



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Biocarbón activado de pepa de *Persea americana*, estiércol de porcino y gallinaza para la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Munaila Torres, Rodney Adair (ORCID:0000-0003-3547-1745)

Rojas Llantoy, Jhoenet Mirella (ORCID:0000-0002-2628-2435)

ASESOR

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

Lima - Perú

2021

Dedicatoria

A Dios por brindarnos orientación a lo largo de la universidad y por brindarnos la fuerza para avanzar con valentía en la adversidad.

Para nuestros queridos padres, como apoyo en el camino y la motivación para realizar nuestros objetivos, esta es la razón por la que damos pasos profesionales y les mostramos que, a través de la dedicación y perseverancia, nuestros sueños se pueden realizar; para los miembros de la familia que directamente o indirectamente contribuyeron a nuestros grandes logros como profesionales.

Agradecimiento

Agradecemos a nuestra universidad César Vallejo que nos permitió crecer como profesionales.

A nuestras familias por el apoyo económico y emocional para seguir adelante.

Al Ingeniero Elmer Gonzales Benites Alfaro por ser un gran líder y sacar lo mejor de nosotros.

Índice de Contenido

Carátula

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Índice de Contenido	iii
Índice de tablas	iv
Índice de figuras	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo, diseño y nivel de investigación	17
3.2. Variables y operacionalización	17
3.3. Población, muestra, muestreo	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.5. Procedimiento	19
3.6. Método de análisis de datos	35
3.7.- Aspectos éticos	35
IV. RESULTADOS	36
V. DISCUSIÓN	70
VII. RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS	77
ANEXOS	86

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Validez de los expertos</i>	19
Tabla 2: <i>Dosis</i>	33
Tabla 3: <i>Cálculo de ceniza de la pepa de Persea americana</i>	36
Tabla 4: <i>Parámetros físico químicos del estiércol de porcino</i>	36
Tabla 5: <i>Análisis microbiológico de estiércol de porcino con Agar Citrate Simons Diferencial (Enterobacterias)</i>	36
Tabla 6: <i>Método de 0 a 300 para las colonias por eso es el 10³</i>	37
Tabla 7: <i>Parámetros físico químicos del estiércol de gallina</i>	37
Tabla 8: <i>Análisis microbiológico de estiércol de gallinaza con Agar Cetrimide Diferencial (Pseudomonas aeruginosa, putida y fluorescens)</i>	37
Tabla 9: <i>Método de 0 a 300 para las colonias por eso es el 10³</i>	38
Tabla 10: <i>Textura del suelo</i>	38
Tabla 11: <i>Prueba de normalidad de hidrocarburos totales de petróleo</i>	39
Tabla 12: <i>Anova de hidrocarburos totales de petróleo</i>	40
Tabla 13: <i>TUKEY de hidrocarburos totales de petróleo</i>	40
Tabla 14: <i>Prueba de normalidad de la temperatura</i>	41
Tabla 15: <i>ANOVA para la temperatura</i>	42
Tabla 16: <i>TUKEY de la temperatura</i>	42
Tabla 17: <i>Prueba de normalidad de la humedad</i>	44
Tabla 18: <i>ANOVA de la humedad</i>	44
Tabla 19: <i>TUKEY de la humedad</i>	45
Tabla 20: <i>Prueba de normalidad de la densidad aparente</i>	46
Tabla 21: <i>ANOVA para la densidad aparente</i>	47
Tabla 22: <i>Tukey de la densidad aparente</i>	47
Tabla 23: <i>Prueba de normalidad del potencial de hidrógeno</i>	49
Tabla 24: <i>ANOVA del potencial de hidrógeno</i>	49
Tabla 25: <i>Tukey del potencial de hidrógeno</i>	50
Tabla 26: <i>Prueba de normalidad del potencial rédox</i>	51
Tabla 27: <i>ANOVA del potencial Redox</i>	52
Tabla 28: <i>TUKEY del potencial rédox</i>	52
Tabla 29: <i>Prueba de normalidad de la materia orgánica</i>	54

Tabla 30: ANOVA de la materia orgánica	54
Tabla 31: TUKEY de la materia orgánica.....	55
Tabla 32: Prueba de normalidad del nitrógeno	56
Tabla 33: ANOVA del nitrógeno.....	57
Tabla 34: TUKEY del nitrógeno	57
Tabla 35: Prueba de normalidad del carbono/ nitrógeno	59
Tabla 36: ANOVA del carbono/nitrógeno.....	60
Tabla 37: TUKEY del carbono/nitrógeno	60
Tabla 38: Prueba de normalidad de la conductividad eléctrica.....	61
Tabla 39: ANOVA de la conductividad eléctrica	62
Tabla 40: Tukey de la conductividad eléctrica	63
Tabla 41: Prueba de normalidad del carbono orgánico Total	64
Tabla 42: ANOVA del carbono orgánico total	65
Tabla 43: TUKEY del carbono orgánico total.....	65
Tabla 44: Prueba de normalidad de la capacidad de intercambio catiónico	67
Tabla 45: ANOVA de la capacidad de intercambio catiónico.....	68
Tabla 46: TUKEY de la capacidad de intercambio catiónico	68

