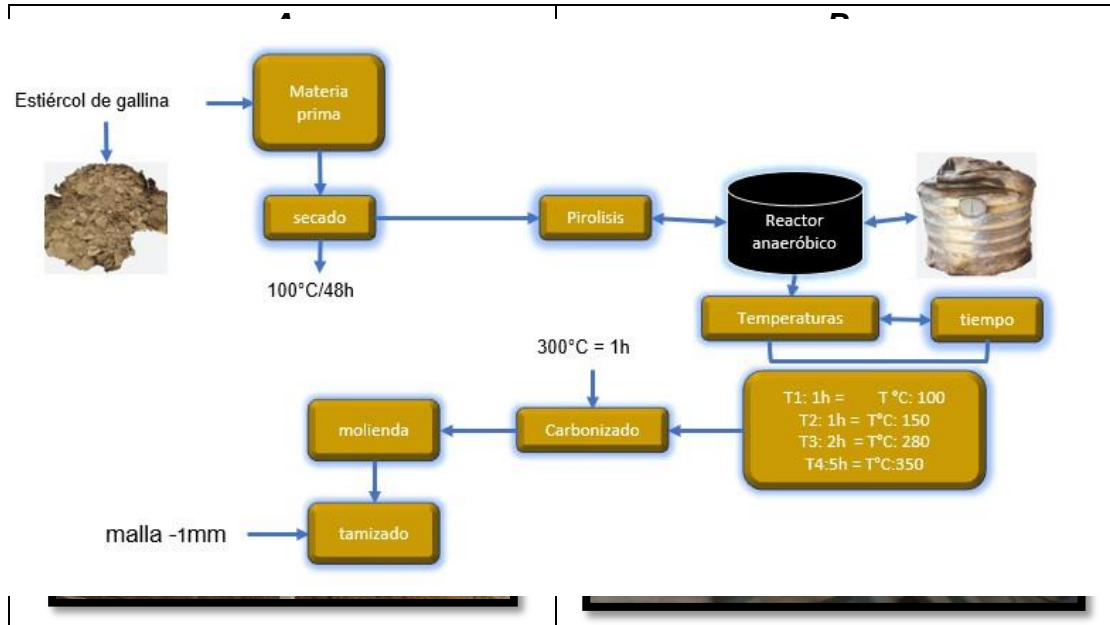


Figura11. Flujograma de pirolisis de estiércol de gallina

Fuente: Elaboración propia

- **Descripción**

Para realizar la pirolisis del estiércol de gallina se utiliza la metodología de (Dike, et al., 2022) pero con ciertos cambios.

Es el método de obtener Biocarbon a partir de una muestra seca de estiércol de gallina se tuvo que hacerlo secar al ambiente hasta una humedad del 4% para poder realizar la pirolisis, en el reactor anaerobio, donde no existía presencia de oxígeno, por un tiempo de 4 horas en tres tiempos que fueron el bajo medio y alto a temperatura de 100 °C, se tuvo por 1 hora con la finalidad de sacar todo el agua residual de la muestra, luego llegamos a 150 grados centígrados para que se inicie el secado final por 1 hora, seguidamente siguió la temperatura de 280°C a 300°C para iniciar la formación del biocarbon por un tiempo de 1 hora la hora final se cierran las válvulas y se deja hasta la temperatura de 300°C y luego se deja enfriar sin destapar el reactor hasta que tenga una temperatura ambiente y poder retirar el producto de la pirolisis, para luego ser demolidos hasta la malla -90mm ya que mientras las partículas de biocarbon sean más pequeñas tendrán mayor adsorción.

BIOCARBON DE ESTIÉRCOL DE GALLINA		
		
100°C/ 2h	200°C/ 2h	300°C/1h
		

Figura12. Preparación del hidrocarburo

Fuente: elaboración propia

3.5.4.1. Propiedades físicas del biocarbon del estiércol de gallina

- **Humedad (%) (método: Norma ASTM D 2216)**

Parámetro físico que fue determinado para conocer la humedad de la materia prima que se realizó biocarbon, este se realizó en un crisol de porcelana secado a 105 °C por 60 minutos, enfriado en desecador hasta temperatura ambiente para luego pesarlo en balanza analítica de cuatro dígitos, verter la muestra y colocarlo en una estufa a 105 °C por 90 minutos, enfriar y pesarlo y así poder obtener el resulta mediante la siguiente ecuación:

Ecuación:

$$H = \frac{(W c + sh) - (W c + ss)}{(W c + ss) - (W c)} \times 100$$

Donde:

H: Humedad de la muestra (%)

W c + sh: Peso de crisol + suelo húmedo (g)

W c + ss: Peso de crisol + suelo seco (g)

W c: Peso de crisol (g)



Figura13. Determinación de la humedad del estiércol de gallina

Fuente: elaboración propia

- **Materia Volátil (%) (método: Norma ASTM D – 3175)**

La materia volátil de la materia prima se tomó a partir de la muestra seca en una cápsula de porcelana con tapa ya que este proceso es anaeróbico, sin presencia de oxígeno, llevado a 900 °C por un tiempo de 7 minutos, para luego enfriar la capsula y pesarlo en una balanza analítica y tener sus resultados utilizando la ecuación.

Ecuación:

$$MV = \frac{(W C + MS) - (W C + MS 900^{\circ} C \times 7")}{(W C + MS) - (WC)} \times 100$$

Donde:

W C + MS: Peso de capsula + Muestra seca (g)

W C + MS 900°Cx7": Peso de la capsula + Muestra seca a 900 °C (g)

WC: Peso de la capsula (g)

MV: Materia volátil (%)

- **Ceniza (%) (método: Norma ASTM D – 5142 – 2015)**

La ceniza fue evaluada a partir de la muestra de materia volátil, colocándolo en la mufla a 900 °C por 2 horas u observar que la muestra tomo un color blanquecino, para enfriarlo en el desecador hasta temperatura ambiente y pesarlo en una balanza analítica.

Ecuación:

$$\% \text{ ceniza} = \frac{(\text{Peso capsula} + \text{muestra a } 900^{\circ} \text{ C}) - (\text{Peso capsula})}{(\text{Peso capsula} + \text{muestra}) - (\text{Peso capsula})} \times 100$$

- **Carbono Fijo (%) (Método: Norma ASTM D – 3172)**

Para calcular el carbono fijo se tiene que tener como datos fundamentales la materia volátil y la ceniza y así poder determinar su resultado que nos sirve para evaluar la superficie de adsorción de los contaminantes y también como retenedor del agua para la planta indicadora.

Ecuación:

$$\% \text{ CF} = 100 - (\% \text{ Ceniza} + \% \text{ MV})$$

- **Capacidad de adsorción (método de isoterma de Langmuir y Freundlich)**

Para la prueba de adsorción Langmuir nos guiamos de la metodología de (Hodelin-Barrera, et al., 2022) pero con ciertos cambios.

Para la prueba de adsorción de Langmuir lo primero que se realizo fue pesar los vasos que se usaron, para el cual los vasos fueron lavados para luego ser secados en una estufa a una temperatura de 105°C por un tiempo de 1h, una

vez secadas se deja enfriar para luego ser pesados, una vez pesados se procedió a realizar el experimento para el cual se tomó 100ml de agua destilada para cada vaso precipitado, donde se le añade 1ml de hidrocarburo para ser homogenizados por 10 minutos a 300 rpm, seguidamente se añadió el biocarbon en diferentes dosis siendo 0.1g, 0.3g, 0.5g, 0.8g, 1.0g, 1.3g, 1.5g, 1.8g, 2.0g y 2.3g de igual manera esto fue homogenizado por 10 minutos a 300 rpm, luego se dejó reposar un tiempo de 50 minutos, para luego pesar los filtros pero para que eso suceda todas las muestras fueron colocadas en una estufa a una temperatura de 100°C por un tiempo de 2h y media donde se evaporo todo el agua presente en cada muestra para luego nuevamente ser colocados a la estufa a una temperatura de 100°C por un tiempo de 3h para luego ser pesados.

Formula:

$$P_i - P_f = V_m \times 10^{-6}$$

Donde:

P_i: peso inicial

P_f: peso final

V_m: volumen de la muestra

3.5.4. BACTERIAS PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO DE HIDROCARBUROS TOTALES DURANTE EL PROCESO

- **Identificación y aislación de las bacterias del suelo**

Para el aislamiento de las bacterias del suelo se aplicó la metodología planteada por (Rodríguez-Urbe. al.et. 2021). Es la prueba cuantitativa que se realizó para determinar las bacterias gram (+) y gram (-), se utilizó el cristal violeta, un mordiente complejo yodo Lugol, otro para decolorar el alcohol de 96% y finalmente la safranina todos tuvieron una fijación de un minuto, controlado con un cronometro.

Seguidamente fueron evaluados en un microscopio electrónico con su lente de 100x utilizando aceite de inmersión.

- **Prueba de tinción gran (+) (-)**

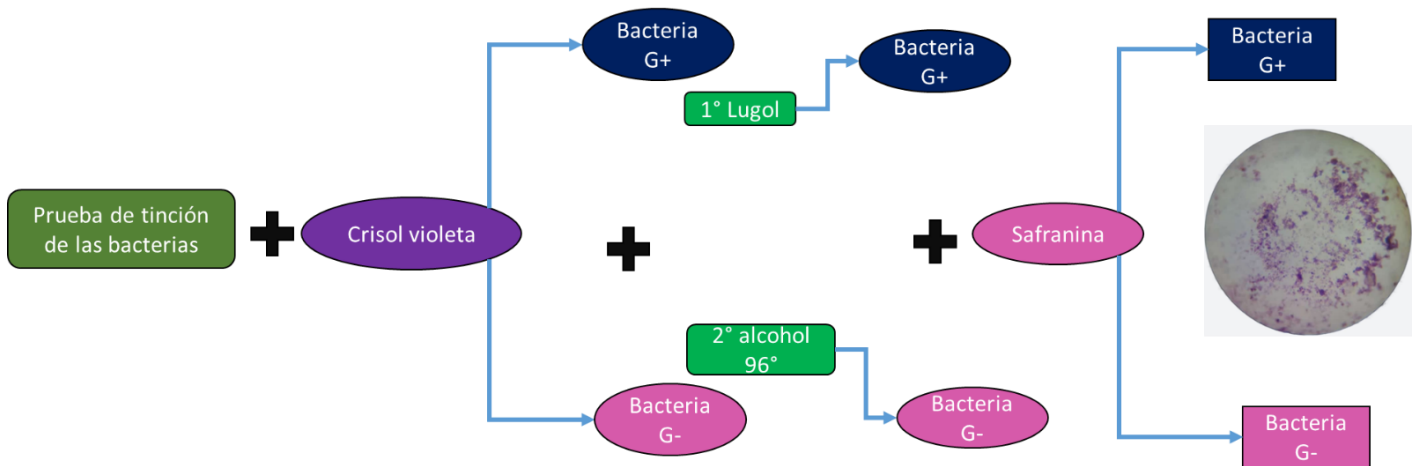


Figura14. Flujograma de identificación de bacteria de Gram (-) y gram (+)

Fuente: Elaboración propia



Figura15. Prueba de tinción del gram (-) (+)

Fuente: elaboración propia

- **Análisis microbiológico**

Para el análisis microbiológico de las bacterias nativas nos guiamos de la metodología planteado por (Rodríguez-Uribe. al.et. 2021) pero con algunos cambios.

Para iniciar el análisis se esterilizaron todos los materiales a utilizar, en una autoclave a una temperatura de 121 °C por 20 minutos.

Seguidamente se tomó una muestra de las 4 pilas, completando un peso de 100g, se le agregó 200 ml de agua peptonada relación (1:2), bacteriológica para obtener una solución con las bacterias de identificación inicial sin ningún tipo de agregado, colocándolo en un equipo de agitación de rotación a una velocidad de 30 rpm por 40 minutos, cumplido el tiempo se dejó decantar 2 horas y se tomó

la muestra enrasando una fiola de 100ml de donde se tomaron las diluciones de los tubos múltiples, 10^{-1} , 10^{-2} , y 10^{-3}

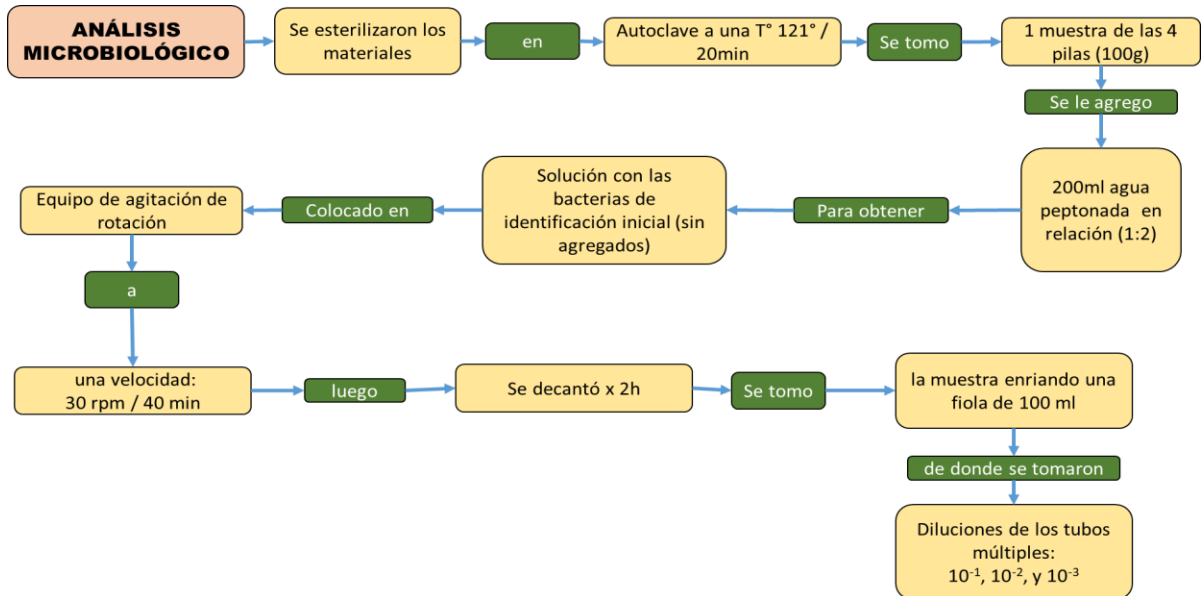


Figura16. Flujograma del análisis microbiológica del suelo

Fuente: Elaboración propia



Figura17. Analisis microbiologico

Fuente: elaboracion propia

- **Siembra en placas Petri ZHAO**, (método planteado por (Baowei et al.2022)).

Se realizo la siembra con el asa de siembra esterilizando en el mechero bunsen, y realizando una siembra en zig, zag, también hubo tres blancos, de cada Agar diferencial, uno estafilococo, rhodococcus, con el manitol, cetramide agar

diferencial de la familia pseudomona sp., el citrato Simmons, agar para presencia de pseudomonas y estafilococos.

Estas placas Petri ya sembradas fueron colocados en la incubadora a una temperatura de 36 °C por 24 horas.

Después de las 24 horas se procedió al recuento de colonias en el contador de colonias.

Formula:

$$\text{Numero de colonias} = (\text{alto} + \text{medio} + \text{bajo}/3) * 65$$

$$\text{UFC/g} = \frac{\text{Numero de colonias} * \text{factor de dilución}}{\text{Volumen de muestra}}$$

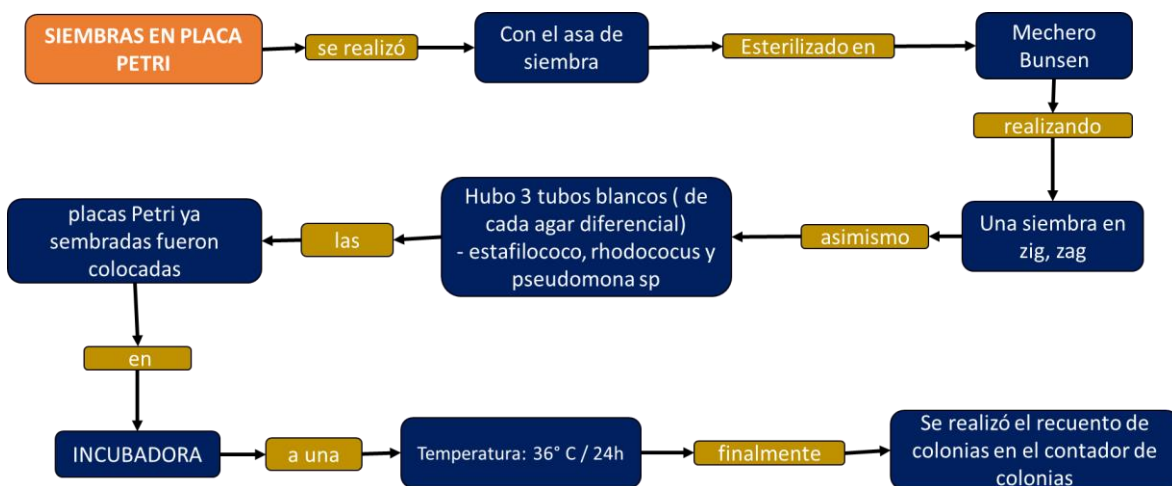


Figura18. Flujograma de siembra en placas Petri

Fuente: Elaboración propia


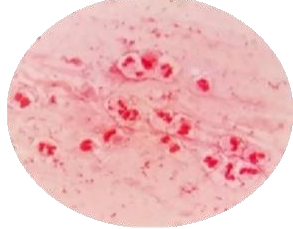
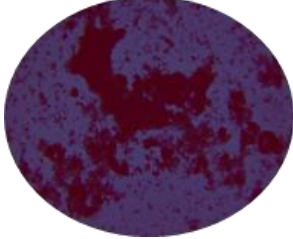
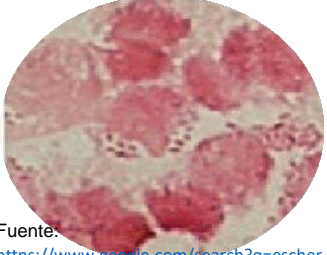
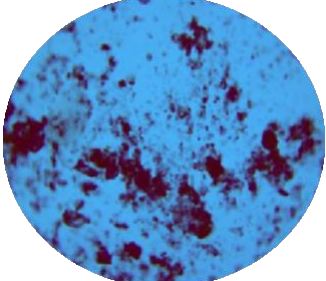
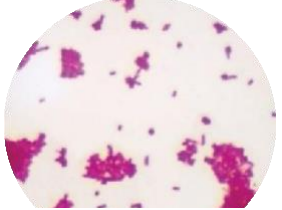
Siembra en placas Petri ZHAO

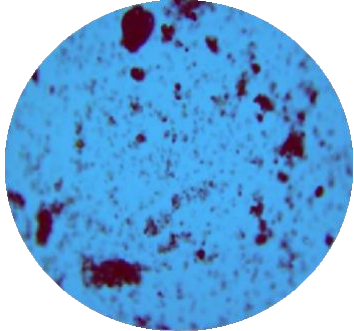
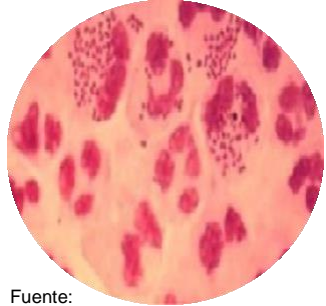


3.5.5.