Índice de figuras

Figura 1: <i>Diagrama de procedimiento</i>	20
Figura 2: <i>Ubicación de la zona de investigación</i>	21
Figura 3: <i>Mapa del lugar de recolección de muestra</i>	22
Figura 4: <i>Herramientas y equipos utilizados</i>	23
Figura 5: <i>Conductividad eléctrica</i>	25
Figura 6: <i>Capacidad de intercambio catiónico</i>	25
Figura 7: <i>Recolección de estiércoles</i>	29
Figura 8: <i>Secado</i>	29
Figura 9: <i>Estiércol de gallina</i>	30
Figura 10: <i>Estiércol de porcino</i>	30
Figura 11: <i>Proceso del análisis microbiológico</i>	30
Figura 12: <i>Tubos múltiples para sembrar</i>	31
Figura 13: <i>Placas sembradas</i>	31
Figura 14: <i>Tamizaje y homogenización del suelo</i>	31
Figura 15: <i>Perforación de los maceteros</i>	31
Figura 16: <i>Peso de la muestra</i>	32
Figura 17: <i>Inicio 8 de septiembre</i>	34
Figura 18: <i>Fase 1- 22 de septiembre</i>	34
Figura 19: <i>Fase 2 – 08 de octubre</i>	34
Figura 20: <i>Fase 3 – 22 de octubre</i>	34
Figura 21: <i>Tratamientos concluidos</i>	34
Figura 22: <i>Densidad aparente</i>	35
Figura 23: <i>Humedad</i>	35
Figura 24 : <i>Concentración de hidrocarburos totales de petróleo</i>	38
Figura 25: <i>Temperatura</i>	41
Figura 26: <i>Humedad gravimétrica</i>	43
Figura 27: <i>Densidad aparente</i>	46
Figura 28: <i>Potencial de hidrógeno</i>	48
Figura 29: <i>Potencial rédox</i>	51
Figura 30: <i>Materia orgánica</i>	53
Figura 31: <i>Nitrógeno</i>	56

Figura 32: <i>Carbono / nitrógeno</i>	58
Figura 33: <i>Conductividad eléctrica</i>	61
Figura 34: <i>Carbono orgánico total</i>	64
Figura 35: <i>Capacidad de intercambio catiónico</i>	66

RESUMEN

Describe la contaminación del suelo por hidrocarburos de petróleo F2 en un taller mecánico. Utilizándose biocarbón activado, extraído de pepa de *Persea americana* y estiércol de porcino y gallinaza. Se ensayó en macetas con 1700g de suelo contaminado con TPH añadiendo biocarbón activado y estiércoles 7%, 10% y 15%, en 3 repeticiones durante 15, 30 y 45 días.

Según análisis de muestra, exceso con 10041mg/kg de TPH sobrepasando los niveles de estándares de calidad ambiental para suelo con hidrocarburos F2 el cual es 5000 mg/kg. De 45 días de aplicación del biocarbón activado y estiércoles a muestras de suelo, resultó que con tratamiento fase 3 (7%), reduce los hidrocarburos de petróleo F2 en 93.6%.

La temperatura aumentó de 18.5°C a 20°C. En humedad gravimétrica, hubo cambios positivos, aumentó de 7.0 % a 25.8 %. En densidad aparente disminuyó de 2.6 g/cm³ a 1.3 g/cm³; en potencial de hidrógeno ácido/base, de 7.7 a 6.6.

El potencial redox de 282.6 mv a -208.6 mv. La materia orgánica disminuyó de 8.1 % a 7.2 %; el nitrógeno, a 0.35 %. El carbono/nitrógeno fue de 12.25 %. En conductividad eléctrica, aumentó de 1.038 mS/cm a 1.26 mS/cm; en carbono orgánico total, de 4.70 % a 4.25 %; la capacidad de intercambio catiónico, de 24.230 meq/100g a 24.340 meq/100g.

Palabras clave: Suelo contaminado, hidrocarburos totales de petróleo, biocarbón activado de pepa de *Persea americana*, estiércol de porcino, gallinaza.

ABSTRACT

Describes the contamination of the soil by F2 petroleum hydrocarbons in a mechanical workshop. Using activated biochar, extracted from *Persea americana* seed and pig manure and chicken manure. It was tested in pots with 1700g of soil contaminated with TPH adding activated biochar and manure 7%, 10% and 15%, in 3 repetitions during 15, 30 and 45 days.

According to sample analysis, excess with 10041mg / kg of TPH exceeding the levels of environmental quality standards for soil with F2 hydrocarbons, which is 5000 mg / kg. From 45 days of application of activated biochar and manure to soil samples, it turned out that with phase 3 treatment (7%), it reduces F2 petroleum hydrocarbons by 93.6%.

The temperature increased from 18.5 ° C to 20 ° C. In gravimetric humidity, there were positive changes, it increased from 7.0% to 25.8%. In apparent density it decreased from 2.6 g / cm³ to 1.3 g / cm³; in acid / base hydrogen potential, from 7.7 to 6.6.

The redox potential of 282.6 mv to -208.6 mv. Organic matter decreased from 8.1% to 7.2%; nitrogen, at 0.35%. The carbon / nitrogen was 12.25%. In electrical conductivity, it increased from 1,038 mS / cm to 1.26 mS / cm; in total organic carbon, from 4.70% to 4.25%; the cation exchange capacity, from 24,230 meq / 100g to 24,340 meq / 100g.

Keywords: Contaminated soil, total petroleum hydrocarbons, activated biochar from American *persea* seeds, pig manure, chicken manure.