PRUEBAS BIOQUÍMICAS DE IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS


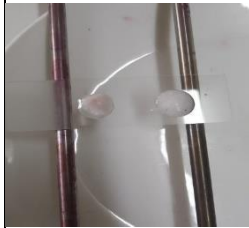
tabla 4. pruebas bioquímicas de identificación de bacterias

Pilas	Descripción	Imagen laboratorio	
Pila 1	Suelo con HTP con humedecimiento de agua por 30 días Bacterias obtenidas por frotis en microscopio con lente 100X Presencia de cocos y leucocitos todos Gram negativos (Laboratorio)	fuelle: elaboración propia 	 Fuente: https://www.google.com/search?q=escherichia+coli+microscopio&tbm=is
Pila 2	Suelo con HTP, se rego con nutrientes A+B por 30 días Bacterias obtenidas por frotis en microscopio con lente 100 presencia de Diplococos todos Gram negativos (Laboratorio)	fuelle: elaboración propia 	 Fuente: https://www.google.com/search?q=escher
Pila 3	Suelo con HTP, y Biocarbon de estiércol de gallinaza Bacterias obtenidas por frotis en microscopio con lente 100X presencia de E. coli, cocos, y pseudomonas, todos Gram negativos (Laboratorio).	fuelle: elaboración propia 	 Fuente: https://www.google.com/search?q=escher

Pila 4	suelo con HTP, con Biocarbon de estiércol de gallinaza + solución A+B Bacterias obtenidas por frotis en microscopio con lente 100X presencia de E. coli, cocos, y pseudomonas, todos Gram negativos (Laboratorio)	fuelle: elaboración propia		 Fuente: https://www.google.com/search?q=escher
---------------	---	----------------------------	---	---

fuelle: elaboración propia

• Prueba bioquímica de la catalasa

PILAS	TIPO DE AGAR	Presuntas bacterias	DESCRIPCION	IMAGEN	PRUEBA BIOQUIMICA	DESCRIPCION	IMAGEN
PILA1 - PILA 2	Agar Triple Sugar Iron (+)	<ul style="list-style-type: none"> - Escherichia coli - Klebsiella/Enterobacter - Proteus - Salmonella (cepas con resultado positivo a H₂S) - Shigella y Salmonella con resultado negativo a H₂S - Enterococcus 	determina las grandes negativas porque este en un agar diferencial, donde se observaron en la prueba de frotis cocos, estafilococos y debido al color amarillento en el agar triple sugar iron se puede percibir que hay presencia de enterococcus, escherichia coli y klebsiella/entero bacterias		La prueba bioquímica nos dio positivo, reconociendo a las bacterias ya mencionadas.	Bacterias que para su vida necesitan peptone, lactosa, dextrosa, sacarosa, sodio y sulfato de fierro.	(+) 

PILA 2- PILA4	Agar Simmons Citrate (+)	<ul style="list-style-type: none"> - Salmonella Enteritidis - Klebsiella pneumoniae - Proteus vulgaris - Escherichia coli 	Ammonium phosphate, indicador que cambia al color por el cambio de pH, Bromo thymol blue donde finalmente se puede deducir que tiene presencia de las bacterias mencionadas.		La prueba bioquímica fue positiva porque efervesce en ambas pilas corroborando el cambio de color del indicador.	Presencia de enterobacterias, porque en las 24 horas de incubación cambio de color	(+) 
PILA 3- PILA4	Pruebas de catalasa en las dos pilas MacConkey Agar (+)	<ul style="list-style-type: none"> - Escherichia coli - Klebsiella, Enterobacter - Proteus - Pseudomonas aeruginosa - Enterococos - Staphylococcus aureus 	método de siembra en placas y colocados en incubadora por 24 horas teniendo como resultado, una supuesta presencia de las bacterias Enterococos, Staphylococcus aureus y Escherichia coli		Prueba resultado positivo porque al utilizar el reactivo bioquímico esta efervesce de manera inmediata. (método del porta objeto)	presencia de Enterobacterias, y presencia de e. coli	(+) 
PILAS 1,2,3 Y 4	(+)	El ultimo resultado por tubos hace referencia a la presencia de bacterias nativas en el suelo	Pruebas realizadas en las pilas 1,2,3,4 haciéndose un barrido en método de tubos inclinados por inoculación de profundidad.		Se observa cómo es que son positivos dando respuesta a lo antes evaluado incluso mostramos un compósito que efervesce siendo la prueba positiva.		(+) 

Figura20. Pruebas bioquímicas de la catalasa

fuentes: elaboración propia

3.5.6. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE CADA PILA

Se tamizo la muestra con malla N° 10 (10mm) de acuerdo a la metodología planteado por Xinxin Liu (2019). Se realizo la homogenización de la muestra en un equipo mezclador, con la finalidad que las pilas sean representativas, y así se procedió a realizar la mezcla del biocarbon + suelo contaminado, suelo contaminado + el fertilizante (solución A y Solución B), suelo contaminado + biocarbon de estiércol de gallina más el fertilizante (solución A y solución B), para la bioestimulación.



Figura21. Preparación de las pilas con el suelo contaminado

Fuente: elaboración propia

- **Peso de la muestra**

Los pesos que se utilizaron fueron:

tabla 5. dosis de biocarbon

Muestra	Peso de suelo (kg)	Peso de biocarbon (g)	Volumen de fertilizante (ml) A+B
Pila 1	40		
Pila 2	40	2.4	
Pila 3	40	2.4	3000ml
Pila 4	40		4000ml

Fuente: elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

El método de análisis de dato es el desarrollo y análisis de datos, ya sea de nivel descriptivo o inferencial. La información obtenida será analizada utilizando métodos estadísticos, elaboración de gráficos y cuadros en Microsoft Excel, ubicación del área de estudio Google earth, transcripción de información en el cuaderno de campo sobre el proceso de estudio del trabajo de investigación.

3.7. Aspectos éticos

El desarrollo de la investigación fue por decisión propia y se respetará los derechos de autor con las citas bibliográficas, por el cual toda información redactada es verídica, toda información plasmada es confiable, así como lo pide la universidad y el consejo de la universidad N° 0262-2020/UCV que fue promulgado el 28 de agosto del 2020, además se respeta cada autor de los artículos y toda fuente utilizada para la investigación.

IV: RESULTADOS

OG: Evaluar la bioestimulación asistida por biocarbon de estiércol de gallinas en la degradación de la contaminación de hidrocarburos totales de petróleo en el suelo Lima-Jicamarca 2022

tabla 6. Concentración de Hidrocarburo del petróleo (método Soxhlet)

Pilas - Primer tratamiento	Peso de Balón (g)	Peso de balón + HTP	Peso de muestra seca	HTP mg/kg _{ps}
P1-(10 DIAS)	202.4730	202.5572	5.0238	14.2462
P2 - (10 DIAS)	142.4058	142.4846	5.0234	13.3336
P3 - (10 DIAS)	162.3445	162.4103	5.0023	11.1809
P4 - (10 DIAS)	181.2559	181.3212	5.0004	11.1001

Fuente: elaboración propia

tabla 7. Concentración de Hidrocarburo total inicial (ECAS – 5000 mgHTP/kg_{ps})

Pilas - Segundo tratamiento	Peso de Balón (g)	Peso de balón + HTP	Peso de muestra seca	HTP mg/kg _{ps}
P1-(20 DIAS)	202.4741	202.5372	5.0124	10.700
P2 - (20 DIAS)	142.4154	142.4728	5.0125	9.734
P3 - (20 DIAS)	162.2343	162.2879	5.0211	9.074
P4 - (20 DIAS)	181.2255	181.2732	5.0078	8.096

Fuente: elaboración propia

tabla 8. Concentración de Hidrocarburo total inicial (ECAS – 5000 mgHTP/kg_{ps})

Pilas - Tercer tratamiento	Peso de Balón (g)	Peso de balón + HTP	Peso de muestra seca	HTP mg/kg _{ps}
P1-(30 DIAS)	202.4642	202.5262	5.0012	10.537
P2 - (30 DIAS)	142.5154	142.5678	5.0045	8.900
P3 - (30 DIAS)	162.3343	162.3789	5.0058	7.573
P4 - (30 DIAS)	181.4255	181.4642	5.0041	6.574

tabla 9. HTP mg/kg_{ps}

HTP mg/kg _{ps}				
	pila 1	pila 2	pila 3	pila 4
10 días	14.2462	13.3336	11.1809	11.1001
20 días	10.700	9.734	9.074	8.096
30 días	10.537	8.900	7.573	6.574

Fuente: elaboración propia

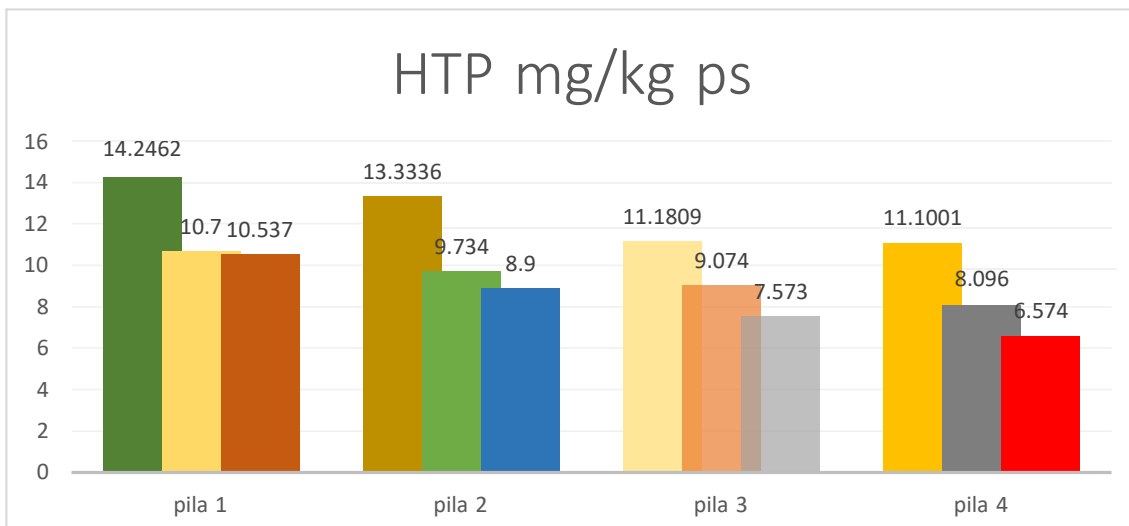


Figura22. HTP mg/kg ps

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

En el gráfico N 9 se puede observar la concentración del hidrocarburo total de petróleo los cuales fueron analizados en diferentes periodos de 10 días, 20 y 30 días, de los cuales en el periodo uno (10 días) se tuvo una concentración de 14.2462 de TPH y según el tratamiento que se le realizó finalmente se tuvo una concentración de 6.574 de hidrocarburo total de petróleo, este resultado se obtuvo de la pila 4 que contenía el biocarbon de estiércol de gallina y la solución A y la solución B donde se degradó el hidrocarburo total en un aproximado de 46%.

OE1: determinar las propiedades físicas del biocarbon del estiércol de gallina para reducir los hidrocarburos totales de petróleo en el suelo contaminado.

tabla 10. Parámetros físico químicos del estiércol de gallina (Potenciometría)

Muestra	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Potencial redox (mV)
PFQ-EG	18.5	6.27	7.98	245.5

Las tablas N° 10, son los parámetros físicos que se realizaron en el biocarbón del estiércol de gallina, fue importante porque con ellos deberíamos obtener resultados del carbono fijo que es un indicador fundamental para demostrar su buena capacidad de adsorción cuando es menor del 50%

tabla 11. Humedad del estiércol de gallina (Método: ASTM D2216)

Muestra	Peso del crisol (g)	Peso del crisol + EH(g)	Peso del estiércol(g)	Peso del crisol + ES	Humedad %
HEG-I	48.2953	53.0972	4.8019	50.3601	57.00

tabla 12. Materia volátil del estiércol de gallina (MV) (método: ASTM D3175)

Muestra	Peso de crisol (g)	Peso crisol + CC (g)	Peso de crisol+CC a 900°C – 7minutos (g)	MV %
MV-EG	22.8991	23.2074	22.9801	73.73

tabla 13. ceniza del estiércol de gallina (método: ASTM D5142)

Muestra	Peso del crisol (g)	Peso del crisol +CC (g)	Peso del crisol +CC a 900 - 1H (g)	Ceniza %
CEG	22.8991	23.2074	22.9300	10.02

tabla 14. Carbono fijo del estiércol de gallina (método: ASTM D3172)

muestra	Ceniza %	Materia volátil %	Carbono fijo
CF-EG	10.02	73.73	16.25

PRUEBA DE ADSORCIÓN DEL BIOCARBON DE ESTIÉRCOL DE GALLINA

Determinación de las isothermas de Langmuir

tabla 15. Concentración inicial del hidrocarburo de Petróleo.

Muestra	Peso del vaso (g)	Peso del vaso + HTP (g)	Volumen de muestra (ml)	C (mg HTP/Kg)
1	101.0130	102.0130	101	9900.99
2	101.2041	102.2041	101	9900.99
3	104.0479	105.0479	101	9900.99
4	107.7272	108.7272	101	9900.99
5	107.3513	108.3513	101	9900.99
6	99.6000	100.6000	101	9900.99
7	96.3301	97.3301	101	9900.99
8	99.6077	100.6077	101	9900.99
9	107.1593	108.1593	101	9900.99
10	102.7474	103.7474	101	9900.99
			Promedio =	9900.99

tabla 16. Condiciones para realizar una prueba de cinética de Adsorción

Muestra	Malla (mm)	Potencial de Hidrogeno (acido/base)	Temperatura �C	Peso del biocarbon (g)	Concentración del adsorbato (mg/kg)	Tiempos (minutos)	Agitación (rpm)
1	N�18 (1)	7	20	0.1032	9900.99	5	300
2	N�18 (1)	7	20	0.3030	9900.99	10	300
3	N�18 (1)	7	20	0.5024	9900.99	15	300
4	N�18 (1)	7	20	0.8000	9900.99	20	300
5	N�18 (1)	7	20	1.0041	9900.99	25	300
6	N�18 (1)	7	20	1.3039	9900.99	30	300
7	N�18 (1)	7	20	1.5023	9900.99	35	300
8	N�18 (1)	7	20	1.8039	9900.99	40	300
9	N�18 (1)	7	20	2.0035	9900.99	45	300
10	N�18 (1)	7	20	2.3010	9900.99	50	300

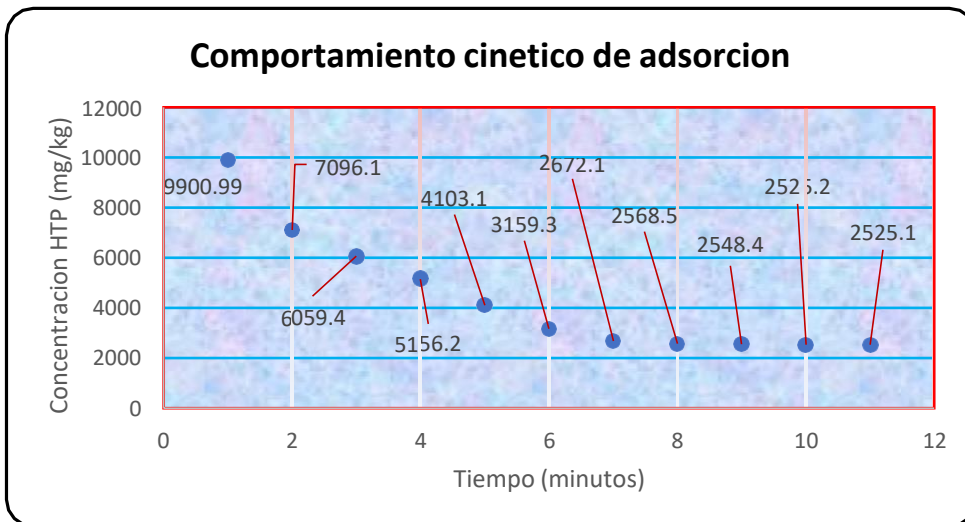
En lo que se pudo observar a través de la adsorción es que cuando la granulometría es pequeña la superficie tiene una mayor capacidad de adsorción, de acuerdo a los antecedentes que se evaluaron (Landeta Tapia, et al. 2020).

tabla 17. Cinética de adsorción

Muestra	Tiempos (minutos)	concentración de adsorbato Ce (mg/kg)	Concentración Inicial (mg/kg)	Adsorbente Biocarbon (mg/kg)
1	t0	9900.99	9900.99	
2	t1	7096.1	9900.99	2804.89
3	t2	6059.4	9900.99	3841.59
4	t3	5156.2	9900.99	4744.79
5	t4	4103.1	9900.99	5797.89
6	t5	3159.3	9900.99	6741.69
7	t6	2672.1	9900.99	7228.89
8	t7	2568.5	9900.99	7332.49
9	t8	2548.4	9900.99	7352.59
10	t9	2525.2	9900.99	7375.79

Fuente: elaboración propia

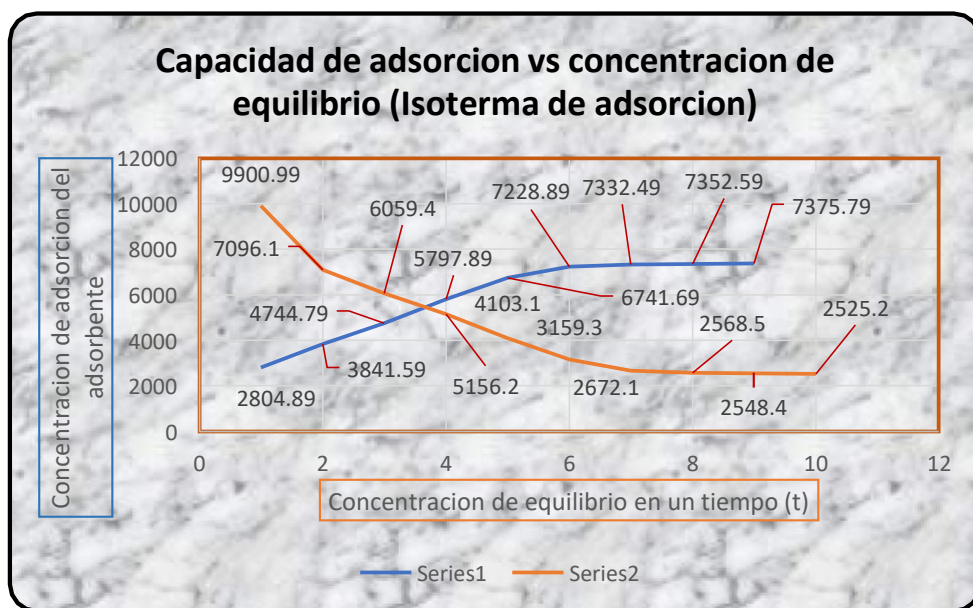
Figura23. comportamiento cinético de adsorción



Fuente: Elaboración propia

En la prueba cinética de la adsorción del adsorbente se ve claramente como es extraído el contaminante del adsorbato, lo que mediante las fuerzas de van der Wall se realiza la adsorción de muy aceptable capacidad debido a su área de superficie como se pudo observar en la tabla N°17.

Figura24. capacidad de adsorción vs concentración de equilibrio (isoterma de adsorción)



Fuente: elaboración propia

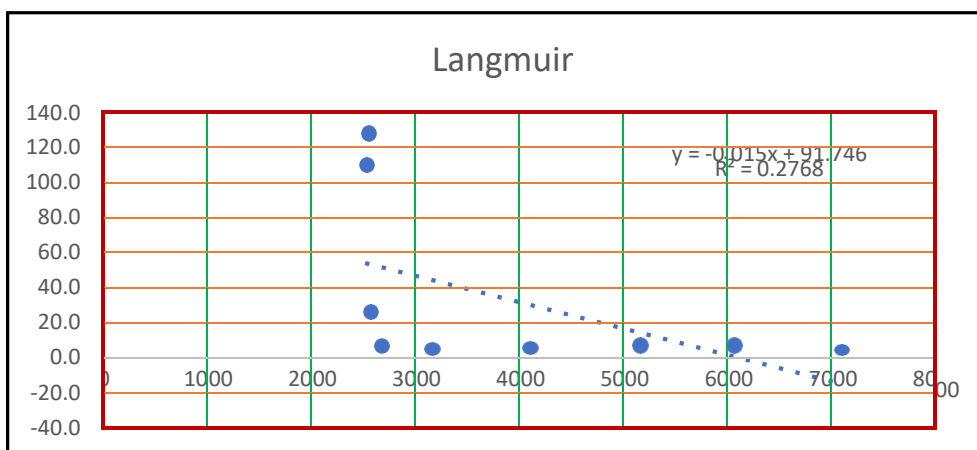
Tabla 18: El Excel nos grafica como se llega a la concentración de equilibrio, con relación a la capacidad de adsorción del adsorbente (biocarbon)

tabla 18. Determinación de la Isoterma de Langmuir

Peso del biocarbon (g)	Concentración de equilibrio en adsorbato (mg/kg)	$X = C_i - C_e$	$q = X/m$	Eje X (C)	Eje y (C/q)
0	9900.99	0		9900.99	0
0.1032	7096.1	2804.89	27.179	7096.1	2.5
0.3030	6059.4	1036.7	3.421	6059.4	5.8
0.5024	5156.2	903.2	1.798	5156.2	5.7
0.8000	4103.1	1053.1	1.316	4103.1	3.9
1.0041	3159.3	943.8	0.940	3159.3	3.3
1.3039	2672.1	487.2	0.374	2672.1	5.5
1.5023	2568.5	103.6	0.069	2568.5	24.8
1.8039	2548.4	20.1	0.011	2548.4	126.8
2.0035	2525.2	23.2	0.012	2525.2	108.8
2.3010	2525.1	0.1	0.000	2525.1	25251.0

Fuente: elaboración propia

Figura25. Langmuir



Fuente: elaboración propia

figura N° 24: Isotherma de Langmuir se calcula la capacidad de adsorción del biocarbon mediante la ecuación de la recta, teniendo una muy aceptable respuesta cuando el R^2 no se encuentra formando una recta, si sucedía así su adsorción del adsorbente no sería tan representativo en la prueba.

Datos de la formula lineal:

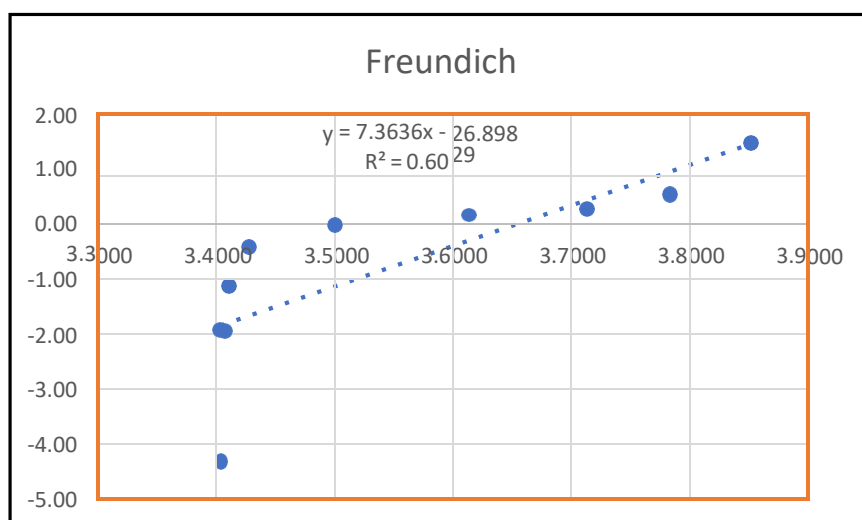
b= -66.7

K= - 0.727

Capacidad de adsorción en el equilibrio = 0.012 mg/g

Capacidad de adsorción en tiempo (t) = 307.9 mg/g

Figura26. Freundlich



$1/n = 7.3636$

$n = 0.1358$

$\text{Log } k_d = -26.898$

$K_d = 1.265 \cdot 10^{-27}$

$\text{Log } q = 1/n \text{ log } C + \text{Log } K_d$

K_d

$\text{Log } q: 1.48 = 30.2$
mg/kg

Fuente: elaboración propia

OE2: Identificar las presuntas bacterias presentes en el suelo contaminado de hidrocarburos totales antes y durante el proceso

TIEMPO INICIAL

tabla 19. Análisis microbiológico inicial

Agares diferenciales utilizados	Descripción (Presunción)
Agar Simmons Citrate	<i>Enterobacter, Salmonella</i>
Agar base Mannitol Salt	<i>Staphylococcus, Rodococcus</i>
Agar base Cetramide	<i>Pseudomonas p.</i>

tabla 20. diluciones en tubos múltiples con siembra en placas Petri

Siembra placa Petri	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
Simmons Citrate	-	-	-	-	-	-
Mannitol Salt	195 colonias	-	-	-	-	-
Cetramide	-	-	-	-	-	-

Nota: De las 195 colonias obtuvimos UFC/g =1950

En una pila de 40 kg hubo: 780000 UFC/kg (*Rhodococcus*)

PRIMER PERIODO

tabla 21. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)

Primer Tratamiento Pila 1	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	130.0	10	1	1300
Agar Mannitol Salt base	151.7	10	1	1511
Agar Cetramide base	0	10	1	0

Fuente: elaboración propia

tabla 22. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo

Primer Tratamiento Pila 2	Alto	Medio	Bajo	N° Colonias
Agar Simmons	3	2	2	151.7
Agar Mannitol Salt base	4	2	2	173.3
Agar Cetramide base	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia

tabla 23. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)

Primer Tratamiento Pila 2	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	151.7	10	1	1517
Agar Mannitol Salt base	173.3	10	1	1733
Agar Cetramide base	0	10	1	0

Fuente: elaboración propia

tabla 24. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo

Primer Tratamiento Pila 3	Alto	Medio	Bajo	N° Colonias
Agar Simmons	7	4	2	281.6
Agar Mannitol Salt base	6	3	2	238.4
Agar Cetramide base	1	0	0	21.7

Fuente: elaboración propia

tabla 25. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)

Primer Tratamiento Pila 3	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	281.6	100	1	28160
Agar Mannitol Salt base	238.4	100	1	23840
Agar Cetramide base	21.7	100	1	2170

Fuente: elaboración propia

tabla 26. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo

Primer Tratamiento Pila 4	Alto	Medio	Bajo	N° Colonias
Agar Simmons	5	3	1	195.0
Agar Mannitol Salt base	6	3	1	216.7
Agar Cetramide base	2	1	0	65.0

Fuente: elaboración propia

tabla 27. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)

Primer Tratamiento Pila 4	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	195.0	100	1	19500
Agar Mannitol Salt base	216.7	100	1	21670
Agar Cetramide base	65.0	100	1	6500

Fuente: elaboración propia

SEGUNDO PERIODO

tabla 28. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo

Segundo Tratamiento Pila 1	Alto	Medio	Bajo	N° Colonias
Agar Simmons	2	3	1	130.0
Agar Mannitol salt base	3	2	2	151.7
Agar Cetramide base	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia

tabla 29. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)

segundo Tratamiento Pila 1	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	130.0	10	1	1300
Agar Mannitol salt base	151.7	10	1	1511
Agar Cetramide base	0	10	1	0

Fuente: elaboración propia

tabla 30. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo

segundo Tratamiento Pila 2	Alto	Medio	Bajo	N° Colonias
Agar Simmons	4	3	2	195
Agar Mannitol salt base	4	2	2	173.3
Agar Cetramide base	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia

tabla 31. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)

segundo Tratamiento Pila 2	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	195	10	1	1950
Agar Mannitol Salt base	173.3	10	1	1733.3
Agar Cetramide base	0	10	1	0

Fuente: elaboración propia

tabla 32. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo

Segundo Tratamiento Pila 3	Alto	Medio	Bajo	N° Colonias
Agar Simmons	6	3	1	216.7
Agar Mannitol salt base	5	2	2	195.0
Agar Cetramide base	3	2	1	43.3

Fuente: elaboración propia

tabla 33. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)

Segundo Tratamiento Pila 3	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	216.7	100	1	21670
Agar Mannitol Salt base	195.0	100	1	19500
Agar Cetramide base	43.3	100	1	4330

Fuente: elaboración propia

tabla 34. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo

Segundo Tratamiento Pila 4	Alto	Medio	Bajo	N° Colonias
Agar Simmons	7	3	2	260
Agar Mannitol Salt base	6	3	2	238.3
Agar Cetramide base	2	1	0	65.0

Fuente: elaboración propia

tabla 35. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)

Segundo Tratamiento Pila 4	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	260	100	1	26000
Agar Mannitol Salt base	238.3	100	1	23830
Agar Cetramide base	65.0	100	1	6500

Fuente: elaboración propia

TERCER PERIODO

tabla 36. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo

Tercer Tratamiento Pila 1	Alto	Medio	Bajo	N° Colonias
Agar Simmons	6	3	2	238.3
Agar Mannitol Salt base	5	3	1	195
Agar Cetramide base	1	0	0	0

Fuente: elaboración propia

tabla 37. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)

Tercer Tratamiento Pila 1	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	238.3	100	1	23830
Agar Mannitol Salt base	195	100	1	19500
Agar Cetramide base	0	100	1	0

Fuente: elaboración propia

tabla 38. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo

Tercer Tratamiento Pila 2	Alto	Medio	Bajo	N° Colonias
Agar Simmons	6	4	3	281.7
Agar Mannitol Salt base	6	4	2	260
Agar Cetramide base	1	1	1	65

Fuente: elaboración propia

tabla 39. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)

Tercer Tratamiento Pila 2	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	281.7	1000	1	281666.7
Agar Mannitol Salt base	260	100	1	26000
Agar Cetramide base	65	100	1	6500

Fuente: elaboración propia

tabla 40. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo

Tercer Tratamiento Pila 3	Alto	Medio	Bajo	N° Colonias
Agar Simmons	8	3	2	281.6
Agar Mannitol Salt base	7	3	2	260
Agar Cetramide base	5	4	2	238.3

Fuente: elaboración propia

tabla 41. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)

Tercer Tratamiento Pila 3	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	281.6	1000	1	281600
Agar Mannitol Salt base	260	1000	1	260000
Agar Cetramide base	238.3	1000	1	238300

Fuente: elaboración propia

tabla 42. Microbiología de suelo contaminado con hidrocarburo de petróleo

Tercer Tratamiento Pila 4	Alto	Medio	Bajo	N° Colonias
Agar Simmons	6	4	3	281.7
Agar Mannitol Salt base	5	4	2	238.4
Agar Cetramide base	4	4	2	216.7

Fuente: elaboración propia

tabla 43. Unidades formadoras de colonias/ml (UFC/ml)

Tercer Tratamiento Pila 4	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	281.7	1000	1	281700
Agar Mannitol Salt base	238.4	1000	1	238400
Agar Cetramide base	216.7	1000	1	216700

Fuente: elaboración propia

tabla 44. Agar simmons

Agar Simmons			
	10 días	20 días	30 días
pila 1	1300	1300	23830
pila 2	1517	1950	281666.7
pila 3	28160	21670	281600
pila 4	19500	26000	281700

Fuente: elaboración propia

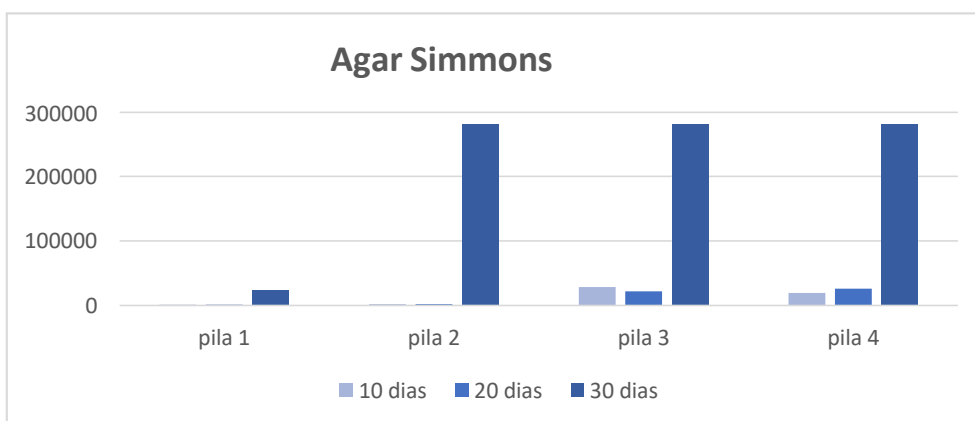


Figura27. Agar simmons

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

Según la tabla N 44 se puede observar que la presencia de las bacterias en la primera etapa no se tenía mucha presencia de bacterias, los cuales fueron cambiando durante el tiempo de tratamiento como se puede observar en el segundo periodo ya se contaba con una cierta cantidad de bacterias en el agar Simmons es decir se cuenta con la presencia de las bacterias del gran negativo en gran cantidad.

tabla 45. Agar manitol salt base

Agar Mannitol salt base			
	10 días	20 días	30 días
pila 1	1511	1511	19500
pila 2	1733	1733.3	26000
pila 3	23840	19500	260000
pila 4	21670	23830	238400

Fuente: elaboración propia

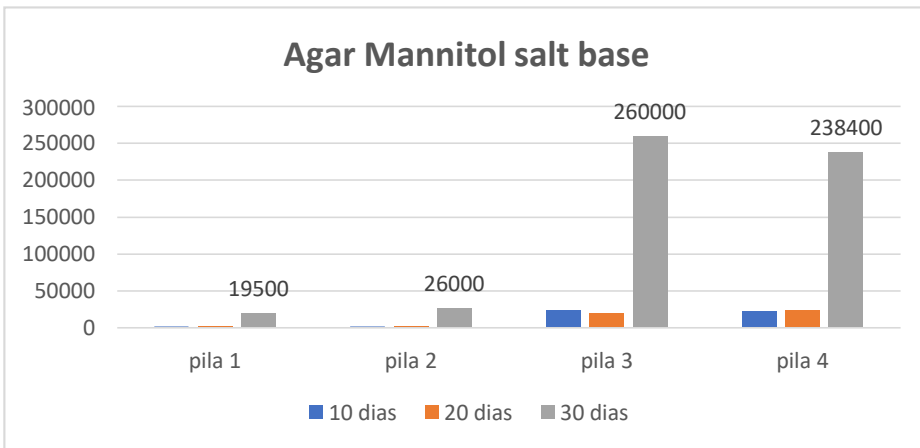


Figura28. Agar mannitol salt base

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

En la tabla N°45, se observa cómo va aumentando las bacterias según el tratamiento que se le brinda al suelo ya que como se ve en la tabla en la primera etapa se carece de bacterias algo que cambia notoriamente en el tercer periodo para la pila 3 y la pila 4 que contenían biocarbon, ya que según los resultados se puede decir que el biocarbon ayudo a que las bacterias del gram negativo se plurifiquen en gran cantidad.

tabla 46. Agar cetramide base

Agar Cetramide base			
	10 días	20 días	30 días
pila 1	0	0	0
pila 2	0	0	6500
pila 3	2170	4330	238300
pila 4	6500	6500	216700

Fuente: elaboración propia

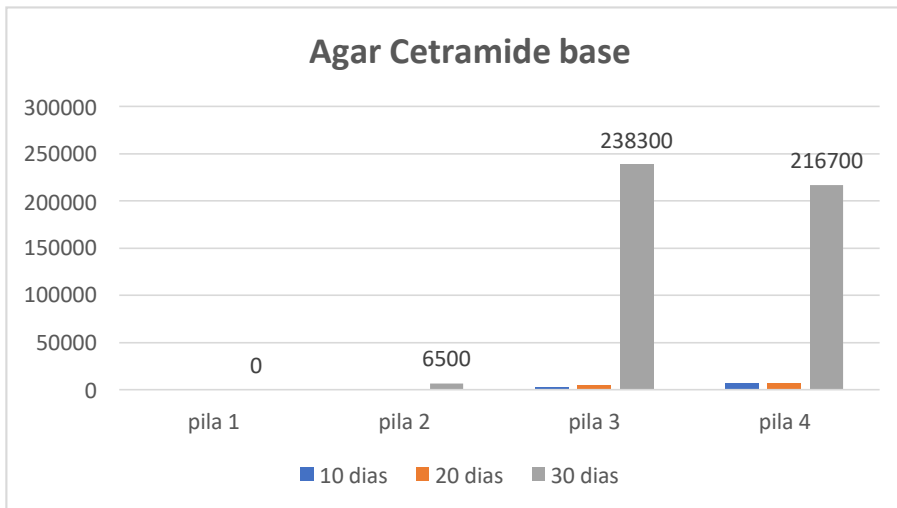


tabla 47. Agar cetramide base

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

En la tabla N°46, se observa como las bacterias de gram positiva va en aumento en los diferentes periodos, donde una vez más se ve que las pila 3 y la pila 4 tienen más aumento de estas bacterias, una vez más se demuestra que la presencia del biocarbon hace que las bacterias nativas aumenten en gran cantidad.

OE3: determinar las características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburo antes y después del tratamiento con el biocarbon de estiércol de gallina

En la tabla N° 48, se observa una comparación del suelo de Jicamarca con un suelo agrícola con la finalidad de ver los impactos que ocasiona el hidrocarburo de petróleo, con respecto al pH vemos que el suelo contaminado se vuelve ligeramente alcalino, y la conductividad eléctrica aumenta, lo que significa que el suelo ha perdido su formación inicial.

tabla 48. Parámetros físico químico del suelo inicial con HTP de petróleo (Método potenciométrico)

Muestra	°C	Potencial de hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica mS/cm	Potencial redox mV
STM-HTP	18.7	7.45	0.794	215.23
SA - Bco.	18.7	6.59	0.285	122.80

STM-HTP: Suelo de taller mecánico – hidrocarburo de petróleo

SA - Bco.: Suelo agrícola blanco

En la tabla 48: Para la humedad podemos observar que la capacidad de infiltración es menor en el suelo contaminado ya que los hidrocarburos no permiten la absorción de agua a diferencia del suelo agrícola

tabla 49. Determinación de la humedad (método: ASTM D 2215)

Muestra	Peso del crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso del crisol + muestra seca (g)	Humedad %
STM-HTP	44.5597	54.8001	54.3747	4.15
SA - Bco.	45.3310	50.0035	49.5324	10.08

STM-HTP: Suelo de taller mecánico – hidrocarburo de petróleo

SA - Bco.: Suelo agrícola blanco

En la tabla N° 49, la capacidad de intercambio catiónico es menor debido a que las sales del suelo no se solubilizan tanto de manera normal de ahí sus valores diferentes.

tabla 50. Capacidad de intercambio catiónico (método del acetato de amonio pH7 – 1N)

Muestra	Peso de muestra (g)	Volumen gastado en Blanco (ml)	Volumen gastado en muestra (ml)	Normalidad NaOH	CIC meq/100g
STM-HTP	5.0072	0.3	1.4	0.5	11.34
SA - Bco	5.0045	0.3	2.1	0.5	18.56

STM-HTP: Suelo de taller mecánico – hidrocarburo de petróleo

SA - Bco.: Suelo agrícola blanco

En la tabla N° 50, el carbono en un suelo contaminado por hidrocarburo es mayor a la del suelo que estamos comparando lo que significa que un desequilibrio origina impactos ambientales.

tabla 51. Carbono Orgánico (CO) (Método Walkley – Black)

Muestra	Peso de muestra (g)	Volumen gastado en Blanco (ml)	Volumen gastado en muestra (ml)	Normalidad Sulfato ferroso	CO meq/100g
STM-HTP	0.5031	10.2	7.4	1	4.46
SA - Bco	0.5002	10.2	9.8	1	2.56

STM-HTP: Suelo de taller mecánico – hidrocarburo de petróleo

SA - Bco.: Suelo Agrícola - blanco

tabla 52. Densidad aparente del suelo contaminado (método cilindro biselado)

Muestra	Peso de tara (g)	Peso de tara + SH (g)	Peso de tara + SS (g)	Volumen del cilindro (cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)
STM-HTP	271	600	592	212	1.51
SA - Bco	459	779	765	212	1.44

STM-HTP: Suelo de taller mecánico – hidrocarburo total de petróleo

SA - Bco.: Suelo agrícola - blanco

tabla 53. materia Orgánica, nitrógeno total, nitratos

Muestra	Materia orgánica (%)	Nitrógeno total (%)	Nitratos mg/l	Relación C/N
STM-HTP	7.70	0.36	185	12.40
SA - Bco	4.41	0.23	85	11.13

(método Walkley – Black), (método Kjeldahl), (método espectrofotometría UV/V)

STM-HTP: suelo de taller mecánica – hidrocarburo total de petróleo

SA - Bco.: Suelo Agrícola – blanco

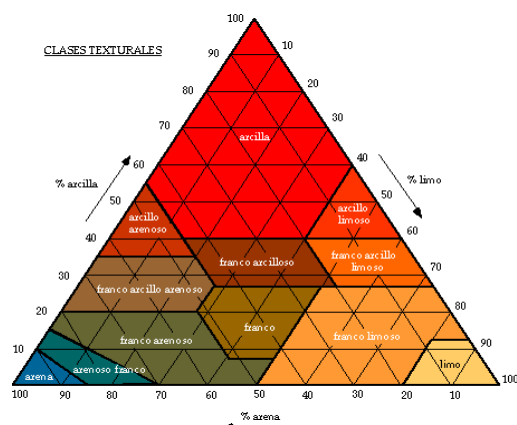
tabla 54. Textura del suelo (método Bouyoucos)

Muestra	Arena (%)	Limo %	Arcilla %	Textura del suelo
STM-HTP	15	45	40	Arcilla - Limoso
SA - Bco.	12	25	63	arcilla

STM-HTP: Suelo de taller mecánico – hidrocarburo total de petróleo

SA - Bco.: Suelo Agrícola – blanco

Figura29. textura del suelo



PRIMER TRATAMIENTO

tabla 55. Parámetros físicos químicos (método potenciométrico)

Pilas - Primer tratamiento	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (Acido/base)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Potencial Redox (mV)
P1-(10 DIAS)	19.6	6.92	2.69	109.32
P2-(10 DIAS)	19.6	7.15	2.47	125.12
P3-(10 DIAS)	19.6	7.24	3.87	128.42
P4-(10 DIAS)	19.6	7.19	4.92	120.51

Fuente: elaboración propia

tabla 56. Humedad del suelo (método: Norma ASTM D2216)

Pilas - Primer tratamiento	Peso del crisol seco a 105°C (g)	Peso del crisol + muestra Húmeda(g)	Peso de la muestra (g)	Peso del crisol + muestra seca(g)	Humedad %
P1-(10 DIAS)	50.4797	70.4354	19.9557	67.1232	16.60
P2 - (10 DIAS)	48.4282	79.8652	31.437	74.9629	15.59
P3 - (10 DIAS)	48.3656	80.9598	32.5942	75.8321	15.73
P4 - (10 DIAS)	47.0472	80.5135	33.4663	74.9791	16.54

Fuente: elaboración propia

tabla 57. Capacidad de Intercambio Catiónico (método acetato de amonio pH7 – 1N)

Pilas - Primer tratamiento	Peso de la muestra (g)	Volumen gastado en blanco(ml)	Volumen gastado en muestra(ml)	Normalidad del NaOH	CIC (mq/100g)
P1-(10 DIAS)	5.0031	0.3	2.36	0.5	21.25
P2 - (10 DIAS)	5.0004	0.3	2.55	0.5	23.22
P3 - (10 DIAS)	5.006	0.3	2.91	0.5	26.91
P4 - (10 DIAS)	5.064	0.3	2.95	0.5	27.00