I. INTRODUCCIÓN

La realidad problemática de la investigación se centró en la contaminación del suelo por hidrocarburos totales de petróleo los que ocasionan impactos negativos. En la actualidad, la contaminación del suelo por hidrocarburos es un problema mundial y esta asciende de manera desmesurada en el medio ambiente. Un caso es la contaminación del suelo por hidrocarburos totales de petróleo en los talleres de mecánica donde se reparan los vehículos gasolineros y diésel, pues el suelo de estos establecimientos es contaminado por aceites lubricantes usados que contienen de 75 a 85% de hidrocarburos totales.

La contaminación del suelo ocurre cuando la concentración de químicos y sustancias tiene un alto porcentaje y esto produce fácilmente pérdida de productividad en el suelo. El suelo está contaminado debido a la destrucción de sustancias orgánicas e inorgánicas que destruyen su formación (FAO, 2019). La contaminación por hidrocarburos totales es una problemática mundial. En Europa, se estima que un total de 2,5 millones de lugares contaminados son con derivados de compuestos orgánicos derivados del petróleo. En china la contaminación por hidrocarburo que se ha incrementado en el transcurso de los años encontrándose relacionado con la salud humana (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2009). La actividad de servicios que da un taller de mecánica contamina al suelo con hidrocarburos totales de petróleo, que impactan la salud y a todo ser vivo en general (Singh, 2017).

En el Perú, según Osinergmin (2013), la mayoría de las actividades petroleras se encuentran en bases marinas, la costa y la región amazónica, donde las reservas de petróleo suman más de 741 millones de barriles. Asimismo, los productos químicos más comunes son los hidrocarburos derivados de aquel, los pesticidas y otros metales pesados.

En el distrito de Jesús Nazareno de la provincia Huamanga, no es ajeno a las situaciones manifestadas, ya que hay muchos talleres mecánicos que contaminan el suelo con el derrame del diésel, petróleo y sus derivados, los cuales se generan a lo largo de las actividades realizadas en este tipo de establecimientos y de esa manera degradan al suelo, además no se han tomado medidas de seguridad y prevención ante este problema (Flores, y otros, 2004 pág. 11).

Ante lo expuesto, se formuló el siguiente **problema general**: ¿Cuál es el efecto biocarbón activado de pepa de *Persea americana*, estiércol de porcino y gallinaza para la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados? Asimismo, se estableció **problemas específicos**: ¿Cuáles son los parámetros físicos del suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo tras la aplicación del biocarbón activado de pepa de *Persea americana* y estiércol de porcino y gallinaza? ¿Cuáles son los parámetros químicos del suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo tras la aplicación del biocarbón activado de pepa de *Persea americana* y estiércol de porcino y gallinaza?

La justificación social es porque los hidrocarburos derramados en el suelo pueden trasladarse hacia niveles freáticos por el tipo de textura de un suelo, que causa una contaminación del agua que es consumida por las personas. Por tanto, el manejo con microorganismos que se encuentran en los estiércoles y el biocarbón activado podrá remediar este problema para tener una sociedad con una buena calidad de vida. **La justificación económica** es porque se logrará apreciar que este proceso de remediación con las bacterias existentes en los estiércoles, que son fáciles para la obtención y será de bajo costo porque son residuos orgánicos que en muchos casos no son utilizados entonces se podrá realizar un tratamiento en los suelos contaminados por hidrocarburos totales. **La justificación ambiental** es debido a los problemas de los hidrocarburos presentes en el suelo, no se brindan medidas de prevención ni soluciones; por lo tanto, en este trabajo de investigación se realizó el tratamiento de biorremediar el suelo contaminado haciendo uso del biocarbón activado y estiércoles. **La justificación tecnológica** es porque se propone un avance de fácil viabilidad para tratar los suelos contaminados por hidrocarburos totales en los talleres de servicio mecánico de automotriz, ya que no se necesita de instrumentos de alta tecnología para realizar esta biodegradación.

Por las justificaciones del caso, se formuló el **objetivo general** de la investigación: Determinar el efecto del biocarbón activado de pepa de *Persea americana*, estiércol de porcino y gallinaza para la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados. Los **objetivos específicos son**: determinar los parámetros físicos del suelo contaminado con

hidrocarburos totales de petróleo tras la aplicación del biocarbón activado de pepa de *Persea americana* y estiércol de porcino y gallinaza; determinar los parámetros químicos del suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo tras la aplicación del biocarbón activado de pepa de *Persea americana* y estiércol de porcino y gallinaza.

Se propuso la **hipótesis general**: El biocarbón activado de pepa de *Persea americana* y estiércol de porcino y gallinaza son eficientes en la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados. **Las hipótesis específicas**: La adición de del biocarbón activado de pepa de *Persea americana*, estiércol de porcino y gallinaza influyen sobre los parámetros físicos de los suelos contaminados con hidrocarburos totales de petróleo; la adición del biocarbón activado de pepa de *Persea americana*, estiércol de porcino y gallinaza influyen sobre los parámetros químicos de los suelos contaminados con hidrocarburos totales de petróleo.

II.- MARCO TEÓRICO

Suelo Contaminado por Hidrocarburos: Cuando los hidrocarburos se acumulan en el suelo y forman una capa el cual no permite retener el agua, inducen el fraccionamiento de sus compuestos, en consecuencia, se reduce e inhibe el porcentaje de la cobertura vegetal y así mismo existe una alteración de los microorganismos presentes en el medio edáfico (Díaz-Martínez et al., 2013, como se citó en Velásquez, 2017, p. 153).

Bustamante y Silva (2019) en su estudio investigaron el efecto de la materia Orgánica para remediar el suelo contaminado con hidrocarburos, consideraron 5 tratamientos en los cuales añadieron cachaza de caña de azúcar y cascarilla de arroz, los resultados mostraron que estos aceleran el proceso de biorremediación de tal suelo y la disminución de la toxicidad, en el periodo de dos meses para la cachaza de caña de azúcar y 3 meses para la cascarilla de arroz.

Zhang, Wu & Ren (2020) en su estudio de Biorremediación de suelos contaminados con petróleo utilizando residuos agrícolas mediante un consorcio microbiótico, El pH suelo fue de 2.5. Se decidió comparar dos cepas formadas de la combinación de salvado de trigo con aguas residuales porcinas con el fin de degradar la contaminación de los suelos, el porcentaje de degradación llegó a $68.37 \pm 0.71\%$ en un lapso de 40 días.

Chang (2020) evaluó los efectos de aplicar distintas dosis de *Pseudomonas* spp, en un suelo con contaminación por hidrocarburo. Se utilizaron muestras de suelo arcilloso arenoso con pH 6 y una humedad del 25 % de una empresa petrolera, con el contaminante y se le aplicaron dosis de 20 ml, 40 ml y 80 ml de *Pseudomonas* spp. Se monitorearon los resultados cada 7 días, comprobándose que al incorporar los microorganismos se mejoró eficacia en el proceso de degradación de los contaminantes, también se indica que en la medida en que existan niveles bajos de contaminantes o menor biodisponibilidad de estos, también disminuirán las colonias de *Pseudomona* spp.

Velásquez (2017) analiza de manera sintética las principales fuentes de contaminación de los suelos y aguas por la acción de los hidrocarburos en Colombia, además evalúa la fitorremediación como vía para recuperarlo a través de la

biotecnología. Concluyéndose que es una estrategia apropiada para la recuperación de ambientes que han sido contaminados con hidrocarburos a largo plazo, sin afectaciones ambientales.

Ogboje, Ukpebor & Ukpebor (2021), se realizó para investigar la eficacia del tratamiento a base de digestatos en la contaminación de los suelos por productos del petróleo; Se tomó una muestra de suelos contaminados en un 5 y 10% , y fueron tratados con digestatos de gallinaza en grados de 0, 10 y 20 % por 336 días, mediante el uso de una cromatografía de gases con detector de ionización de llama, se evidenció que en niveles del 10 y 20% se eliminó el 50 a 58% del DRO en los suelos contaminados; el grado de significancia fue de $P < 0.05$ entre los tratamientos y las muestras.

Uba et al. (2018) analizar el efecto de los nutrientes orgánicos e inorgánicos en los indicadores biológicos del suelo contaminado con Diesel. Hubo un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre las actividades de la deshidrogenasa, las actividades de la ureasa, el recuento total de bacterias heterótrofas (THBC) y el recuento total de hidrocarburos cultivables utilizando bacterias (TCHUBC), respectivamente, pero ningún efecto significativo ($P > 0.05$) sobre la respiración del suelo, el pH, la conductividad, nitrato, fosfato, carbono orgánico total, contenido de humedad, y la temperatura fueron: 7.40 ± 0.20 , $500 \pm 25.00 \mu\text{S} / \text{cm}$, $2.00 \pm 0.40 \text{ mg} / \text{kg}$, $1.80 \pm 0.20 \text{ mg} / \text{kg}$, $4.95 \pm 0.10\%$, y $20.10 \pm 3.00\%$ y $27.10 \pm 2.45 ^\circ \text{C}$ respectivamente.

Vizuite, Pascual (2020), en su estudio de Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos a base de bacteria utilizadas como bioproductos, se usaron 81 bacterias reparadas de los suelos contaminados, cuyos resultados crecieron de mejor manera en extractos de suelo de distintas concentraciones, demostrando que existe probabilidad alta de que se puedan mitigar los efectos de contaminación, entre 12 y 15 bacterias lo hicieron a 50°C y 12 por ello estos crecieron a una temperatura de 4°C , de igual manera los que se encontraban desde un 5.5 – 6.5 hasta 7.5. De todos ellos únicamente 4 bacterias no pudieron desarrollarse con éxito porque se encontraban en un pH de 4.5, 3.5 – 8.5 y 9.5, es preciso decir que los suelos que serán biorremediados no poseen un pH ácido y básico en niveles altos.

Tarazona y Soto (2020) analizaron comparativamente los distintos tratamientos empleando 10 reductores para la recuperación de los suelos contaminados por petróleo crudo. En los resultados se mostró que, de los 10 seleccionados, se determinó con mejores facultades para biorremediar a las Colonias bacterianas en el estiércol de gallinas blancas de la cepa leghorn, que remueven el 97.4 % de la contaminación. También la *Trichoderma* sp y *Pseudomonas* sp. remueven un 90.13 %, por su parte la sustancia hidroalcohólica extraída de la cáscara de naranja es un bioestimulador con un 90.9% de remoción y la volatilización natural que a pesar de su alto por ciento de remoción de contaminantes (99.36 %) impacta negativamente en materia medioambiental.