Fuente: elaboración propia

tabla 58. Carbono Orgánico Total (método de Wackley – Black)

Pilas - Primer tratamiento	Peso de la muestra	Volumen gastado en blanco	Normalidad de Sulfato ferroso	Volumen gastado en muestra	Carbono Orgánico Total
P1-(10 DIAS)	0.566	10	1	7.2	1.93
P2 - (10 DIAS)	0.5011	10	1	7.6	1.87
P3 - (10 DIAS)	0.5029	10	1	6.5	2.71
P4 - (10 DIAS)	0.5137	10	1	6.8	2.43

Fuente: elaboración propia

tabla 59. Materia orgánica, nitrógeno, relación carbono/ nitrógeno

Pilas - Primer tratamiento	Materia Organica %	Nitrógeno %	Relación C/N
P1-(10 DIAS)	3.33	0.21	9.19
P2 - (10 DIAS)	3.22	0.18	10.38
P3 - (10 DIAS)	4.68	0.25	10.86
P4 - (10 DIAS)	4.19	0.24	10.12

Fuente: elaboración propia

SEGUNDO TRATAMIENTO

tabla 60. Parámetros físico químico

Pilas - segundo tratamiento	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (Acido/base)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Potencial Redox mV
P1-(20 DIAS)	20.15	6.98	2.15	125.14
P2 - (20 DIAS)	20.15	7.11	2.12	141.23
P3 - (20 DIAS)	20.15	7.18	2.49	132.11
P4 - (20 DIAS)	20.15	7.12	2.56	131.12

Fuente: elaboración propia

tabla 61. Humedad del suelo contaminado con hidrocarburo de Petróleo

Pilas - Segundo tratamiento	Peso del crisol seco a 105°C (g)	Peso del crisol + muestra Húmeda(g)	Peso de la muestra (g)	Peso del crisol + muestra seca (g)	Humedad %
P1-(20 DIAS)	50.4557	70.2364	19.7807	67.0242	16.24
P2 - (20 DIAS)	48.4864	72.5612	24.0748	68.7544	15.81
P3 - (20 DIAS)	48.5157	72.7988	24.2831	68.9281	15.94
P4 - (20 DIAS)	47.1132	73.1145	26.0013	68.9211	16.13

Fuente: elaboración propia

tabla 62. Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)

Pilas - Segundo tratamiento	Peso de la muestra (g)	Volumen gastado en blanco (ml)	Volumen gastado en muestra (ml)	Normalidad del NaOH	CIC (mq/100g)
P1-(20 DIAS)	5.0211	0.3	2.25	0.5	20.04
P2 - (20 DIAS)	5.0034	0.3	2.35	0.5	21.14
P3 - (20 DIAS)	5.0045	0.3	2.61	0.5	23.82
P4 - (20 DIAS)	5.0124	0.3	2.65	0.5	24.19

Fuente: elaboración propia

tabla 63. Carbono Orgánico (CO)

Pilas - Segundo tratamiento	Peso de la muestra (g)	Volumen gastado en blanco (ml)	Normalidad de Sulfato ferroso	Volumen gastado en muestra (ml)	Carbono Orgánico Total (%)
P1-(20 DIAS)	0.5261	10	1	7.1	2.15
P2 - (20 DIAS)	0.5121	10	1	7.1	2.21
P3 - (20 DIAS)	0.5012	10	1	7.2	2.18

P4 - (20 DIAS)	0.5031	10	1	7.3	2.09
----------------	--------	----	---	-----	------

Fuente: elaboración propia

tabla 64. Materia orgánica, Nitrógeno, relación C/N

Pilas - Segundo tratamiento	Materia Organica (%)	Nitrógeno (%)	Relación C/N
P1-(20 DIAS)	3.71	0.20	10.75
P2 - (20 DIAS)	3.81	0.15	14.72
P3 - (20 DIAS)	3.76	0.21	10.38
P4 - (20 DIAS)	3.61	0.20	10.47

Fuente: elaboración propia

TERCER TRATAMIENTO

tabla 65. Parámetros físicos y químicos

Pilas - Tercer tratamiento	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Potencial Redox (mV)
P1-(30 DIAS)	20.0	6.99	2.02	131.45
P2 - (30 DIAS)	20.0	7.09	2.01	143.21
P3 - (30 DIAS)	20.0	7.10	2.24	145.51
P4 - (30 DIAS)	20.0	7.08	2.29	145.12

Fuente: elaboración propia

tabla 66. Humedad del suelo con HTP de Petróleo

Pilas - Tercer tratamiento	Peso del crisol seco a 105°C (g)	Peso del crisol + muestra Húmeda (g)	Peso de la muestra (g)	Peso del crisol + muestra seca (g)	Humedad %
P1-(30 DIAS)	50.4087	70.2861	19.8774	68.0242	11.38
P2 - (30 DIAS)	48.4924	70.5842	22.0918	68.1544	11.00
P3 - (30 DIAS)	48.6037	70.4798	21.8761	68.0221	11.23
P4 - (30 DIAS)	47.5212	70.9995	23.4783	68.3811	11.15

Fuente: elaboración propia

tabla 67. Capacidad de intercambio catiónico

Pilas - Tercer tratamiento	Peso de la muestra (g)	Volumen gastado en blanco (ml)	Volumen gastado en muestra (ml)	Normalidad del NaOH	CIC (mq/100g)
P1-(30 DIAS)	5.0001	0.3	2.21	0.5	19.71
P2 - (30 DIAS)	5.0003	0.3	2.25	0.5	20.12
P3 - (30 DIAS)	5.0005	0.3	2.21	0.5	19.71
P4 - (30 DIAS)	5.0004	0.3	2.25	0.5	20.12

Fuente: elaboración propia

tabla 68. Carbono Orgánico (CO)

Pilas - Tercer tratamiento	Peso de la muestra (g)	Volumen gastado en blanco (ml)	Normalidad de Sulfato ferroso	Volumen gastado en muestra (ml)	Carbono Orgánico Total
P1-(30 DIAS)	0.5001	10	1	7.42	2.01
P2 - (30 DIAS)	0.5002	10	1	7.39	2.03
P3 - (30 DIAS)	0.5000	10	1	7.28	2.12
P4 - (30 DIAS)	0.50014	10	1	7.26	2.14

Fuente: elaboración propia

tabla 69. Materia orgánica, Nitrógeno, relación C/N

Pilas - Tercer tratamiento	Materia orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Relación C/N
P1-(30 DIAS)	3.47	0.22	9.25
P2 - (30 DIAS)	3.51	0.21	10.10
P3 - (30 DIAS)	3.66	0.2	10.68
P4 - (30 DIAS)	3.68	0.20	10.68

Fuente: elaboración propia

tabla 70. Potencial de hidrogeno (Acido/base)

Potencial de hidrogeno (Acido/base)				
	pila 1	pila 2	pila 3	pila 4
10 días	6.92	7.15	7.24	7.19
20 días	6.98	7.11	7.18	7.12
30 días	6.99	7.09	7.1	7.08

Fuente: elaboración propia

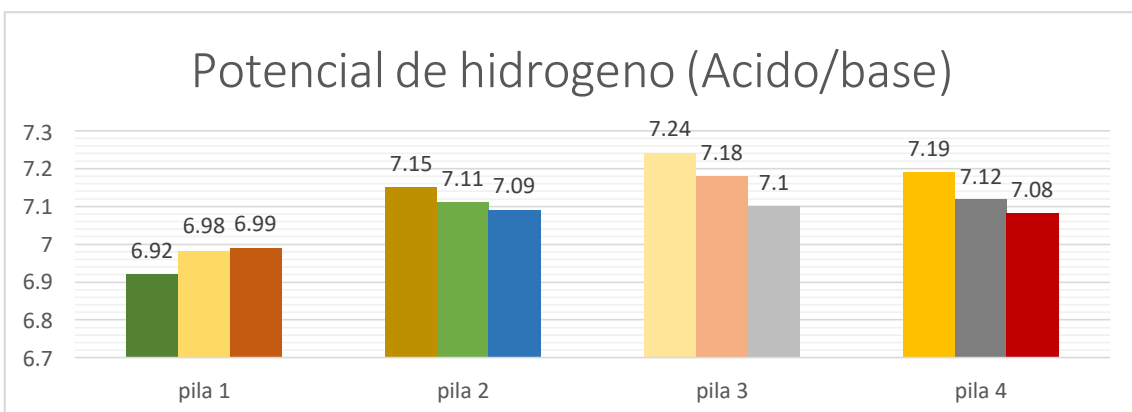


Figura30. Potencial de hidrogeno (Acido/base)

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

En la tabla N°70 se puede observar el pH del suelo contaminado por hidrocarburo, donde se observa que en los primeros tratamientos el suelo se encontraba demasiado ácido ya que se encontraba por debajo de lo establecido, así como también se puede observar en la tabla como el pH va mejorando según el tratamiento como se puede observar en el tercer periodo (30) el pH se encuentra casi neutro.

tabla 71. Conductividad eléctrica (mS/cm)

Conductividad eléctrica (mS/cm)				
	pila 1	pila 2	pila 3	pila 4
10 días	2.69	2.47	3.87	4.92
20 días	2.15	2.12	2.49	2.56
30 días	2.02	2.01	2.24	2.29

Fuente: elaboración propia

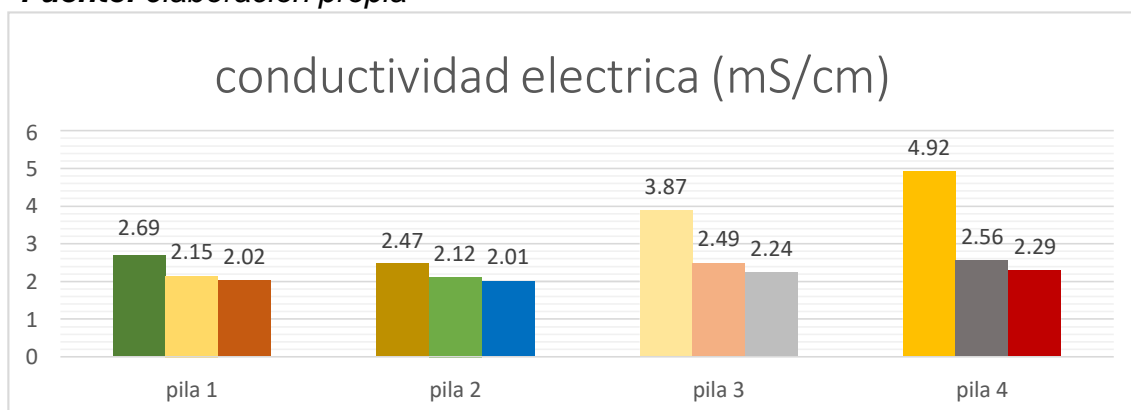


Figura31. Conductividad eléctrica (mS/cm)

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

En la tabla N° 71, se puede observar la conductividad eléctrica del suelo contaminado por hidrocarburo y los cambios que ocurrió durante el tratamiento, como se puede observar en la tabla y en el grafico en el primer periodo se tuvo una conductividad eléctrica alta es decir tenía alta salinidad, los cuales en los fueron disminuyendo según el tiempo de tratamiento.

tabla 72. Potencial redox (mV)

Potencial redox (mV)				
DIAS	pila 1	pila 2	pila 3	pila 4
10 días	109.32	125.12	128.42	120.51
20 días	125.14	141.23	132.11	131.12
30 días	131.45	143.21	145.51	145.12

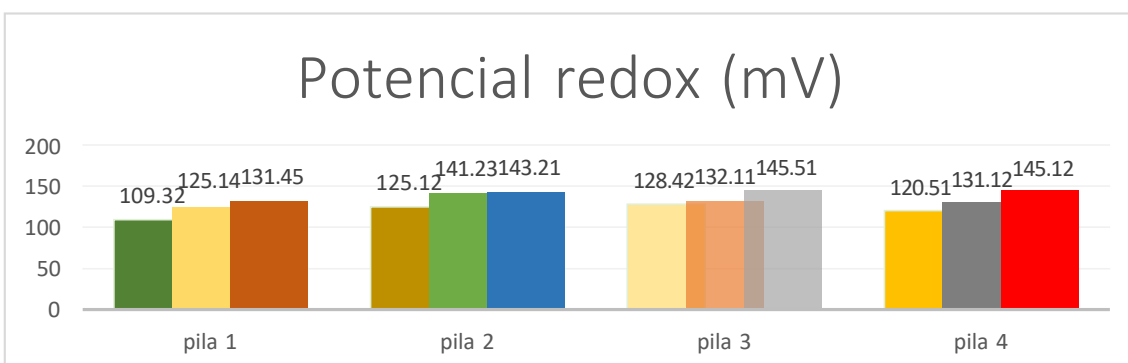


Figura 32. potencial redox (mV)

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

El comportamiento del potencial redox (mV) en la pila 1,2,3 y pila 4 en los periodos de 10, 20 y 30 días se observa en la tabla 68, que a los 30 días el potencial redox (mV) en la pila 3 y la pila 4 mejoro en un buen porcentaje esto quiere decir que el tratamiento mediante la incorporación del biocarbon al suelo contaminado está dando buenos resultados.

tabla 73. Humedad %

Humedad %				
	pila 1	pila 2	pila 3	pila 4
10 días	16.6	15.59	15.73	16.54
20 días	16.24	15.81	15.94	16.13
30 días	11.38	11	11.23	11.15

Fuente: elaboración propia

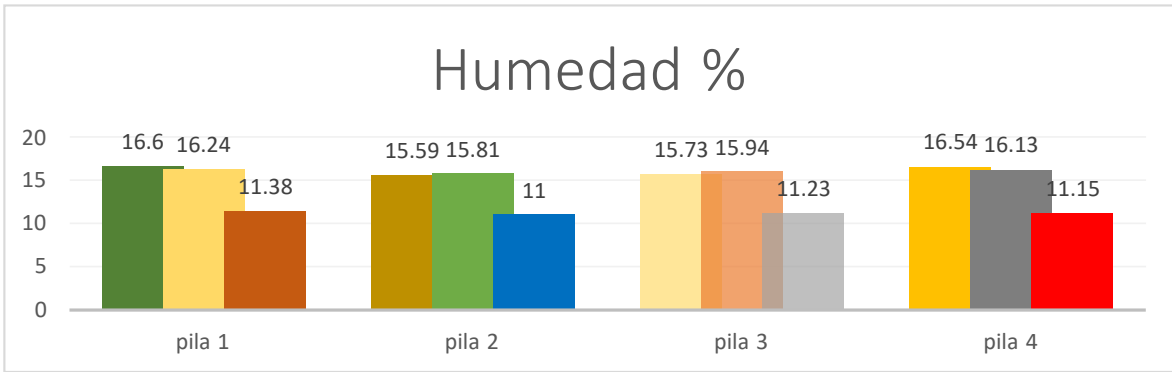


Figura33. Humedad %

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

La humedad del suelo contaminado por hidrocarburos total de petróleo en la pila 1, 2, 3 y la pila 4 en los diferentes periodos de 10 días, 20, y 30 días se puede observar en la tabla N 69 que varía mucho en especial en la pila 3 y la pila 4 debido a la incorporación del biocarbon del estiércol de gallina y a las Solución A y solución B.

tabla 74. CIC (mq/100g)

CIC (mq/100g)				
	pila 1	pila 2	pila 3	pila 4
10 días	21.25	23.22	26.91	27
20 días	20.04	21.14	23.82	24.19
30 días	19.71	20.12	19.71	20.12

Fuente: elaboración propia

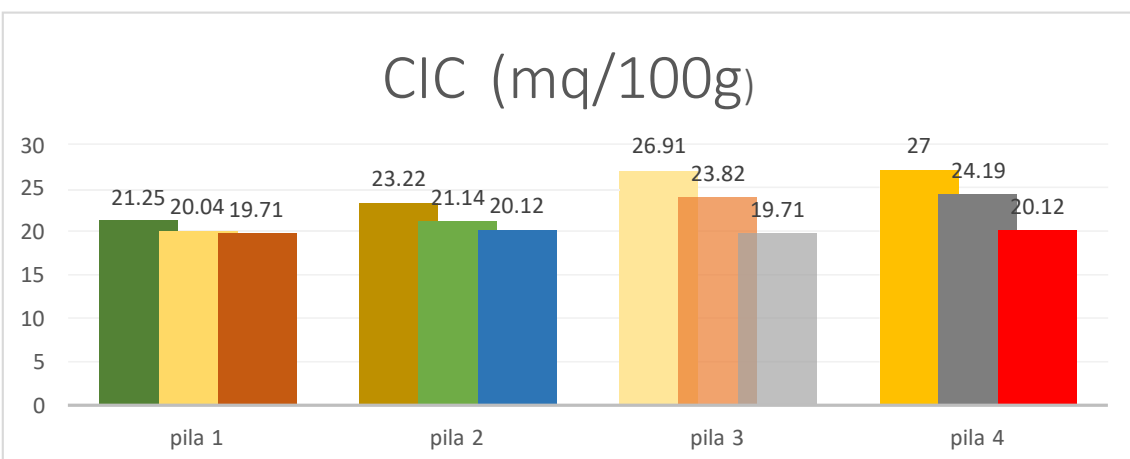


Figura34. CIC(q/100g)

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

El CIC del suelo contaminado por hidrocarburos totales de petróleo en las pilas 1,2,3 y 4 varían mucho, los cuales fueron determinado en los diferentes periodos de 10 días, 20 y 30 días el cual se puede observar en la tabla N70, la variación de la humedad se dio específicamente en la pila 3 en el que fue incorporado el biocarbon de estiércol de gallina.

tabla 75. Carbono orgánico total

Carbono orgánico total				
	pila 1	pila 2	pila 3	pila 4
10 días	1.93	1.87	2.71	2.43
20 días	2.15	2.21	2.18	2.09
30 días	2.03	2.03	2.12	2.14

Fuente: elaboración propia

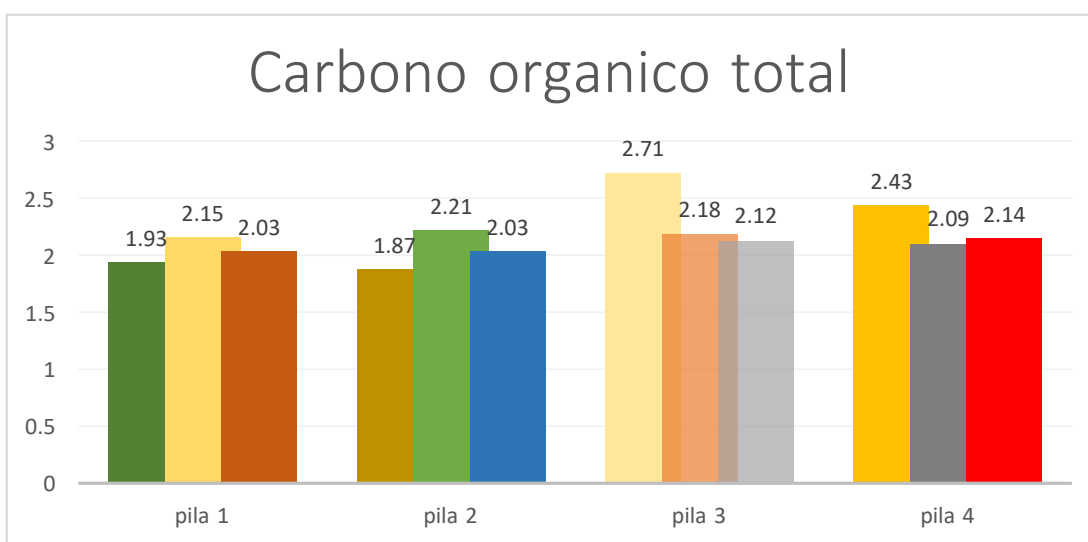


Figura35. carbono orgánico total

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

El carbono orgánico tiene una cierta variación en las cuatro pilas con tratamiento de suelo, los cuales se puede observar en la tabla N 75, siendo la más destacada la pila 3 y la pila 4 esto quiere decir que el tratamiento con la incorporación del biocarbon y la solución A y la solución B ayudaron mucho en el carbono orgánico.

tabla 76. Materia orgánica %

Materia orgánica %				
	pila 1	pila 2	pila 3	pila 4
10 días	3.33	3.22	4.68	4.19
20 días	3.71	3.81	3.76	3.61
30 días	3.47	3.51	3.66	3.68