Adams, Niyomugabo y Sylvester (2017) en su estudio denominado Biorremediación de suelos contaminados con petróleo crudo utilizando desechos agrícolas, realizaron la experimentación en cinco muestras de suelos de 0.5 kg, el efecto del estiércol de pollo y la cascara de arroz. El tratamiento se realizó en 6 semana, se monitoreó el cambio semanal. Los resultados advirtieron que la cáscara de arroz eliminó más los hidrocarburos de petróleo en comparación con el estiércol de pollo. Además, la combinación de cascara de arroz y estiércol de pollo logró reducir en un 75.8% las concentraciones de cobalto.

Soretire et al. (2017) en su investigación sobre biorremediación de suelos contaminados con petróleo crudo utilizando estiércol animal fresco y descompuesto, el suelo utilizado para el ensayo fue arena arcillosa, de reacción ligeramente alcalina (pH 7.2) con un contenido de nitrógeno total ligeramente alto y un contenido de carbono orgánico relativamente bajo, en suelos contaminados donde la respiración microbiótica estaba basada en CO y PH, se redujo el tiempo de respiración de los suelos remediados durante 8 semanas; por lo que se evidenció que el mejor control de remediación de los suelos fue el tratado con estiércol fresco de ganado vacuno, alcanzando un 4% de degradación por hidrocarburos derivados del petróleo. Todo bioestimulante añadido al suelo, aumentó significativamente el pH inicial del suelo.

Okoro et al. (2021) remediación empleando plantas verdes y sus extractos para mejorar las condiciones de los suelos contaminados, los resultados mostraron que el extracto de planta A redujo significativamente los TPH y PAH a 5450 y 126,2 mg / kg, respectivamente, en contraste con los del extracto B cuyos valores de TPH y PAH

fueron de 10.432 y 362.3 mg / kg, respectivamente. Ambos extractos de plantas redujeron de manera significativa los compuestos de hidrocarburos de petróleo totales en comparación con los HAP y HAP de referencia estándar (4.500 mg / kg y 50 mg / kg respectivamente). Se concluyó que hay bacterias para mejorar la fitorremediación del sitio contaminado con petróleo crudo.

Ayala (2019) en su estudio evaluó los efectos de los estiércoles de cuy, cerdo, vacuno y fertilizante químico para la biorremediación el suelo contaminado con aceite residual, considerando 6 muestras empleándolos de modo individual y por parejas, los resultados mostraron que estos poseen un alto poder de biodegradación y por otro lado también hubo cambios positivos en los parámetros del suelo.

Robles (2019) llevó a cabo un estudio consistente en una revisión teórica acerca de la eficacia de la cachaza y guano de ovino en la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos en el Perú. Los hallazgos pusieron en evidencia que el compost de cachaza constituye un valor aproximado de 59.8% de materia orgánica, lo cual favorece las etapas de mineralización y propicia el desarrollo de la vegetación en un sistema ecológico nivelado. En cuanto al guano se logró determinar que posee riqueza en C, N y P lo cual permite restituir el desempeño microbiano en el suelo por medio de la bioestimulación, de esta forma, la presencia de bacterias nitrificantes fortalece la microflora del suelo.

Dhanya y Kalia (2020) realiza un estudio de biorremediación teniendo en cuenta la conservación del medio ambiente y considerando la alta contaminación que producen los hidrocarburos aromáticos policíclicos, surgidos en la industria del petróleo, puesto que al persistirse en el ecosistema tienden a incrementar la carcinogenicidad y demás efectos en la salud de las personas, Así mismo se da a conocer que estos se degradan mediante procesos de adsorción, volatilización, bioaumentación, bioestimulación, fitorremediación y el compostaje. Así mismo, señalan que la degradación está asociada a la existencia de un conjunto de condiciones como son la temperatura, el pH, la presencia de aire, el nivel de humedad, la ausencia de elementos tóxicos y también la cantidad de microbios que puedan generar la degradación.

Biodegradación: Separación química de compuestos mediante microorganismos y otros medios biológicos (Santacoloma-Londoño, et al, 2019, p. 533).

Trögl et al. (2018) basada en una serie de experimentos de biodegradación en macetas en el suelo de una laguna de petróleo de una refinería fuertemente contaminada con hidrocarburos alifáticos, el uso de *Gordonia rubripertincta* CWB2 y *Rhodococcus erythropolis* S43 resultó en una disminución significativa de hidrocarburos incluso después de 45 días. Cuenta con un carbono orgánico total de 14.3 ± 0.4 /kg dwt. Y con un pH 7.76 ± 0.10 en el suelo. Se concluyó en base a los resultados, la efectividad de estas cepas actinobacterianas.

Aghalibe et al. (2020) en su estudio sobre Degradación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) en un suelo impactado con petróleo crudo remediado con estiércol de vaca, excrementos de aves de corral y NPK, en el cual durante 8 semanas se mantuvo en condiciones necesarias para biodegradar, es así como en los resultados revelaron que los estiércoles de vaca y de aves de corral tienen alta efectividad en la remediación de los suelo contaminados por hidrocarburos y son una alternativa viable, así también que hay relación positiva entre el tiempo de degradación y la presencia de los agentes puesto en el proceso de simulación de suelos contaminados.

Hidrocarburo Total de Petróleo: Con abreviados en inglés TPH, describen a diversos compuestos químicos aquellos que proceden del petróleo crudo. Los TPH poseen una composición esencialmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos (Arguijo-Portillo, et al., 2019, p. 470).