Fuente: elaboración propia

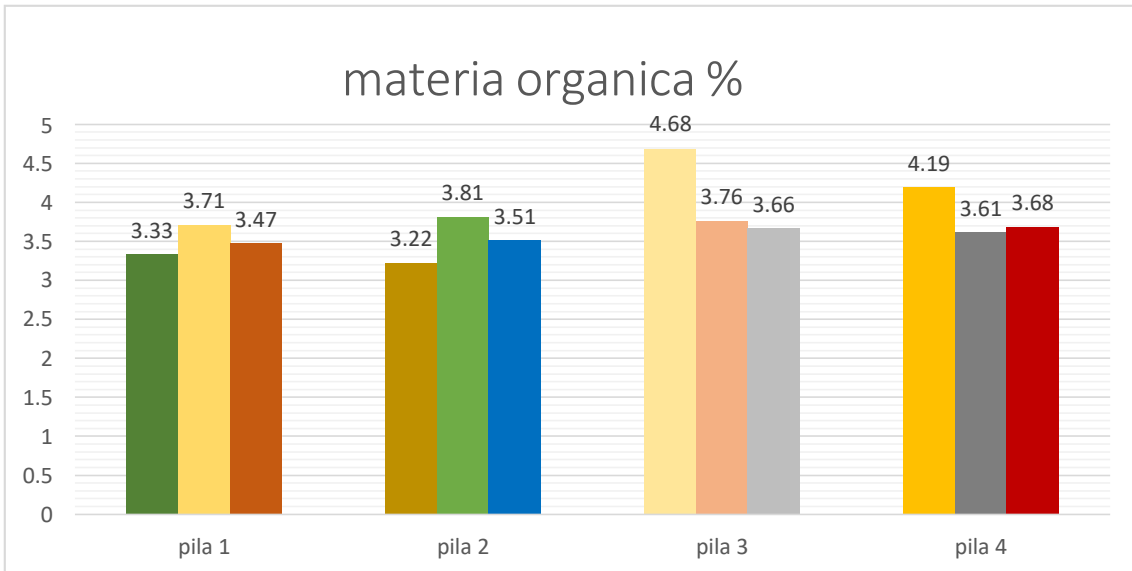


Figura36. Materia orgánica %

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

En la tabla N° 76 se observa los cambios que ocurrió en el suelo contaminado por hidrocarburos total de petróleo, es decir con la incorporación del biocarbon ayudo a que la parte microbiana se recupere es decir las bacterias se multipliquen ya que estas bacterias realizan la degradación del contaminante y finalmente hacen que la materia orgánica del suelo se recupere haciendo que este tome su estructura natural se vuelva fértil para el cultivo

tabla 77. nitrógeno %

Nitrógeno %				
	pila 1	pila 2	pila 3	pila 4
10 días	0.21	0.18	0.25	0.24
20 días	0.2	0.15	0.21	0.2
30 días	0.22	0.21	0.2	0.2

Fuente: elaboración propia

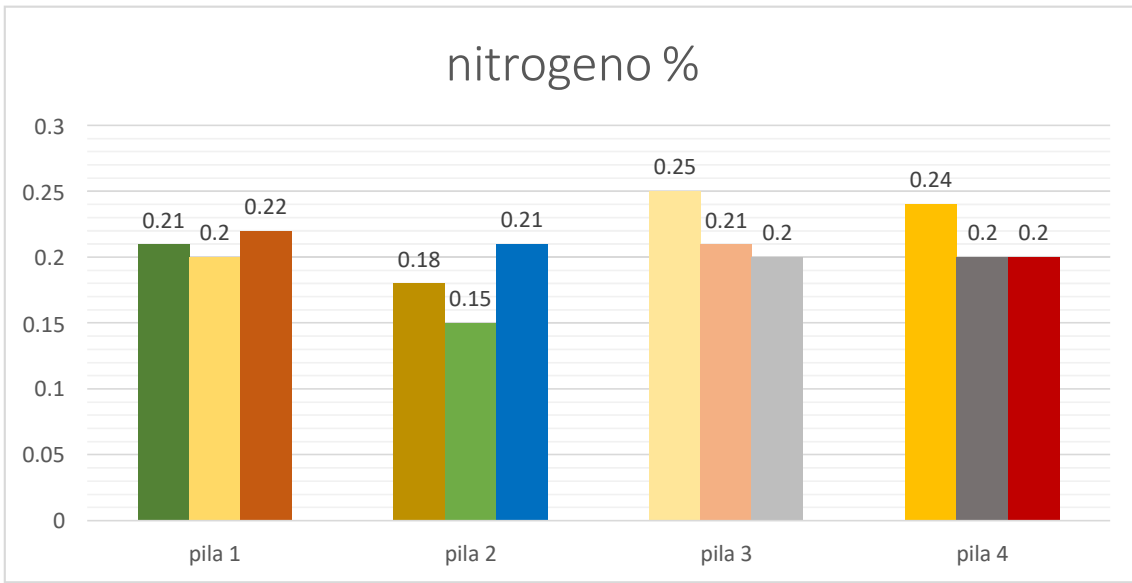


Figura37. Nitrógeno %

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

En la tabla N° 77 se puede observar el cómo fue tomando su estructura el nitrógeno ya que esto fue alterado por la presencia del hidrocarburo total del petróleo, si bien se sabe el nitrógeno es la parte fundamental para la producción de las plantas que se puede cultivar en un suelo ya que el nitrógeno es el nutriente más principal del suelo por el cual en la tabla se ve como fue recuperándose durante los tres periodos.

tabla 78. relación C/N

relación C/N				
	pila 1	pila 2	pila 3	pila 4
10 días	9.19	10.38	10.86	10.12
20 días	10.75	14.72	10.38	10.47
30 días	9.25	10.1	10.68	10.68

Fuente: elaboración propia

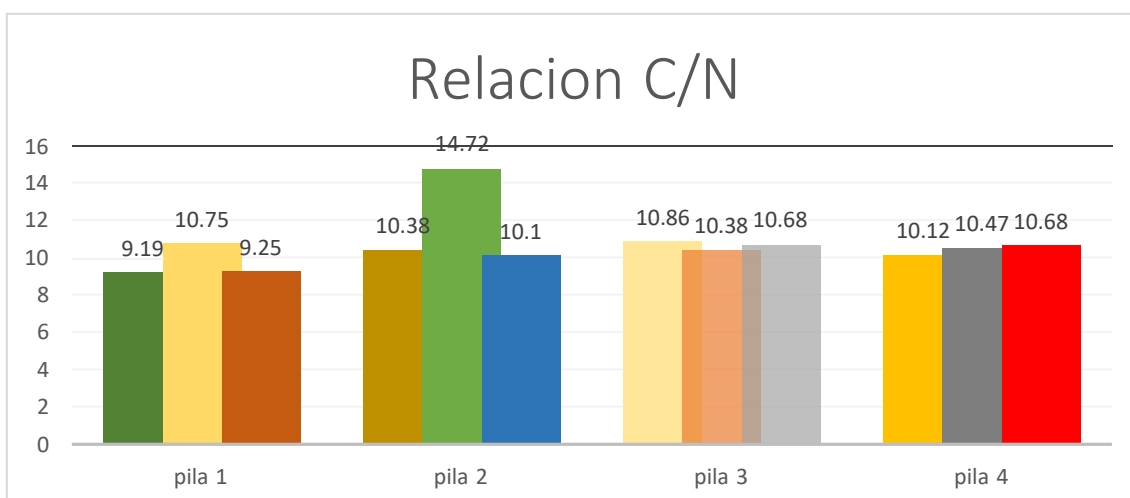


Figura38. Relación C/N

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

En la tabla N 78 se puede observar la relación carbono nitrógeno de los cuales en la pila 2 en el segundo periodo de 20 días se puede observar que el nivel de C/N se muestra en un nivel muy alto debido a la incorporación de la solución A y la solución B, esto quiere decir que las soluciones son grandes influyentes en la relación de C/N.

OE4: evaluar la dosis óptima del biocarbon de estiércol de gallina en la reducción de la concentración del hidrocarburo total en las pilas de suelo contaminado

tabla 79. dosis de biocarbon

Muestra	Peso de suelo (kg)	Peso de biocarbon (g)	Volumen de fertilizante (ml) A+B
Pila 1	40		
Pila 2	40	2.4	
Pila 3	40	2.4	3000ml
Pila 4	40		4000ml

Fuente: elaboración propia

4.3. Estadística

tabla 80. Pruebas de normalidad en 10,20 y 30 días

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH_123	,183	12	,200*	,958	12	,760
CE_123	,316	12	,002	,711	12	,001
Eh_123	,146	12	,200*	,938	12	,468

En la tabla N°80, de normalidad se pudo observar que en los tres tratamientos combinados del suelo contaminado con HTP, el pH tiene un $p > 0.05$, lo que nos indica que tiene una distribución normal, en cambio la conductividad eléctrica su $p < 0.05$ siendo esta no paramétrica, y el potencial redox es su $p > 0.05$ también teniendo una distribución normal en los treinta días.

tabla 81. Análisis de varianza (ANOVA)

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH_123	Entre grupos	,075	3	,025	9,678	,005
	Dentro de grupos	,021	8	,003		
	Total	,096	11			
Eh_123	Entre grupos	394,136	3	131,379	1,138	,390
	Dentro de grupos	923,331	8	115,416		
	Total	1317,468	11			
CE_123	Entre grupos	2,248	3	,749	,984	,448
	Dentro de grupos	6,096	8	,762		
	Total	8,344	11			

En los parámetros físicos y químicos del suelo contaminado con HTP, en 10, 20, y 30 días, en lo que respecta al comportamiento del pH tiene un F grande y una significancia con un $p < 0.05$ entonces rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna, donde las medias son diferentes para el caso de la conductividad eléctrica y potencial redox su F es pequeño y su $p > 0.05$ acepta la hipótesis nula y rechaza la hipótesis alterna teniendo medias iguales.

tabla 82. Tabla: El pH_123

HSD Tukey^a

SC_HTP	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1	3	6,9633	
2	3		7,1167
4	3		7,1300
3	3		7,1733
Sig.		1,000	,554

tabla 83. potencial redoxEh_123

HSD Tukey^a

SC_HTP	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
1	3	121,9700
4	3	132,2500
3	3	135,3467
2	3	136,5200
Sig.		,402

tabla 84. estadístico Tukey para CE_123

HSD Tukey^a

SC_HTP	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
2	3	2,2000
1	3	2,2867
3	3	2,8667
4	3	3,2567
Sig.		,489

En las tablas de pH, CE, Y Eh la significancia tiene un valor $p > 0.05$ indicando Tukey que el tratamiento tuvo una distribución normal.

tabla 85. Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CIC_123	,231	12	,076	,842	12	,029
CO_123	,239	12	,058	,880	12	,088
MO_123	,241	12	,052	,879	12	,085
N_123	,244	12	,047	,927	12	,347

El

carbono orgánico, materia Orgánica, y nitrógeno tienen un $p > 0.05$ lo que estos resultados tienen una distribución normal, a diferencia de la capacidad de intercambio catiónico que es $p < 0.05$ teniendo una distribución no paramétrica.

tabla 86. Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CIC_123	Se basa en la media	1,497	3	8	,288
	Se basa en la mediana	1,013	3	8	,436
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,013	3	5,193	,458
	Se basa en la media recortada	1,467	3	8	,295
CO_123	Se basa en la media	2,231	3	8	,162
	Se basa en la mediana	,263	3	8	,850
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,263	3	3,879	,849

	Se basa en la media recortada	1,950	3	8	,200
MO_123	Se basa en la media	2,230	3	8	,162
	Se basa en la mediana	,259	3	8	,853
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,259	3	3,912	,852
	Se basa en la media recortada	1,948	3	8	,200
N_123	Se basa en la media	,992	3	8	,444
	Se basa en la mediana	,299	3	8	,825
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,299	3	6,000	,825
	Se basa en la media recortada	,927	3	8	,471

De acuerdo a la homogeneidad de varianza con el estadístico de Levene las significancias tienen un $p > 0.05$, donde los grupos son iguales.

tabla 87. Análisis de varianza (ANOVA)

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CIC_123	Entre grupos	23,896	3	7,965	1,132	,393
	Dentro de grupos	56,290	8	7,036		
	Total	80,185	11			
CO_123	Entre grupos	,201	3	,067	1,482	,291
	Dentro de grupos	,361	8	,045		
	Total	,561	11			
MO_123	Entre grupos	,598	3	,199	1,475	,293
	Dentro de grupos	1,081	8	,135		
	Total	1,678	11			
N_123	Entre grupos	,003	3	,001	1,687	,246
	Dentro de grupos	,004	8	,001		
	Total	,007	11			

En el estadístico inferencial del análisis de varianza los F son pequeños y su $p > 0.05$ entonces se puede afirmar que las medias son iguales.

tabla 88. CIC_123

HSD Tukey^a

SC_HTP	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
1	3	20,3600
2	3	21,4933
3	3	23,4800
4	3	23,7700
Sig.		,442

tabla 89. CO_123

HSD Tukey^a

SC_HTP	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
1	3	2,0300
2	3	2,0367
4	3	2,2200
3	3	2,3367
Sig.		,353

tabla 90. MO_123

HSD Tukey^a

SC_HTP	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
1	3	3,5033
2	3	3,5133
4	3	3,8267
3	3	4,0333
Sig.		,354

tabla 91. N_123

HSD Tukey^a

SC_HTP	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
2	3	,1800
1	3	,2100
4	3	,2133
3	3	,2200
Sig.		,240

En los 4 parámetros del suelo contaminado con HTP, tienen una significancia de $p > 0.05$ rechazando la hipótesis alterna.

tabla 92. Correlaciones

		CIC_123	CO_123	MO_123	N_123
CIC_123	Correlación de Pearson	1	,665*	,664*	,511
	Sig. (bilateral)		,018	,019	,089
	N	12	12	12	12
CO_123	Correlación de Pearson	,665*	1	1,000**	,555
	Sig. (bilateral)	,018		,000	,061
	N	12	12	12	12
MO_123	Correlación de Pearson	,664*	1,000**	1	,558
	Sig. (bilateral)	,019	,000		,059
	N	12	12	12	12
N_123	Correlación de Pearson	,511	,555	,558	1
	Sig. (bilateral)	,089	,061	,059	
	N	12	12	12	12

El CIC guarda correlación con la materia orgánica y carbono orgánico, y el carbono orgánico también guarda relación junto a la materia orgánica porque tienen un $p < 0.05$, a diferencia del nitrógeno que tiene un $p > 0.05$ y no guarda correlación con los demás parámetros.

tabla 93. Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RHTP_1234	,147	12	,200*	,971	12	,924

En la prueba de normalidad de las 4 pilas en 10, 20, 30, días se evaluo de acuerdo al estadístico de Shapiro – Wilk ya que su grado de libertad es de 12 resultados, donde se observa un $p > 0.05$, determinando una distribución normal.

tabla 94. Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
RHTP_1234	Se basa en la media	,183	3	8	,905
	Se basa en la mediana	,028	3	8	,993
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,028	3	6,875	,993
	Se basa en la media recortada	,161	3	8	,920

El estadístico de Levene tiene un $p > 0.05$, donde nos indica que los grupos son homólogos.

tabla 95. Análisis de varianza (ANOVA)

RHTP_1234

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	18,757	3	6,252	1,349	,326
Dentro de grupos	37,068	8	4,634		
Total	55,826	11			

En el anova se observa que el f es pequeño y su $p > 0.05$ indicando que las medias son iguales.

tabla 96. RHTP_1234

HSD Tukey^a

RHTP_4P	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
4	3	8,590033
3	3	9,275967
2	3	10,655867
1	3	11,827733
Sig.		,323

De acuerdo al estadístico inferencial de Tukey la significancia es mayor a 0.05 aceptando la hipótesis nula y rechazando la hipótesis alterna

IV. DISCUSIÓN

OG: Evaluar la bioestimulación asistida por biocarbon de estiércol de gallinas en la degradación de la contaminación de hidrocarburos totales de petróleo en el suelo Lima- Jicamarca 2022

En la presente investigación se observa la eficiencia de la bioestimulación asistida por el biocarbon de estiércol de gallina para la biorremediación del suelo contaminado con hidrocarburo total de petróleo, para el cual se trabajó con las bacterias nativas quienes fueron bioestimulados con el biocarbon de estiércol de gallina con una dosis de 2.4g, la solución A con 3000ml y la solución B con una dosis de 4000ml, los cuales fueron incorporados en las diferentes pilas de suelo contaminado los cuales fueron ordenada de la siguiente manera, pila 1 sin hidrocarburos, pila 2 suelo más solución A y solución A, pila 3 suelo más biocarbon de estiércol de gallina y la pila 4 suelo más biocarbon y las soluciones A y B, de los cuales se tuvieron resultados muy distintos en el aumento de las bacterias para los cuales se aislaron en tres diferentes agares siendo agar Simmons, agar manitol Salt base y el agar cetramide base, donde inicialmente en el primer agar se tuvo la presencia 130.0 de colonias de bacterias de gram-negativo, en el segundo agar se tuvo 151.7 de colonias de gram-positivos donde finalmente en el tercer agar no se tuvo presencia de las bacterias de gram-negativos, algo que al final todo esto cambio debido a la presencia de las soluciones y el biocarbon ya que finalmente se tuvo aumento de las bacterias en las diferentes pilas, pero la pila que tuvo más resultado fue la pila 4 que contenía el biocarbon más las dos soluciones donde se tuvo la presencia de la bacteria 281.7 de colonias en el agar Simmons (gram-negativo), 238.4 de colonias de gram-positivo en el agar manitol Salt base y 216.7 de gram-negativos en el agar cetramide base, donde finalmente la presencia de estas bacterias ayudó en la degradación del hidrocarburo ya que se degrado de 14.2462 hasta 6.574 es decir se redujo en un 46% del hidrocarburo en un tiempo de 30 días de tratamiento.

Por otro lado, Saeed, et al. (2021) en su trabajo similar a la presente investigación, biorremedio el suelo contaminado aplicando el biocarbon a base de estiércol de gallinaza y un fertilizante que ayudo en la recuperación de las colonias microbianas del suelo, con la finalidad de degradar el TPH presentes en

el suelo donde finalmente tuvo una degradación del 46% hidrocarburo en un tiempo de 40 días. Por otro lado, Abangadura, et al., (2022) biorremedio el suelo contaminado aplicando solo el biocarbon de estiércol de aves de campo, donde tuvo una degradación de 26% de hidrocarburos, en un tiempo de 12 meses, esto quiere decir que es necesario aplicar un fertilizante que ayude en la recuperación de las bacterias nativas del suelo, ya que estas serán las que degradan el hidrocarburo.

OE1: determinar las propiedades físicas del biocarbon del estiércol de gallina para reducir los hidrocarburos totales de petróleo en el suelo contaminado.

En la presente investigación las propiedades físicas del biocarbon de estiércol de gallina van a depender mucho para la degradación del hidrocarburo, por el cual el biocarbon fue realizado a base del estiércol de gallina a una temperatura de 350°C por un tiempo de 5h, obteniéndose el biocarbon aceptable para absorción, donde de igual manera el tamaño del biocarbon influye mucho en la absorción del contaminante hidrocarburo siendo así el biocarbon fue triturado hasta alcanzar una partícula de 1mm ya que mientras las partículas del biocarbon sean aún más pequeñas mejor será la capacidad de absorción y que finalmente esta investigación tuvo una degradación del hidrocarburo en un 46% en 30 días.

Por otro lado, (Barati, et al., 2017) para la biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos totales, aplico el biocarbon a base de estiércol de aves que fue realizado a una temperatura de 400°C en tiempo de 4h y triturado a un tamaño de 2mm, donde tuvo una degradación del hidrocarburo en un 45,18% en tiempo de 3 meses. Así como (Quang, et al., 2022) biorremedio un suelo contaminado con TPH, para el cual aplico biocarbon de estiércol de pollo que pirolizado a una temperatura de 500°C en tiempo de 4h y triturados a un tamaño de 0,02mm, donde finalmente degradó el 52% del hidrocarburo en tiempo de 2 meses. Esto quiere decir que propiedades físicas del biocarbon influyen mucho para la biorremediación de un suelo contaminado.

OE2: Identificar las presuntas bacterias presentes en el suelo contaminado de hidrocarburos totales antes y durante el proceso

En la presente investigación se realizaron diferentes tipos de análisis con la finalidad de identificar los tipos de bacterias que tenía el suelo contaminado con hidrocarburos, para el cual se utilizaron tres tipos de agares que fueron agar Simmons, agar manitol Salt base y el agar cetramide base, donde en el agar Simmons se llegó observar que si había colonias de bacterias que podrían haber sido *Escherichia coli*, *Sphingomonas paucimobilis* EPA 505, *Sphingobium yanoikuyae* B1 y *Enterobacter aerogenes*, así como también en el agar manitol Salt base hubo muchas colonias de gram-positivos es decir que este agar hace referencia a las bacterias cocos y el agar cetramide base hace referencia a las bacterias *Pseudomonas aeruginosa* u *Escherichia coli* ya que en el agar hubo una gran cantidad de colonias que podrían haber sido dichas bacterias, la presencia de estas bacterias mayormente fueron en el periodo 2 y en el periodo 3 de la investigación ya que en el tiempo cero no se tuvo mucha presencia de dichas colonias de las bacterias.

Ccolque, et al. (2017) en su trabajo de investigación realizó la aislación e identificación de las bacterias nativas de un suelo contaminado donde usó los agares Simmons, agar manitol Salt base y el agar cetramide base, donde tiene las bacterias mencionadas y hace referencia a las posibles bacterias de gram-negativos y gram-positivos. Así como (Zhao et al., 2017) indica el grado de descontaminación de hidrocarburos que tuvo en tiempo de 3 meses el cual en rango de 65%, para el cual trabajó con las presuntas bacterias nativas del suelo, que podrían haber sido los *Sphingomonas paucimobilis* EPA 505, *Sphingobium yanoikuyae* B1 que son los que mayormente se encuentran en un suelo contaminado.

OE3: determinar las características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburo antes y después del tratamiento con el biocarbon de estiércol de gallina

Para la presente investigación las características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburos total de petróleo, inicialmente se buscó ver el nivel de concentración de hidrocarburo que tenía el suelo, por el cual la determinación del hidrocarburo fue realizado por el método gravimétrico por

extracción de soxhlet, donde inicialmente se tuvo una concentración de 14.2462 el cual sobrepasa los niveles establecidos por el ECA, de igual manera todos los parámetros del suelo se encontraban fuera de lo establecido, donde se tenía, 7.45 de potencial de hidrogeno, 0.794 de conductividad eléctrica, 215.23 de potencial redox, 4.15 humedad, 11.34 de CIC, 4.46 de carbono orgánico, 1.51 de densidad aparente, 7.70 de materia orgánica, 0.36 de nitrógeno total, 185 de nitratos 12.40 de relación C/N y finalmente se tuvo una textura arcilla-limoso, como se puede ver en los parámetros físicos y químicos del suelo inicialmente se encuentra muy alterado debido a la presencia del hidrocarburo lo cual fue cambiando con el tratamiento sé que le dio es decir con la incorporación de biocarbon y las soluciones A y B, donde finalmente en la pila sin tratamiento se tuvo 6.92 de potencial de hidrogeno, 2.69 de conductividad eléctrica, 109.32 de potencial redox, 16.60 humedad, 21.25 de CIC, 1.93 de carbono orgánico, 1.51 de densidad aparente, 3.33 de materia orgánica, 0.21 de nitrógeno total, 185 de nitratos 9.19 de relación C/N y 10.537 de TPH en la primera pila que no tiene ningún tipo de tratamiento se puede ver claramente como estos aún se encuentran alterados ya que no hay presencia de ningún tipo sustancia que ayude en la degradación del hidrocarburo algo que cambia notoriamente en la pila 4 que contiene biocarbon y las soluciones A y B, donde se tiene 7.08 de potencial de hidrogeno, 2.29 de conductividad eléctrica, 145, 12 de potencial redox, 11.15 humedad, 20.12 de CIC, 2.14 de carbono orgánico, 3.68 de materia orgánica, 0.20 de nitrógeno total, 9.25 de relación C/N y 6.574 de TPH, se ve la gran diferencia que se tiene la pila 1 y la pila 4 con tratamiento, según los resultados obtenidos quiere decir que el biocarbon y los dos soluciones isieron que la parte microbiana del suelo se fortalezcan y por ende con la degradación del hidrocarburo que isieron bajaron la alcalinidad del suelo haciendo que los parámetros del suelo se neutralicen.

Del mismo modo, Barati, et al., (2017) para la biorremediación del el suelo contaminado analizo el suelo mediante el método de gravimetría por extracción donde inicialmente tuvo una concentración muy elevada, de igual manera los parámetros del suelo se encontraban completamente alterados debido a la presencia del hidrocarburo, donde inicialmente tuvo 6.09 de pH, 2.71 de conductividad eléctrica, con una textura de marga arenosa, arcilla 15, arena 56, limo 29, ECC 26, MO 11.34, Fe extraíble con DTPA 1.99 y la concentración del

hidrocarburo tuvo 10.13mil de los cuales según el tratamiento logro semi establecer todos los parámetros según la ECA, donde tuvo una degradación del hidrocarburo en 45.18% todo esto fue realizada debido a la presencia de las bacterias. Esto quiere decir que la presencia de las bacterias nativas es muy precisa ya estas son la parte fundamental para el crecimiento de un cultivo, así como estos actúan como los degradantes de un contaminante.

OE4: evaluar la dosis óptima del biocarbon de estiércol de gallina en la reducción de la concentración del hidrocarburo total en las pilas de suelo contaminado

En la presente investigación se realizaron 4 pilas de 40kg suelos contaminado con hidrocarburos totales de petróleo para el cual se utilizó el biocarbon de estiércol de gallina como una enmienda, ya que el biocarbon fue aplicada en la pila 3 y la pila 4 con una dosis de 2,4kg los cuales fueron homogenizadas con el suelo, para luego analizar la concentración del hidrocarburo en 3 periodos donde finalmente se tuvo una degradación de 46% de hidrocarburos en tiempo de 30 días.

Mierzwa-Hersztek, et al. (2018) produjo biocarbón con la cama de las aves, los que fueron usados en la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos totales, el cual fue aplicado al suelo en una dosis de 2,5kg por muestra donde finalmente tuvo una degradación de 34% de hidrocarburo total de petróleo en un tiempo de 3 meses. A pesar de que su investigación tuvo más tiempo de tratamiento no logro tener una buena degradación del hidrocarburo, algo que fue totalmente lo contrario en la presente investigación, es decir se logró degradar un porcentaje más alto y en poco tiempo.

VI: CONCLUSIÓN

OG: Evaluar la bioestimulación asistida por biocarbon de estiércol de gallinas en la degradación de la contaminación de hidrocarburos totales de petróleo en el suelo Lima- Jicamarca 2022

En cumplimiento de los trabajos de manera general se cumplió con la determinación de la bioestimulación asistida por el biocarbon de estiércol de gallina para la degradación del hidrocarburo total de petróleo en el suelo, esto fue realizado mediante el proceso de pilas aeróbicas ya que estas tuvieron una reducción de hidrocarburos en cada cierto periodo donde se mantuvo fundamentalmente la humedad de la pila para que esta pueda generar nuevos microorganismos que puedan ayudar a la biodegradación del hidrocarburo presente en el suelo.

OE1: Analizar las propiedades físicas del biocarbon del estiércol de gallina para reducir los hidrocarburos totales de petróleo en el suelo contaminado.

De acuerdo a las propiedades físicas del biocarbon de estiércol de gallina se realizó una pirolisis para poder obtener el biocarbon los cuales fueron caracterizados en sus parámetros físicos Humedad, materia volátil, ceniza, carbono fijo y capacidad de adsorción los que nos dieron como resultado poder obtener una superficie bastante pequeña de un milímetro para poder obtener mejor reducción del hidrocarburo total.

OE2: Analizar las presuntas bacterias presentes en el suelo contaminado de hidrocarburos totales antes y durante el proceso

En nuestro tercer objetivo lo que se realizó fue determinar los tipos de bacterias que se generaron, donde inicialmente se realizó un análisis microbiológico para determinar las bacterias y como este iba reduciendo el hidrocarburo ya que en tiempo cero se tuvo 14.2462, los cuales en la primera etapa se redujo a 11.1001, en la segunda etapa se redujo a 8.096 y finalmente logro una óptima reducción de 6.574 y mejorando el suelo en sus parámetros físicos y químicos como la humedad, la capacidad de intercambio catiónico, el carbono orgánico, la materia orgánica y el nitrógeno y lo confirma la prueba cinética para aplicar la prueba de isoterma de Langmuir y se corrobora la isoterma de Freundlich

OE3: Analizar las características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburo antes y después del tratamiento con el biocarbon de estiércol de gallina

Las propiedades físicas y química se realizaron inicialmente caracterizando al suelo de manera inicial para saber cómo se encontraba el suelo hallando la concentración inicial de hidrocarburo que el suelo tenía en donde se realizaron análisis mediante cromatografía de gases y análisis gravimétrico por extracción Soxhlet de los cuales el más representativo fue el análisis gravimétrico.

OE4: Analizar la dosis óptima del biocarbon de estiércol de gallina en la reducción de la concentración del hidrocarburo total en las pilas de suelocontaminado

En los tratamientos por cada pila, ya que se tuvo 4 pilas de tratamiento donde se obtuvo la reducción del hidrocarburo en un 465 siendo los siguientes resultados para cada pila de tratamiento teniendo en la primera pila 10.537 para la segunda pila, 8.900 para la tercera pila 2, 7.573 y finalmente para la pila 4 que redujo a 6.574 mg/kg de hidrocarburo, notoriamente.

VII: RECOMENDACIONES

Realizar el tratamiento del suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo en periodo más amplio para así tener buenos resultados que sean más representativos.

Importante conservar la humedad del suelo contaminado con hidrocarburo total de petróleo

Las bacterias sé que se le agrega para reducir el hidrocarburo debe ser específicas es decir pseudomonas para así obtener buenos resultados.

Utilizar otros materiales más que ayuden en la degradación del hidrocarburo presente en el suelo.

Se recomienda para conocer el tamaño de los poros utilizar un barrido electrónico de microscopía que

Se recomienda usar una partícula más pequeña para poder tener buenos resultados en la biodegradación.

REFERENCIAS

1. ABANGADURA, G. et al (2022). Soil greenhouse gas emissions, organic carbon and crop yield following pinewood biochar and biochar manure applications at eroded and depositional landscape positions: A field trial in South Dakota, USA, *Soil Use and Management*, 38 (1), pp. 487-502
2. ADENIYI, A. A. y J. A. AFOLABI. Determination of total petroleum hydrocarbons and heavy metals in soils within the vicinity of facilities handling refined petroleum products in Lagos metropolis. *Environment International* [en línea]. 2002, 28(1-2), 79–82 [consultado el 11 de noviembre de 2022]. ISSN 0160-4120. Disponible en: doi:10.1016/s0160-4120(02)00007-7
3. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke. USA, ASTM, 2002. 3 p. (International Standard ASTM D 3175-02). [12]
4. American Society for Testing and Materials (ASTM) International (2003). ASTM D 5142– 02a. Standard test methods for proximate analysis of the analysis sample of coal and coke by instrumental procedures. ASTM International, West Conshohocken, USA
5. ASTM Standard D3172 (1997). Standard practice for proximate analysis of coal and coke. ASTM International, West Conshohocken, PA
6. ALMONTE MURGA, Joice Mariel; TAMAYO CORNEJO, Renzo Mauricio. Estudio de la caracterización fisicoquímica del yacimiento de Yuramayo-Arequipa para el tratamiento de minerales auríferos (cuarcíferos ferruginosos) utilizando un sistema alternativo de centrifugado. 2019.
7. ANTICONA LIZAMA, Leslie Sofía; MEDINA YZQUIERDO, Eyllin Fabiana. Increasing the efficiency level of loading operation in a fuel distribution plant. 2021.
8. MARTÍNEZ GUIJARRO, M^a; PACHÉS GINER, María Aguas Vivas. Determinación de la alcalinidad del agua: método potenciométrico. 2021.
9. BAO, Huanyu, et al. Effects of biochar and organic substrates on polycyclic aromatic hydrocarbon biodegradation and microbial community structure

- in PAH-contaminated soils. *Hazardous Materials Journal*, 2020, Vol. 385, p. 121595.
10. BARATI, Maryam, et al. Comparison of the effects of poultry manure and its biochar on barley growth in oil-contaminated soils. *International Journal of Phytoremediation*, 2017, Vol. 20, no. 2, p. 98-103.
 11. BUJAHICO HUERTAS, Karen, et al. Tecnología omica para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos en el oleoducto Nor peruano-Loreto. 2020.
 12. BRAVO ALARCÓN, Fernando Augusto. El papel de los parlamentos en los asuntos climáticos: la actitud legislativa del Congreso de la República del Perú frente a la ley marco sobre cambio climático. 2019.
 13. CHRISTOPHER, Judia Magthalin et al. Bioremediation of aromatic hydrocarbons contaminated soil from industrial site using surface modified amino acid enhanced biosurfactant. *Environmental Pollution* [en línea]. 2021, **289**, 117917 [consultado el 27 de octubre de 2022]. ISSN 0269-7491. Disponible en: doi: 10.1016/j.envpol.2021.117917
 14. CONGRESO de la república. Comisión investigadora del Oleoducto.02 de noviembre de 2017.
 15. CHÁVEZ, Vicente Marino Castañeda; GUADALUPE, Alex Lenin Guivin; MAS, Erik Cuzco. Evaluación de diferentes sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a efectos de mejorar su producción. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2019, vol. 3, no 2, p. 57-62.
 16. CCOLQUE, et al. biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo (htp's) mediante el método de biopilas con dos tipos de sustrato (tierra y abonos orgánicos). 2017
 17. DEEBIKA, P.; MERLINE SHEELA, A.; ILAMATHI, R. Biochar and compost-based phytoremediation of crude oil-contaminated soils. *Indian Journal of Science and Technology*, 2021, Vol. 14, no. 3, p. 220-228.
 18. DIKE, Charles Chinyere et al. The co-application of biochar with bioremediation for the removal of petroleum hydrocarbons from contaminated soil. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2022, 157753 [consultado el 27 de octubre de 2022]. ISSN 0048-9697. Disponible en: doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.157753

19. DE LOS SANTOS, Candelario Ramón, et al. Adsorption of copper (II) and cadmium (II) in aqueous suspensions of nanostructured biogenic CaCO₃. *Bulletin of the Spanish Society of Ceramics and Glass*, 2019, vol. 58, no 1, p. 2-13.
20. Determinación del contenido de humedad (ASTM D2216-98). [En línea]. <http://www.geotecnia.edu.bo/administrador/manual/Humedad.pdf>
21. Fuentes, D., et al. (2020). Metodología de la investigación: Conceptos, herramientas y ejercicios prácticos en las ciencias administrativas y contables (1 a ed.). Medellín, Colombia.: Editorial Universidad Pontificia Bolivariana. ISBN: 978-958-764-879-9
22. FERNÁNDEZ VALQUI, Rosa Luz. Atenuación natural y biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, Amazonas, Perú. 2020.
23. GUO, Shifang et al. Recent advances in biochar-based adsorbents for CO₂ capture. *Carbon Capture Science & Technology* [en línea]. 2022, 100059 [consultado el 27 de octubre de 2022]. ISSN 2772-6568. Disponible en: doi: 10.1016/j.ccst.2022.100059
24. Hernández, R., Mendoza, C. (2019). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas. México.: McGraw Hill. ISBN: 978-1-4562-6096-5
25. HUSSAIN, Khan, AHA, Hussain, I. et al. Soil conditioners enhance the rhizodegradation of aged petroleum hydrocarbons and enhance the growth of *Lolium multiflorum*. *Environ Sci Pollut Res* 29, 9097–9109 (2022).
26. Hidalgo, K. J.; Sierra-Garcia, I. N.; Dellagnezze, B. M.; & de Oliveira, V. M. (2020). Metagenomic Insights Into the Mechanisms for *Biodegradation* of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Oil Supply Chain. *Front Microbiol*, 11, 561506. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.561506>
27. HODELIN-BARRERA, Radames, et al. Adsorción de cromo (VI) y plomo (II) sobre biomasa seca de *Kluyveromyces marxianus* CCEBI 2011. *Revista Cubana de Química*, 2022, vol. 34, no 1, p. 111-130.
28. LANDETA TAPIA, Jeisson Javier. *Análisis bibliográfico de tipos de isotermas de adsorción Freundlich, Langmuir y Brunauer, Emmett, Teller en zeolita para la recuperación de suelos agrícolas de la provincia de*

- Cotopaxi en el periodo 2020*. 2020. Tesis de Licenciatura. Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi UTC.
29. JI, Jingqin et al. Resource utilization of chicken manure to produce biochar for effective removal of levofloxacin hydrochloride through peroxymonosulfate activation: The synergetic function of graphitization and nitrogen functionality. *Chemosphere* [en línea]. 2022, 136419 [consultado el 27 de octubre de 2022]. ISSN 0045-6535. Disponible en: doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.136419
30. JAREÑO-ESTEBAN, José Javier et al. Study of volatile organic compounds in exhaled air in a clinically healthy population: effect of smoking. *Archives of Bronconeumology* [online]. 2013, 49(11), 457–461 [cited 2022 Oct 27]. ISSN 0300-2896. Available at: doi: 10.1016/j.arbres.2013.04.004
31. KAZDIN, Alan E.; GUTIÉRREZ, Mónica Gabriela Gutiérrez. *Métodos de investigación en psicología clínica*. México: Pearson Educación, 2001.
32. LATAF, A. et al. The effect of pyrolysis temperature and feedstock on biochar agronomic properties. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* [en línea]. 2022, 105728 [consultado el 27 de octubre de 2022]. ISSN 0165-2370. Disponible en: doi: 10.1016/j.jaap.2022.105728
33. Liu et., al., W.-J. Liu, H. Jiang, H.-Q. Yu Development of functional biochar-based materials: Towards a chemical sustainable platform carbon material *Rev.*, 115 (2015), pp. 12251 – 12285
34. LIU, Xinxin et al. Meat and bone meal as a novel biostimulation agent in hydrocarbon contaminated soils. *Chemosphere* [en línea]. 2019, **225**, 574–578 [consultado el 27 de octubre de 2022]. ISSN 0045-6535. Disponible en: doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.03.053
35. LEITE, Cibele; BERNARDES, Ricardo S.; OLIVEIRA, Sebastião A. de. Método Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chorume. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2004, vol. 8, p. 111-115.
36. MAMANI, Marlene, et al. Validación del método Kjeldahl en la determinación del Nitrógeno Mineral, mediante el uso de Cloruro Potasio. *Apthapi*, 2020, vol. 6, no 2, p. 1917–1925-1917–1925.

37. MARTÍNEZ GUIJARRO, M^a; PACHÉS GINER, María Aguas Vivas. Determinación de la alcalinidad del agua: método potenciométrico. 2021.
38. MIERZWA-HERSZTEK, M.; KLIMKOWICZ-PAWLAS, A.; GONDEK, K. Influence of poultry litter and poultry litter biochar on soil microbial respiration and nitrifying bacteria activity. *Waste and biomass valorization*, 2018, vol. 9, no 3, p. 379-389.
39. MÁRQUEZ-ROMANCE, Adriana Mercedes, et al. Una aproximación a la remediación de un acuífero tropical contaminado con hidrocarburos. *Gestión de la Calidad Ambiental*, 2022, vol. 31, n° 4, pág. 357-390.
40. MINAM, GUÍA PARA EL MUESTREO DE SUELOS. 2013 "Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM"
41. Patel, A. B.; Shaikh, S.; Jain, K. R.; Desai, C.; & Madamwar, D. (2020). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Sources, Toxicity, and Remediation Approaches. *Front Microbiol*, 11, 1-23. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.562813>
42. RODRÍGUEZ-URIBE, Mónica Liliana et al. Native bacteria isolated from weathered petroleum oil-contaminated soils in Tabasco, Mexico, accelerate the degradation petroleum hydrocarbons in saline soil microcosms. *Environmental Technology & Innovation* [en línea]. 2021, **23**, 101781 [consultado el 27 de octubre de 2022]. ISSN 2352-1864. Disponible en: doi: 10.1016/j.eti.2021.101781
43. ROSELL-MELÉ, Antoni et al. Oil pollution in soils and sediments from the Northern Peruvian Amazon. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2018, **610-611**, 1010–1019 [consultado el 27 de octubre de 2022]. ISSN 0048-9697. Disponible en: doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.07.208
44. RIVAS, Carlos F; NUNEZ, Oswaldo; LONGORIA, Francisco y GONZALEZ, Lucy. Isoterma de langmuir y freundlich como modelos para la adsorción de componentes de ácido nucleico sobre WO₃. *Saber* [online]. 2014, vol.26, n.1 [citado 2022-10-27], pp.43-49. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622014000100008&lng=es&nrm=iso. ISSN 2343-6468.