Contreras y Carreño (2018) en su estudio determinaron el grado de eficiencia de biodegradación de hidrocarburos totales a través del cultivo de hongos filamentosos hidrocarbonoclastas, se establecieron en muestras de suelo contaminado y con alto nivel de toxicidad en la germinación de rabanito por un periodo de 60 días aproximadamente, en los resultados se pudo demostrar que el suelo contaminado mostró un mayor índice de germinación y en el caso de la toxicidad este alcanzó un nivel bajo, después de 3 meses la eficiencia llegó al 73% en la biorremediación de los hidrocarburos totales.

Tomayo (2016). La presente investigación se realizó con el fin de crear una técnica para tratar y degradar hidrocarburos totales de petróleo (TPH) presentes en suelos los cuales proceden de la Refinería Talara - Petróleos del Perú PETROPERÚ S.A. por medio del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, como la cáscara de limón(Citrus limón) el cual se usó como materia prima para la fabricación de compost, en los resultados se evidenció que del TPH se redujo un 45.26 %.

Goya (2020) metodologías primordiales de biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos totales de petróleo, el proceso investigativo condujo a determinar que la fitorremediación surge como una metodología basada en el uso de plantas autóctonas en remediación de lugares impactados por derrames de hidrocarburos que llegan a mostrar un potencial biorremediador, la biodegradación fúngica, dada la capacidad fotosintética, las microalgas y cianobacterias que pueden conseguir los compuestos orgánicos de la biodegradación de hidrocarburos.

Biocarbón activado: Este material se considera una herramienta de gran conveniencia en el manejo de los suelos en vista de que sus propiedades físico-químicas son únicas. Su estructura molecular negativamente cargada le permite persistir en el medio ambiente por lapsos de tiempo mucho más duraderos que cualquier otra forma de carbono orgánico (Stadler-Kaulich y Hernando, 2018, p. 574).

Aziz et al. (2020) realizaron un estudio para verificar la contaminación por hidrocarburos evaluado con biocarbón surgido de los residuos de frutas, verduras y lodos de depuradora, por lo cual aplicaron la biorremediación y en el proceso de aplicación se observaron cambios sobre todo producto de los procesos biológicos, la eficiencia fue mayor al 70%, en el caso del estiércol de vaca marcó la eficiencia de biodegradación en un 82%, por ello se concluyó indicando que el biocarbón tiene un alto potencial para mejorar el suelo mediante la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos.

Díaz, et al (2021) En el trabajo de investigación se investigó la problemática de contaminación del suelo por hidrocarburos en el distrito de Huachipa. El método consistió en el uso de biochar en un 5%, 10% y 20% sobre muestras de suelo por un

periodo de 20 y 45 días, en los resultados se evidenciaron la mejora de los parámetros del suelo tras la adición del biochar.

Se (2018) en su estudio se evaluó los efectos que tienen los fertilizantes orgánicos e inorgánicos NPK y el carbón activado en la biorremediación de suelos contaminados WECO, se consideró el estiércol de ganado de cerdo y mezclas de excrementos de aves como parte de los fertilizantes orgánicos. utilizan la metodología del Box Behken Design de Response Surface Methodology considerando 3 niveles, a los fertilizantes y el carbón como factores, el proceso se abarcó cuatro semanas, los resultados revelaron que tanto los nutrientes orgánicos e inorgánicos, así como el carbón activado cambiaron la densidad y la actividad microbiana del suelo disminuyendo la concentración de hidrocarburos.

Zhu et al. (2017) realizaron una investigación basada en la revisión que vincula las respuestas microbianas, con los cambios en las propiedades del suelo, causadas por biocarbón, la mayoría de los factores influyentes apuntan a los tipos de materia prima y la temperatura de pirólisis. Se concluyó que las propiedades descritas tienen un importante papel en la actividad microbiana y el proceso del suelo, así mismo y según los fines específicos, se deben considerar diferentes tipos de biocarbón.

Pepa de *Persea americana*: (Lauraceae), árbol continuamente cultivado en gran parte de los países tropicales y subtropicales, en el cual se incluye Perú. Su fruto es la palta el cual se consume y la semilla por lo regular es descartada, no obstante, es un recurso aprovechable, por ejemplo, para tratar diversas enfermedades (Mostajo–Zavaleta y Frutuosa De La Torre–Mayorga, 2018, p. 37).

Arango, Cortés y Lozano (2018) en su estudio evaluaron el potencial que presenta la semilla rallada de la *Pamericana* (aguacate) para controlar los derrames de hidrocarburos en el suelo, en los resultados se evidenció que su capacidad de biosorción es alta aproximadamente de 11g a 14g de hidrocarburo por cada material, este equivale a un 56%.

Mora-Sandí, et al. (2021) revisión detallada de la biorrefinería de residuos de aguacate y sus posibles aplicaciones para el crecimiento económico y científico. Se concluyó que la valorización de los residuos de aguacate, así como cualquier otro

subproducto natural, tiene potencial para el reemplazo a mediano plazo de los combustibles fósiles de carbono en una economía de base biológica.

Estiércoles: Es un fertilizante esencial para aumentar la productividad del suelo, rico en materia orgánica ya que está compuesto por diversos excrementos de animales y se usa generalmente en la agricultura (Cascon, 1948, p. 3).