45. R.M. 085-2014 MINAM, P. (2017). Guía para el muestreo de suelos. Lima
46. SINGH, Rakesh et al. Assessment of the environmental impact on the ecosystem of Doon–valley by auto workshops effluents. *Materials Today: Proceedings* [en línea]. 2022 [consultado el 27 de octubre de 2022]. ISSN 2214-7853. Disponible en: doi: 10.1016/j.matpr.2022.09.034
47. SAEED, Maimona, et al. Potencial de bioestimulación del biocarbón para remediar el suelo contaminado con petróleo crudo y el crecimiento de las plantas. *Revista Saudita de Ciencias Biológicas* , 2021, vol. 28, nº 5, pág. 2667-2676.
48. VELÁSQUEZ CAMPOS, Jesmina; LEÓN ZAMORA, Sunilda. Eficiencia degradadora de hidrocarburos por *Pseudomona putida* y *Pseudomona fluorescens* en suelos contaminados por talleres mecánicos en Carabayllo, 2022.
49. VELÁZQUEZ-MALDONADO, Jazmín, et al. Concentración nutrimental de biocarbón de cascarilla de arroz. *Revista fitotecnia mexicana*, 2019, vol. 42, no 2, p. 129-136.
50. VALENCIA, Mónica, et al. Extracción de fracciones con actividad antioxidante en hojas de *Guadua angustifolia* Kunth. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 2011, vol. 16, no 4, p. 364-373
51. Vandera, E., & Koukkou, A. I. (2017) Bacterial Community Response to Hydrocarbon Contamination in Soils and Marine Sediments: A Critical Review of Case Studies. En C. Cravo-Laureau, C. Cagnon, B. Lauga, R. Duran (Eds) *Microbial Ecotoxicology* (pp. 185-226). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61795-4_9
52. XIONG, Bijing et al. Enhanced biodegradation of PAHs in historically contaminated soil by *M. gilvum* inoculated biochar. *Chemosphere* [en línea]. 2017, **182**, 316–324 [consultado el 27 de octubre de 2022]. ISSN 0045-6535. Disponible en: doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.05.020
53. ZHANG, B., Zhang, L., & Zhang, X. (2019). Bioremediation of soils contaminated with petroleum hydrocarbons by oil-degrading bacteria immobilized on biochar. *RSC Advances*, 9(60), 35304–35311. ISSN: 20462069
54. ZHANG, Huiwen et al. Agricultural waste-derived biochars from co-hydrothermal gasification of rice husk and chicken manure and their

- adsorption performance for dimethoate. *Journal of Hazardous Materials* [en línea]. 2022, 429, 128248 [consultado el 27 de octubre de 2022]. ISSN 0304-3894. Disponible en: doi: 10.1016/j.jhazmat.2022.128248
55. ZHAO, Baowei et al. Effects of biochars derived from chicken manure and rape straw on speciation and phytoavailability of Cd to maize in artificially contaminated loess soil. *Journal of Environmental Management* [en línea]. 2016, 184, 569–574 [consultado el 27 de octubre de 2022]. ISSN 0301-4797. Disponible en: doi: 10.1016/j.jenvman.2016.10.020
56. Zhao, Q., Yue, S., Bilal, M., Hu, H., Wang, W., & Zhang, X. (2017). Comparative genomic analysis of 26 *Sphingomonas* and *Sphingobium* strains: Dissemination of bioremediation capabilities, biodegradation potential and horizontal gene transfer. *Sci Total Environ*, 609(1), 1238-1247.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.249>

ANEXO

ANEXO N°1: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Ficha 1: Recolección de la muestra						
Título de la tesis	Bioestimulación asistida por biocarbon de estiércol de gallina para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo Jicamarca-Lima 2022					
Responsables	-Curihuaman Luis, Eduard Gabriel			- Félix Modesto Delsa		
Asesor	Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres					
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales					
Lugar	Jicamarca – distrito de Huarochirí - Lima					
Fecha	05/10/2022			Hora		
Muestras	Ubicación			Toma de muestras		Peso de muestra
suelo						
Georreferenciación						
Protocolo de toma de muestra						
Materiales						

Ficha 2: Las características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburo antes y después						
Título del proyecto	Bioestimulación asistida por biocarbon de estiércol de gallina para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo Jicamarca-Lima 2022					
Responsables	-Curihuaman Luis, Eduard Gabriel			- Félix Modesto Delsa		
Asesor	Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres					
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales					
Lugar	Jicamarca – distrito de Huarochirí - Lima					
Fecha	05/10/2022			Hora		
Muestra	Características del suelo			indicadores		
Temperatura					°C	
Potencial de hidrogeno					Acido/base	
Conductividad eléctrica					mS/cm	
Potencial redox					mV	
Humedad					%	
Carbono Orgánico Total					%	
Materia Orgánica					%	
Capacidad de intercambio catiónico					Meq/100g	
Nitrógeno					%	

Ficha 3: bacterias presentes en el suelo contaminado de hidrocarburos totales antes y durante el proceso.

Título del proyecto	Bioestimulación asistida por biocarbon de estiércol de gallina para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo Jicamarca-Lima 2022				
Responsables	-Curihuaman Luis, Eduard Gabriel		- Félix Modesto Delsa		
Asesor	Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres				
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales				
Lugar	Jicamarca – distrito de Huarochirí - Lima				
Fecha	05/10/2022			Hora	
Muestra				Indicadores	
Prueba de tinción gram					
Análisis microbiológico mediante PCR (16s)					diferencial
Recuento en placas Petri					UFC/g

Ficha 4: Propiedades físicas y químicas del biocarbon del estiércol de gallina

Título del proyecto	Bioestimulación asistida por biocarbon de estiércol de gallina para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo Jicamarca-Lima 2022					
Responsables	-Curihuaman Luis, Eduard Gabriel			- Félix Modesto Delsa		
Asesor	Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres					
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales					
Lugar	Jicamarca – distrito de Huarochirí - Lima					
Fecha	05/10/2022				Hora	
Muestra	Parámetros físico químicos			indicadores		
Humedad					%	
Materia volátil					%	
Ceniza					%	
Carbono fijo					%	
Potencial de hidrogeno					gramos	
Conductividad eléctrica					Acido/base	
Potencial redox					mV	

Ficha 5: Dosis optima del estiércol de gallina para disminuir la concentración del hidrocarburo.						
Título del proyecto	Bioestimulación asistida por biocarbon de estiércol de gallina para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo Jicamarca-Lima 2022					
Responsables	-Curihuaman Luis, Eduard Gabriel			- Félix Modesto Delsa		
Asesor	Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres					
Línea de investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales					
Lugar	Jicamarca – distrito de Huarochirí - Lima					
Fecha	05/10/2022			Hora		
Muestra	Parámetros físico químicos			Indicadores		
Peso del biocarbón de estiércol de gallina					%	
Cantidades de pilas del suelo con tratamiento					g	
Peso del suelo					g	
Tiempo 10, 20, 30 días					Días	
Evaluación de hidrocarburos suelo					periodos	
Peso del biocarbón de estiércol de gallina					g	

ANEXO N° 2: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfan
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela de Ingeniería Ambiental
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Recolección de la muestra
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuaman Luis, Edward Gabriel

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 17 de noviembre de 2022

Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan
CIP: 92135

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2
V. DATOS GENERALES

- 5.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfán
 5.2. **Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental
 5.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
 5.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Las características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburo antes y después.
 5.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuan Luis, Edward Gabriel

VI. 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		

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

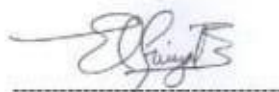
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 17 de noviembre de 2022



 Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan
 CIP: 92135

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3
I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfán
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** bacterias presentes en el suelo contaminado de hidrocarburos totales antes y durante el proceso.
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuan Luis, Edward Gabriel

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		

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 17 de noviembre de 2022



 Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan
 CIP: 92135

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfan
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Propiedades físicas y químicas del biocarbon del estiércol de gallina.
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuan Luis, Edward Gabriel

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		

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 17 de noviembre de 2022



Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan
CIP: 92135

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 5
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:** Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres
1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Lima Este
1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Dosis óptima del estiércol de gallina para disminuir la concentración del hidrocarburo.
1.5. Autor(A) de Instrumento: Felix Modesto, Delsa/Curihuaman Luis, Edward Gabriel

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		

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

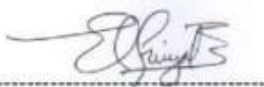
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 17 de noviembre de 2022



 Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan
 CIP: 92135

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1
I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Recolección de la muestra
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuan Luis, Edward Gabriel

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

Lima, 17 de noviembre de 2022



 Mgr. Freddy Pillpa Aliaga
 Código: 196897

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2
V. DATOS GENERALES

- 5.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres
- 5.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
- 5.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 5.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Las características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburo antes y después.
- 5.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuanan Luis, Edward Gabriel

VI. 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													
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		

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

Lima, 17 de noviembre de 2022



 Mg. Freddy Pillpa Aliaga
 Código: 196897

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3
I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** bacterias presentes en el suelo contaminado de hidrocarburos totales antes y durante el proceso.
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuaman Luis, Edward Gabriel

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		

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90



Mgtr/ Freddy Pillpa Aliaga
Código: 196897

Lima, 17 de noviembre de 2022

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4
I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Propiedades físicas y químicas del biocarbon del estiércol de gallina.
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuan Luis, Edward Gabriel

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		

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

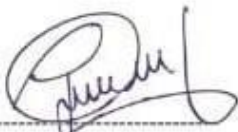
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

Lima, 17 de noviembre de 2022



 Mgr. Freddy Pillpa Aliaga
 Código: 196897



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 5

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Dosis optima del estiércol de gallina para disminuir la concentración del hidrocarburo.
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuaman Luis, Edward Gabriel

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	

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

Lima, 17 de noviembre de 2022

Mgr. Freddy Pillpa Aliaga
Código: 196897

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1
I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Recolección de la muestra
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuaman Luis, Edward Gabriel

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		

X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

Lima, 17 de noviembre de 2022



Lorgio Valdiviezo Gonzales
CIP: __77088__

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2
V. DATOS GENERALES

- 5.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres
 5.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
 5.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
 5.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Las características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburo antes y después.
 5.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuanan Luis, Edward Gabriel

VI. 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	

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


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

X

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95

Lima, 17 de noviembre de 2022


 Lorgio vádiviezo Gonzales
 CIP: 77088

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3
I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** bacterias presentes en el suelo contaminado de hidrocarburos totales antes y durante el proceso.
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuaman Luis, Edward Gabriel

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		

X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90



Lima, 17 de noviembre de 2022

Lorgio Valdiviezo Gonzales
CIP: __77088__

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4
I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Las características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburo antes y después.
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuan Luis, Edward Gabriel

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95

Lima, 17 de noviembre de 2022



Lorgio Valdiviezo Gonzales
CIP: _77088_

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 5
I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente / UCV Lima Este
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Las características físicas y químicas del suelo contaminado con hidrocarburo antes y después.
- 1.5. **Autor(A) de Instrumento:** Felix Modesto, Delsa/Curihuan Luis, Edward Gabriel

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

x

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95

Lima, 17 de noviembre de 2022



Lorgio Valdiviezo Gonzales
CIP: 770

ANEXO N° 4: MUESTREO DE SUELO BAJO EL DECRETO SUPREMO 011-2017 MINAM



PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLE
----------	-----------	-----------	----------

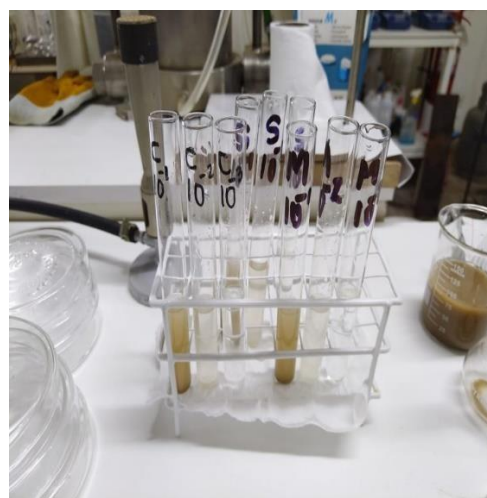
<p>PG: ¿De que manera la bioestimulación asistida por biocarbón de estiércol de gallina remedia los suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo Jicamarca-Lima 2022?</p>	<p>HG: La bioestimulación asistida por biocarbón de estiércol de gallina remedia de manera significativa los suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo Jicamarca-Lima 2022</p>	<p>Evaluar la bioestimulación asistida por biocarbón de estiércol de gallina para remediar los suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo Jicamarca-Lima 2023</p>	
<p>PE1: Cuales son las condiciones de Bioestimulación asistida por biocarbón relacionadas cn las propiedaes del biocaron y el tratamiento en la remediacion de suelos contaminados con hidrocarburos de petroleo -TPH?</p>	<p>HE1: Existen condiciones de Bioestimulación asistida por biocarbón optiimas relacionadas cn las propiedaes del biocaron y el tratamiento en la remediacion de suelos contaminados con hidrocarburos de petroleo -TPH</p>	<p>OE1: Analizar las condiciones de Bioestimulación asistida por biocarbón relacionadas con las propiedaes del biocaron y el tratamiento en la remediacion de suelos contaminados con hidrocarburos de petroleo -TPH</p>	<p>VI: Bioesti</p>
<p>PE2: Que bacterias dominan los procesos de remediacion de suelos contaminados con hidrocarburos de petroleo -TPH?</p>	<p>HE2: Diferentes bacterias dominan los procesos de remediacion de suelos contaminados con hidrocarburos de petroleo -TPH</p>	<p>PE2: Analizar las bacterias dominantes en los procesos de remediacion de suelos contaminados con hidrocarburos de petroleo -TPH?</p>	<p>VD: remedia</p>

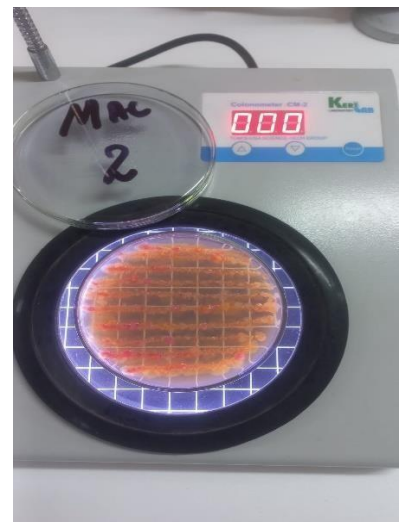
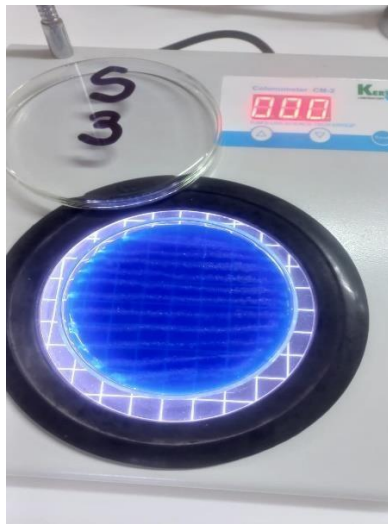
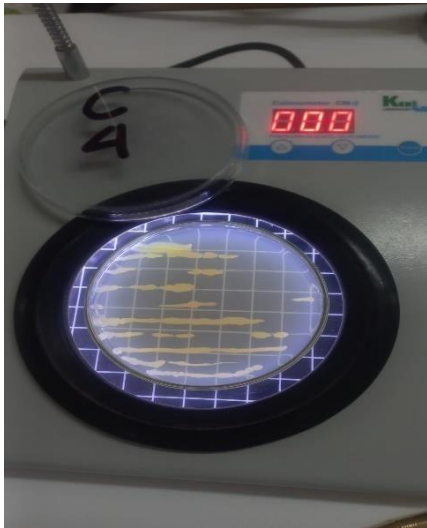
ANEXO N° 5: PREPARACION DEL BIOCARBON





ANEXO N° 6: ANALISIS MICROBIOLÓGICO





ANEXO N° 7: PREPARACION DE LAS PILAS DE TRATAMIENTO



ANEXO N° 8: RESULTADOS DEL LABORATORIO DE LA UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Félix Modesto, Delsa
Procedencia de muestra : Jicamarca – San Antonio – Huarochirí – Lima.
Recepción de muestra : Lima, 06 de Septiembre del 2022

Análisis de suelo contaminado con hidrocarburos de Petróleo

Muestra	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica mS/cm	Potencial redox mV
STM-HTP	18.7	7.45	0.794	215.23
SA-Bco.	18.7	6.59	0.285	122.80

Método Potenciométrico

Muestra	Humedad %	CIC meq/100g	COT %	Densidad aparente (g/cm ³)
STM-HTP	4.15	11.34	4.46	1.51
SA - Bco.	10.08	18.56	2.56	1.44

(método cilindro biselado) (Método Walkley – Black) (método del acetato de amonio pH7 – 1N)

Muestra	Materia orgánica (%)	Nitrógeno total (%)	Nitratos mg/l	Relación C/N
STM-HTP	7.70	0.36	185	12.40
SA - Bco	4.41	0.23	85	11.13

(método Walkley – Black), (método Kjeldahl), (método espectrofotometría UV/V)

Muestra	Arena (%)	Limo %	Arcilla %	Textura del suelo
STM-HTP	15	45	40	Arcilla - Limoso
SA - Bco	12	25	63	arcilla

Método Bouyoucos

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

Análisis microbiológico

Agares diferenciales utilizados	Descripción
Agar Simmons Citrate	<i>Enterobacter, Salmonella</i>
Agar base Mannitol Salt	<i>Staphylococcus, Rodococcus</i>
Agar base Cetramide	<i>Pseudomonas p.</i>

Método de placas Petri

Siembra placa Petri	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
Simmons Citrate	-	-	-	-	-	-
Mannitol Salt	195 colonias	-	-	-	-	-
Cetramide	-	-	-	-	-	-

UFC/g =1950

Muestra	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Potencial redox (mV)
PFQ-EG	18.5	6.27	7.98	245.5

PFQ-EG: Parámetros Físico químicos – estiércol de gallinaza

Muestra	Humedad %	MV %	Ceniza %	Carbono fijo %
PF -G	57		10.02	16.25

Método: Normas ASTM D3172, ASTM D5142, ASTM D3175, ASTM D3175, Potenciometría.

Lima, 15 de Septiembre del 2022

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 -Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Félix Modesto, Delsa
Procedencia de muestra : Jicamarca – San Antonio – Huarochirí – Lima.
Recepción de muestra : Lima, 21 de Octubre del 2022

Primer: Análisis de 4 Pilas de suelo contaminado con Hidrocarburos

Pilas - Primer tratamiento	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (Acido/base)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Potencial Redox (mV)
P1-(10 DIAS)	19.6	6.92	2.69	109.32
P2 - (10 DIAS)	19.6	7.15	2.47	125.12
P3 - (10 DIAS)	19.6	7.24	3.87	128.42
P4 - (10 DIAS)	19.6	7.19	4.92	120.51

Pilas - Primer tratamiento	Humedad %	CIC (mq/100g)	Carbono Orgánico Total (%)
P1-(10 DIAS)	16.60	21.25	1.93
P2 - (10 DIAS)	15.59	23.22	1.87
P3 - (10 DIAS)	15.73	26.91	2.71
P4 - (10 DIAS)	16.54	27.00	2.43

Pilas - Primer tratamiento	Materia Organica %	Nitrógeno %	Relación C/N
P1-(10 DIAS)	3.33	0.21	9.19
P2 - (10 DIAS)	3.22	0.18	10.38
P3 - (10 DIAS)	4.68	0.25	10.86
P4 - (10 DIAS)	4.19	0.24	10.12

(método potenciométrico), (método: Norma ASTM D2216), (método acetato de amonio pH7 – 1N), (método de Wackley – Black), (método Kjeldahl)

Lima, 28 de Octubre del 2022

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Félix Modesto, Delsa
Procedencia de muestra : Jicamarca – San Antonio – Huarochirí – Lima.
Recepción de muestra : Lima, 31 de Octubre del 2022

Segundo: Análisis de 4 Pilas de suelo contaminado con Hidrocarburos

Pilas - segundo tratamiento	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (Acido/base)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Potencial Redox mV
P1-(20 DIAS)	20.15	6.98	2.15	125.14
P2 - (20 DIAS)	20.15	7.11	2.12	141.23
P3 - (20 DIAS)	20.15	7.18	2.49	132.11
P4 - (20 DIAS)	20.15	7.12	2.56	131.12

Pilas - Segundo tratamiento	Humedad %	CIC (mq/100g)	Carbono Orgánico Total (%)
P1-(20 DIAS)	16.24	20.04	2.15
P2 - (20 DIAS)	15.81	21.14	2.21
P3 - (20 DIAS)	15.94	23.82	2.18
P4 - (20 DIAS)	16.13	24.19	2.09

Pilas - Segundo tratamiento	Materia Organica (%)	Nitrógeno (%)	Relación C/N
P1-(20 DIAS)	3.71	0.20	10.75
P2 - (20 DIAS)	3.81	0.15	14.72
P3 - (20 DIAS)	3.76	0.21	10.38
P4 - (20 DIAS)	3.61	0.20	10.47

(método potenciométrico), (método: Norma ASTM D2216), (método acetato de amonio pH7 – 1N), (método de Wackley – Black), (método Kjeldahl)

Lima, 07 de Noviembre del 2022


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 – Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Félix Modesto, Delsa
Procedencia de muestra : Jicamarca – San Antonio – Huarochirí – Lima.
Recepción de muestra : Lima, 12 de noviembre del 2022

Tercer: Análisis de 4 Pilas de suelo contaminado con Hidrocarburos

Pilas - Tercer tratamiento	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Potencial Redox (mV)
P1-(30 DIAS)	20.0	6.99	2.02	131.45
P2 - (30 DIAS)	20.0	7.09	2.01	143.21
P3 - (30 DIAS)	20.0	7.10	2.24	145.51
P4 - (30 DIAS)	20.0	7.08	2.29	145.12

Pilas - Tercer tratamiento	Humedad %	CIC (mq/100g)	Carbono Orgánico Total (%)
P1-(30 DIAS)	11.38	19.71	2.01
P2 - (30 DIAS)	11.00	20.12	2.03
P3 - (30 DIAS)	11.23	19.71	2.12
P4 - (30 DIAS)	11.15	20.12	2.14

Pilas - Tercer tratamiento	Materia Organica (%)	Nitrógeno (%)	Relación C/N
P1-(30 DIAS)	3.47	0.22	9.25
P2 - (30 DIAS)	3.51	0.21	10.10
P3 - (30 DIAS)	3.66	0.2	10.68
P4 - (30 DIAS)	3.68	0.20	10.68

(método potenciométrico), (método: Norma ASTM D2216), (método acetato de amonio pH7 – 1N), (método de Wackley – Black), (método Kjeldahl)

Lima, 21 de Noviembre del 2022


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Félix Modesto, Delsa
Procedencia de muestra : Jicamarca – San Antonio – Huarochirí – Lima.
Recepción de muestra : Lima, 21 de Octubre del 2022

Primer Tratamiento: Análisis Microbiológico

Primer Tratamiento Pila 1	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	130.0	10	1	1300
Agar Mannitol salt base	151.7	10	1	1511
Agar Cetramide base	0	10	1	0

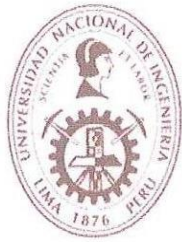
Primer Tratamiento Pila 2	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	151.7	10	1	1517
Agar Mannitol salt base	173.3	10	1	1733
Agar Cetramide base	0	10	1	0

Primer Tratamiento Pila 3	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	281.6	100	1	28160
Agar Mannitol salt base	238.4	100	1	23840
Agar Cetramide base	21.7	100	1	2170

Primer Tratamiento Pila 4	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	195.0	100	1	19500
Agar Mannitol salt base	216.7	100	1	21670
Agar Cetramide base	65.0	100	1	6500

Método tubos múltiples con siembra en placas Petri.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Segundo Tratamiento: Análisis Microbiológico

Segundo Tratamiento Pila 1	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	130.0	10	1	1300
Agar Mannitol salt base	151.7	10	1	1511
Agar Cetramide base	0	10	1	0

Segundo Tratamiento Pila 2	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	195	10	1	1950
Agar Mannitol salt base	173.3	10	1	1733.3
Agar Cetramide base	0	10	1	0

Segundo Tratamiento Pila 3	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	216.7	100	1	21670
Agar Mannitol salt base	195.0	100	1	19500
Agar Cetramide base	43.3	100	1	4330

Segundo Tratamiento Pila 4	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	260	100	1	26000
Agar Mannitol salt base	238.3	100	1	23830
Agar Cetramide base	65.0	100	1	6500

Tercer Tratamiento Pila 1	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	238.3	100	1	23830
Agar Mannitol salt base	195	100	1	19500
Agar Cetramide base	0	100	1	0

Método tubos múltiples con siembra en placas Petri.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 -Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Tercer Tratamiento: Análisis Microbiológico

Tercer Tratamiento Pila 2	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	281.7	1000	1	281666.7
Agar Mannitol salt base	260	100	1	26000
Agar Cetramide base	65	100	1	6500

Tercer Tratamiento Pila 3	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	281.6	1000	1	281600
Agar Mannitol salt base	260	1000	1	260000
Agar Cetramide base	238.3	1000	1	238300

Tercer Tratamiento Pila 4	Colonias	Factor	Volumen de muestra(ml)	UFC/ml
Agar Simmons	281.7	1000	1	281700
Agar Mannitol salt base	238.4	1000	1	238400
Agar Cetramide base	216.7	1000	1	216700

Método tubos múltiples con siembra en placas Petri.

Lima, 25 de Noviembre del 2022

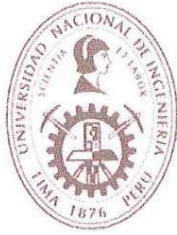

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Félix Modesto, Delsa
Procedencia de muestra : Jicamarca – San Antonio – Huarochirí – Lima.
Recepción de muestra : Lima, 23 de Octubre del 2022

Análisis de suelo contaminado con hidrocarburos

Pilas - Primer tratamiento	Peso de Balón (g)	Peso de balón + HTP	Peso de muestra seca	HTP mg/kg _{ps}
P1-(10 DIAS)	202.4730	202.5572	5.0238	14.2462
P2 - (10 DIAS)	142.4058	142.4846	5.0234	13.3336
P3 - (10 DIAS)	162.3445	162.4103	5.0023	11.1809
P4 - (10 DIAS)	181.2559	181.3212	5.0004	11.1001

Pilas - Segundo tratamiento	Peso de Balón (g)	Peso de balón + HTP	Peso de muestra seca	HTP mg/kg _{ps}
P1-(20 DIAS)	202.4741	202.5372	5.0124	10.700
P2 - (20 DIAS)	142.4154	142.4728	5.0125	9.734
P3 - (20 DIAS)	162.2343	162.2879	5.0211	9.074
P4 - (20 DIAS)	181.2255	181.2732	5.0078	8.096

Pilas - Tercer tratamiento	Peso de Balón (g)	Peso de balón + HTP	Peso de muestra seca	HTP mg/kg _{ps}
P1-(30 DIAS)	202.4642	202.5262	5.0012	10.537
P2 - (30 DIAS)	142.5154	142.5678	5.0045	8.900
P3 - (30 DIAS)	162.3343	162.3789	5.0058	7.573
P4 - (30 DIAS)	181.4255	181.4642	5.0041	6.574

Método Gravimétrico – extracción de reflujo Soxhlet (US EPA 821-B94-004)

Lima, 25 de Noviembre del 2022

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

ANEXO N°9: RESULTADOS DEL LABORATORIO PACIF CONTROL

INFORME DE ENSAYO N° 22001115/2022

Razón social del cliente: Delsa Félix Modesto

RUC:

Domicilio legal del cliente:

CMA: CMA2022/5798

Producto declarado: SUELO 01
 Número de Muestras: 01
 Presentación: Envase sellado / Una (01) unidad de 1kg aprox.
 Procedencia: No Aplica
 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: 0285840E 8680405N
 Punto de muestreo: PUNTO UBICADO EN LA LOCALIDA DE JICAMARCA

Fecha de recepción de la muestra: 11/10/2022
 Código de Muestra: 220011125
 Fecha de inicio de análisis: 14/10/2022
 Fecha de término de análisis: 07/11/2022
 Fecha de emisión: 15/11/2022

Página 1 de 2

Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Fracción de hidrocarburos F1 (C5-C10)	0,25	mg/kg	150,00
Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40)	16	mg/kg	1.100,00
Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28)	16	mg/kg	3.000,00

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

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Fracción de hidrocarburos F1 (C5-C10)	UNE-ISO 15009. Calidad del suelo - Determinación del contenido de hidrocarburos volátiles aromáticos, naftaleno e hidrocarburos halógenos volátiles mediante cromatografía de gas. Método mediante purga y atrapamiento con desorción térmica.
Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40)	UNE-ISO 15009. Calidad del suelo - Determinación del contenido de hidrocarburos volátiles aromáticos, naftaleno e hidrocarburos halógenos volátiles mediante cromatografía de gas. Método mediante purga y atrapamiento con desorción térmica.

"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 PACIF CONTROL, S.A.C. Los resultados comunicados en el presente documento solo serán válidos cuando se los haya solicitado. 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 reproduce. PA-13-15-01 / V01, 2020.03.20

INFORME DE ENSAYO N° 22001115/2022

Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28)	UNE-ISO 15009. Calidad del suelo - Determinación del contenido de hidrocarburos volátiles aromáticos, naftaleno e hidrocarburos halógenos volátiles mediante cromatografía de gas. Método mediante purga y atrapamiento con desorción térmica.
--	--

Muestra N°: 1

Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Fracción de hidrocarburos F1(C5-C10)	0,25	mg/kg	80,00
Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40)	16	mg/kg	1.080,00
Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28)	16	mg/kg	2.850,00

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

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Fracción de hidrocarburos F1(C5-C10)	UNE-ISO 15005. Calidad del suelo – Determinación del contenido de hidrocarburos volátiles aromáticos, naftaleno e hidrocarburos halógenos volátiles mediante cromatografía de gas. Método mediante purga y atrapamiento con desorción térmica
Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40)	UNE-ISO 15005. Calidad del suelo – Determinación del contenido de hidrocarburos volátiles aromáticos, naftaleno e hidrocarburos halógenos volátiles mediante cromatografía de gas. Método mediante purga y atrapamiento con desorción térmica
Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28)	UNE-ISO 15005. Calidad del suelo – Determinación del contenido de hidrocarburos volátiles aromáticos, naftaleno e hidrocarburos halógenos volátiles mediante cromatografía de gas. Método mediante purga y atrapamiento con desorción térmica

Muestra N°: 2

Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Fracción de hidrocarburos F1(C5-C10)	0,25	mg/kg	40,00
Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40)	16	mg/kg	950,00
Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28)	16	mg/kg	2.610,00

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 FACER CONTROL, 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 producción o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que reproduce.
PH-15-01 / 160. 2622.43.39

INFORME DE ENSAYO N° 220011115/2022

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

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Fracción de hidrocarburos F1(C5-C10)	UNE-ISO 15005. Calidad del suelo – Determinación del contenido de hidrocarburos volátiles aromáticos, naftaleno e hidrocarburos halógenos volátiles mediante cromatografía de gas. Método mediante purga y atrapamiento con desorción térmica
Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40)	UNE-ISO 15005. Calidad del suelo – Determinación del contenido de hidrocarburos volátiles aromáticos, naftaleno e hidrocarburos halógenos volátiles mediante cromatografía de gas. Método mediante purga y atrapamiento con desorción térmica
Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28)	UNE-ISO 15005. Calidad del suelo – Determinación del contenido de hidrocarburos volátiles aromáticos, naftaleno e hidrocarburos halógenos volátiles mediante cromatografía de gas. Método mediante purga y atrapamiento con desorción térmica

ANEXO N° 10: ESTANDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) DE SUELO D.S.011.2017

12

NORMAS LEGALES

Sábado 2 de diciembre de 2017  El Peruano

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, y el artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM; corresponde disponer la publicación de la propuesta de metodología en el Diario Oficial El Peruano, antes de la fecha prevista para su entrada en vigencia, con la finalidad de permitir a las personas interesadas formular los comentarios y aportes respectivos;

Con los vistos de la Secretaría General, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la Oficina de Asesoría Jurídica, y en uso de las facultades conferidas en la Ley de Recursos Hídricos, el Reglamento de Organización y Funciones de esta autoridad, aprobado por Decreto Supremo N° 06-2010-AG, y modificado por Decreto Supremo N° 012-2016-MINAGRI;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Dispóngase la publicación de la presente resolución en el Diario Oficial El Peruano y del documento denominado "Metodología para la determinación del índice de calidad de agua para los recursos hídricos superficiales en el Perú ICA-PE", en el portal web de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe, por el plazo de quince (15) días hábiles, a fin que los interesados remitan sus opiniones y sugerencias a la dirección electrónica siguiente: IndiceCalidadAgua@ana.gob.pe.

Artículo 2.- Encargar a la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la recepción y análisis de los aportes y comentarios que se presenten respecto al documento citado en el artículo precedente.

Regístrese, comuníquese y publíquese,

ABELARDO DE LA TORRE VILLANUEVA
Jefe
Autoridad Nacional del Agua

1593024-1

AMBIENTE

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

DECRETO SUPREMO
N° 011-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo con lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, según lo dispuesto en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA, las que serán remitidas a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante decreto supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, esta entidad tiene como función específica elaborar los ECA, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante decreto supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM se aprueban los ECA para Suelo y, a través del Decreto Supremo N° 002-2014-MINAM se aprueban las disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 013-2015-MINAM se dictan las reglas para la presentación y evaluación del Informe de Identificación de Sitios Contaminados;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado

DIARIO OFICIAL DEL HICENTENARIO

El Peruano

REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

Se comunica a las entidades que conforman el Poder Legislativo, Poder Ejecutivo, Poder Judicial, Organismos constitucionales autónomos, Organismos Públicos, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, que para efectos de la publicación de sus disposiciones en general (normas legales, reglamentos jurídicos o administrativos, resoluciones administrativas, actos de administración, actos administrativos, etc) con o sin anexos, que contengan más de una página, se adjuntará un CD o USB en formato Word con su contenido o éste podrá ser remitido al correo electrónico normaslegales@editoraperu.com.pe.

LA DIRECCIÓN

de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, siendo una de sus funciones específicas, analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental del país;

Que, en mérito a la evaluación técnica realizada por el citado Grupo de Trabajo, se identificó la necesidad de actualizar los ECA para Suelo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 182-2017-MINAM, el Ministerio del Ambiente dispuso la prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los ECA para Suelo, en cumplimiento del artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente; y la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, que como Anexo forman parte integrante del presente decreto supremo.

Artículo 2.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo como referente obligatorio

Los ECA para Suelo constituyen un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y son aplicables para aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios.

Artículo 3.- De la superación de los ECA para Suelo

De superarse los ECA para Suelo, en aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios, las personas naturales y jurídicas a cargo de estas deben realizar acciones de evaluación y, de ser el caso, ejecutar acciones de remediación de sitios contaminados, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente.

Lo indicado en el párrafo anterior no aplica cuando la superación de los ECA para Suelo sea inferior a los niveles de fondo, los cuales proporcionan información acerca de las concentraciones de origen natural de las sustancias químicas presentes en el suelo, que pueden incluir el aporte de fuentes antrópicas no relacionadas al sitio en evaluación.

Artículo 4.- Refrendo

El presente decreto supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, la Ministra de Energía y Minas, el Ministro de Salud, el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el Ministro de la Producción, el Ministro de Transportes y Comunicaciones, y el Ministro de Agricultura y Riego.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Criterios para la gestión de sitios contaminados

Mediante decreto supremo, a propuesta del Ministerio del Ambiente y en coordinación con los sectores competentes, se aprobarán los criterios para la gestión de sitios contaminados, los mismos que regulan las acciones señaladas en el artículo 3 del presente decreto supremo.

Segunda.- Aplicación del ECA para Suelo en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Suelo en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Suelo se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial correspondiente.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental en trámite ante la Autoridad Competente

Los/as titulares que, antes de la entrada en vigencia de la presente norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Suelo vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los/as titulares deberán considerar lo establecido en la Segunda Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Suelo aprobados mediante el presente decreto supremo.

Segunda.- De los procedimientos en trámite para la adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a los ECA

Los procedimientos de adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a los estándares de calidad ambiental (ECA), iniciados con anterioridad a la vigencia del presente decreto supremo, se resuelven conforme a las disposiciones normativas vigentes al momento de su inicio.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, y el Decreto Supremo N° 003-2014-MINAM, que aprueba la Directiva que establece el procedimiento de adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a nuevos Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, al primer día del mes de diciembre del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

CAYETANA ALJOVÍN GAZZANI
Ministra de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ CALDERÓN
Ministro de la Producción

FERNANDO ANTONIO D'ALESSIO IPINZA
Ministro de Salud

BRUNO GIUFFRÀ MONTEVERDE
Ministro de Transportes y Comunicaciones

CARLOS RICARDO BRUCE MONTES DE OCA
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO
ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ^{(7) + (8)}
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/ Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁵⁾ / Industrial/ Extractivo ⁽⁶⁾	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽⁸⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ⁽¹²⁾	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ⁽¹²⁾ (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽¹⁴⁾	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ⁽¹⁶⁾
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F ó ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Notas:

[**] Este símbolo dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para el uso de suelo agrícola.

(1) **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

(2) PS: Peso seco.

(3) **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

(4) **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.

(5) **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

(6) **Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

(7) Métodos de ensayo estandarizados vigentes o métodos validados y que cuenten con la acreditación nacional e internacional correspondiente, en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Múltiplo de la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que estén por debajo del ECA

- correspondiente al parámetro bajo análisis.
- (8) Para aquellos parámetros respecto de los cuales no se especifican los métodos de ensayo empleados para la determinación de las muestras, se deben utilizar métodos que cumplan con las condiciones señaladas en la nota (7).
- (9) EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, por sus siglas en inglés).
- (10) Este parámetro comprende la suma de Xilenos; o-xileno, m-xileno y p-xileno. En el respectivo informe de ensayo se debe reportar la suma de los Xilenos, así como las concentraciones y límites de cuantificación de los tres (3) isómeros de manera individual.
- (11) **Fracción de hidrocarburos F1 o fracción ligera:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre seis y diez átomos de carbono (C6 a C10). Los hidrocarburos de fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, solventes, gasolinas, gas nafta, entre otros.
- (12) **Fracción de hidrocarburos F2 o fracción media:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a diez y hasta veintiocho átomos de carbono (>C10 a C28). Los hidrocarburos fracción media deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, diesel, turbotina, queroseno, mezcla de creosota, gasolvente, gasolinas, gas nafta, entre otros.
- (13) **Fracción de hidrocarburos F3 o fracción pesada:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a veintiocho y hasta cuarenta átomos de carbono (>C28 a C40). Los hidrocarburos fracción pesada deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, parafinas, petrolatos, aceites del petróleo, entre otros.
- (14) Suma de siete PCB indicadores: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 y PCB 180.
- (15) De acuerdo con la metodología de Alberta Environment (2009): Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health. ISBN No. 978-0-7785-7691-4. En el caso de sitios con presencia de baritina se podrán aplicar los valores establecidos para Bario total real en la Tabla 1. Un sitio con presencia de baritina se determina cuando todas las muestras de suelo cumplen con los valores establecidos para Bario extraíble, de acuerdo con lo indicado en la tabla 1.

- aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.
- (f) Se determina mediante la medición en solución extractora 0,1 M CaCl₂ de acuerdo con la metodología establecida por Alberta Environment (2009). Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health. ISBN N° 978-0-7785-7691-4.
- (g) Valores aplicables en sitios que cumplen con las concentraciones de Bario extraíble. La concentración del Bario total real se determina mediante las técnicas de fusión XRF o por fusión ICP, de acuerdo con la metodología establecida por Alberta Environment (2009). Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health. ISBN N° 978-0-7785-7691-4.
- (h) Suelo comercial.
- (i) Suelo industrial/extractivo.
- (16) DIN: Instituto Alemán de Normalización (Deutsches Institut für Normung, por sus siglas en alemán).

1593392-5

Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados

DECRETO SUPREMO
N° 012-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, señala que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la citada Ley;

Que, en virtud del numeral 16.2 del artículo 16 de la Ley, los instrumentos de gestión ambiental constituyen medios operativos que son diseñados, normados y aplicados con carácter funcional o complementario para efectivizar el cumplimiento de la Política Nacional Ambiental y las normas ambientales que rigen en el país;

Que, asimismo, según lo dispuesto por el numeral 17.2 del artículo 17 de la Ley, los planes de remediación constituyen un tipo de instrumento de gestión ambiental;

Que, el numeral 30.1 del artículo 30 de la Ley, referido a los planes de descontaminación y el tratamiento de pasivos ambientales, señala que estos están dirigidos a remediar impactos ambientales originados por uno o varios proyectos de inversión o actividades, pasados o presentes; asimismo, precisa que los citados planes deben considerar el financiamiento y las responsabilidades que correspondan a los titulares de las actividades contaminantes, incluyendo la compensación por los daños generados, bajo el principio de responsabilidad ambiental;

Que, de conformidad con el numeral 30.2 del artículo 30 de la Ley, las entidades con competencias ambientales promueven y establecen planes de descontaminación y recuperación de ambientes degradados, y la Autoridad Ambiental Nacional establece los criterios para su elaboración;

Tabla 1. Valores para bario en sitios con presencia de baritina^(a)

Parámetros en mg/kg PS	Uso del suelo		
	Suelo Agrícola ^(b)	Suelo Residencial/ Parques ^(c)	Suelo Comercial ^(d) / Industrial/ Extractivo ^(e)
Bario extraíble ^(f) (Extractable Barium)	250	250	450
Bario total real en sitios con presencia de baritina ^(g) (True total Barium at Barite Sites)	10 000	10 000	15 000 ^(h) 140 000 ⁽ⁱ⁾

Notas:

- (a) A efectos de aplicar los valores establecidos para el Bario total, Bario extraíble o Bario total real en sitios con presencia de baritina, corresponde utilizar el procedimiento detallado por Alberta Environment (2009). Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health. ISBN N° 978-0-7785-7691-4.
- (b) **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.
- (c) **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.
- (d) **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.
- (e) **Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CABELLO TORRES RITA JAQUELINE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Bioestimulación Asistida por Biocarbon (Estiercol de Gallina) para Remediar Suelos Contaminados por Hidrocarburos Totales de Petróleo Jicamarca-Lima 2022", cuyos autores son CURIHUAMAN LUIS EDUARD GABRIEL, FELIX MODESTO DELSA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 14 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CABELLO TORRES RITA JAQUELINE DNI: 08947396 ORCID: 0000-0002-9965-9678	Firmado electrónicamente por: RCABELLOTO15 el 14-12-2022 16:48:16

Código documento Trilce: TRI - 0487694