Malaver y Muñoz (2018) en su estudio buscaron evaluar la potencialidad del estiércol de bovino sobre un suelo contaminado con petróleo crudo, realizaron un conjunto de tratamientos por el período de 5 semanas analizando estos 2 veces por semana por la técnica de reflujo Soxhlet, en los resultados se evidenció que el estiércol de bovino es eficiente ya que hubo una disminución de los hidrocarburos y mejora en los parámetros.

Aghalibe, Igwe y Al Obike (2017) realizaron su estudio sobre los efectos de desechos orgánicos de proceden animal y los fertilizantes NPK, se trabajaron con varias muestras de suelo, después de una semana se añadió el estiércol de vaca y de aves de corral, más el fertilizante NPK a las muestras de suelo de 2000 kg, así mismo se estudió su degradación, por 8 semanas. Los resultados revelaron que existe relación positiva entre la degradación de los hidrocarburos de petróleo y los desechos orgánicos de origen animal y el fertilizante mencionado, la reducción reflejó el 70% de eliminación de PHC dentro del periodo de degradación.

Ani et al. (2021) en su estudio sobre las caracterizaciones, la optimización y la efectividad que puede tener compost desarrollado en estiércol de cabra para la biorremediación del petróleo crudo presente en los suelos, el cual determinó el potencial que tiene dicho estiércol, al caracterizarlo al petróleo crudo se pudo encontrar que había alta saturación de las trazas de hidrocarburos aromáticos, resinas y asfaltenos. En los resultados, después de aplicar las pruebas estadísticas ANOVA, análisis post hoc de Tukey se evidenció la evolución del CO₂ en un nivel significativo ($p < 0,05$) en 30 días de incubado, mientras que en otro muestreo se notaron los cambios en periodos de 10, 20, 40 y 50 días respectivamente.

Muthukumar et al. (2021) Se hizo un estudio con el propósito de informar en relación a las variadas técnicas de biorremediación utilizadas, como biodegradación bacteriana (BA), combinación de estiércol de vaca y cáscara de arroz (CR) y cabra

combinación de estiércol y cáscara de arroz (RG) para comparar el potencial de remediación en un lapso de 30 días. Observó una disminución en el contenido de aceite de 95 y 92% para (CR) y (GR). Esta disminución se debe principalmente a la presencia de pseudomonas y bacilos, donde estos microorganismos tienden a digerir el aceite como una posible fuente de nutrientes y un aumento en la concentración de N, PO₄, K, carbono orgánico y materia orgánica.

Estiércol de gallina: Excremento de las gallinas o de los pollos. Este excremento se considera como un notable abono, estimando su efecto superior en unas cuatro veces al estiércol normal de la cuadra (Sánchez, 2003, como se citó en Ortiz, 2020, p. 18).

Albitez y Arata (2019) Aprovechar los residuales sólidos orgánicos, al mezclarse con estiércol de las gallinas para la obtención de un compost que potencialmente positivo en la cosecha de hortalizas. La concentración de nitrógeno

(N) del tratamiento T2 fue de 75 % en la gallinaza con un 25 % de residuos sólidos orgánicos, en esta se identificó una concentración de 1.092%, 75 % de residuos orgánicos; todo ellos poseían un alto valor en materia orgánica y no presentaron problemas de salinidad, sin embargo, con respecto al potencial de hidrógeno se mostró moderadamente alcalino, en conclusión, el T2 con 75 % de gallinaza y 25 % de RSO presenta las óptimas condiciones .

Dawud y Umer (2019) biorremediación de suelos contaminados en zonas industriales de lavado se realizó un tratamiento de biocompostaje con estiércol de oveja y pollo, teniéndose en cuenta algunas propiedades físicas químicas y biológicas, además de la presencia de pilas para validar estadísticamente la conductividad eléctrica la cual cambio con el tiempo y a su vez los tratamientos realizados con los estiércoles. Así mismo el aumento de la materia orgánica como la biorremediación de los hidrocarburos se dieron después de 30 a 90 días, los resultados iniciales al mes de tratamiento reflejaron que la biodegradación con estiércol de oveja fue en 32.88% y con el de pollo en 27.88%.

Usase (2018), La eficiencia de la cama de aves de corral como fuente de nutrientes para la biorremediación de suelo contaminado por hidrocarburos del petróleo durante 6 semanas, los resultados de la eficiencia de eliminación fue de un

60,9% en relación al valor de inicio; Se observaron variaciones significativas ($p < 0.05$) en los niveles de pH en todos los tratamientos. El (COT) de los suelos contaminados con aceite (10.10 –29.80%) fue relativamente más alto que el de los suelos libres de aceite (12.31 –15.35%). De manera similar, el contenido de humedad en el rango de 11.30 a 15.09% fue más alto que el del suelo no contaminado (9.59 a 11.40%).

Okpashi et al. (2020) Determinaron la capacidad de los excrementos de pollo fermentados para biodegradar los compuestos de hidrocarburos de petróleo totales residuales en suelo contaminado. De los resultados se dedujo que a pesar de otros factores ambientales que influyen en la degradación de los TPH, los excrementos de pollo fermentados mostraron una gran capacidad en la degradación.

Estiércol de porcino: De consistencia líquida, es la mezcla de heces, orina, agua de la limpieza de los corrales, posee valor agronómico, puesto que es posible usarlo como abono orgánico, para optimizar la calidad de los cultivos sin generar efectos negativos al medio ambiente. (Sánchez, 2003, como se citó en Ortiz, 2020, p. 18).

Onourah, Soludo y Odibo (2018) en su estudio se orientaron a conocer el impacto del estiércol de cerdo en las características químicas y la población microbiana de suelo contaminado con petróleo crudo por 30 días, así mismo el proceso de remoción al 10%, 20, 30% y 40%, logró disminuir después de la cuarta semana, se concluye que el estiércol de cerdo favoreció en el crecimiento de la población microbiana a fin de liberar al suelo de la toxicidad.

Song et al. (2020) realizan una investigación sobre los efectos de la aplicación del estiércol de cerdo como materia orgánica en los hidrocarburos y bio carburantes que contaminan el suelo. Al someterlo a tratamiento aumentó el oxígeno y nitrógeno en las materias orgánicas disueltas y en los alcalinos los compuestos alifáticos. Se concluye que el estiércol de cerdo es efectivo.

Onoriode (2020), en su estudio sobre la biorremediación de suelos contaminados con petróleo crudo, utilizando estiércol orgánico de vaca, cerdo y aves de corral, siendo colocados en distintos tipos de suelos, en donde las concentraciones de hidrocarburos disminuyeron gradualmente con el aumento del estiércol, y se disminuyó significativamente los tiempos de contaminación. Esta

sugiere que el rango de pH del suelo y el estiércol observado de 5.86 y 7.49 podría ser responsable de la degradación de TPH en este estudio. Carbón orgánico y materia orgánica de suelo y estiércol sin enmendar rango de 9.22 a 11.71% y 3.32 a 12.43% respectivamente.

Ojo-Omoniyi; Dike-Ekeh & Owoeye (2020) aplicación de excrementos de cerdo y cabra en la biorremediación de suelos contaminados con petróleo crudo. Los resultados evidenciaron que el estiércol de cerdo fue una mejor enmienda orgánica que el estiércol de cabra en el suelo de la serie LS, pero a largo plazo no es mejor que el estiércol de cabra en los suelos RS y POS. En las muestras de RS; la humedad aumentó en RSgt que en el otro dos; la materia orgánica total disminuyó, pero más en RSC, menos en RSpG, esto mostró que los abonos añadían materia orgánica al suelo; sodio aumentó, pero más en RSC, menos en RSgt. En las muestras de LS, no hubo cambio de pH entre los tres. En conclusión, el estiércol orgánico es un excelente bioestimulante.

Tochukwu et al. (2019) evaluar la eficacia de los excrementos de cerdo para mejorar la biorremediación de suelos contaminados con gasóleo un período de 42 días. Finalmente se evidenció que la pérdida de aceite y el crecimiento microbiano fueron mayores, se concluye que los excrementos empleados pueden ofrecer una buena alternativa en biorremediación y el contenido de nitrógeno orgánico del suelo era de 0.042 . Otros parámetros del suelo en porcentaje son: carbono orgánico 2.49, humedad 10.38 y el PH es 4.9. Los excrementos de cerdo tienen un pH de 10.0 y nitrógeno de 0.238.

Flores y Benites (2015) evaluaron la efectividad del empleo de estiércol de cuy, porcino y vacuno, en la biorremediación de un suelo con contaminación de hidrocarburo diésel. En las mezclas se usaron, el estiércol, fertilizantes esencialmente de úrea, Nitrógeno y fosfato diamónico, con respecto a la población bacteriana se adicionó un 5%. Después de 90 días el análisis donde la población total de microorganismos presentes en el estiércol de porcino y vacuno fue de 4.6×10^6 NMP g⁻¹ y en el estiércol de cuy fue de 1.1×10^7 NMPg⁻¹. A su vez, la población de hidrocarbonoclastas del estiércol de vacuno fue de 3.6×10^4 NMPg, en el estiércol de porcino fue de 3.9×10^4 NMPg⁻¹ y por último en el estiércol de cuy

fue de 9.5×10^4 NMP g- con un nivel bajo de toxicidad, el cual beneficia y contribuye a la biorremediación del suelo contaminado.

Enyiukwu, Bassey & Nwaogu (2021) en su estudio sobre el cerdo y sus hongos asociados: candidatos potenciales para la Biorremediación y la mejora de los nutrientes del suelo contaminado por el petróleo crudo, la textura del suelo y la composición de nutrientes mostraron que el suelo es arenoso margá. El resultado de la textura del suelo es arenoso margá. Indicó que en la siembra de (soja) (Semana 1), el suelo era bajo en Na, K, Contenido de Mg. Sin embargo, análisis de estos parámetros después de la recolección de la prueba cosecha (en la semana 13) indicó que estos nutrientes fueron significativamente menores.

Taller automotriz: Es un establecimiento donde se llevan a cabo reparaciones con el fin de restaurar al estado operativo de un vehículo. Dichas reparaciones son realizadas por técnicos especialistas en mecánica (Carhuay et al., 2018, p. 41).

Humedad del Suelo: Capacidad referente al agua presente en el suelo. La humedad se denota de distintos modos tales como, con relación al peso del suelo (gravimétrica), relación de volumen (volumétrica) o con relación al volumen de poros que poseen de agua (grado de saturación) (Pino et al., 2019, p. 56).

Granulometría del Suelo: Distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, y estos son expresados en porcentajes en relación al peso total de la muestra seca (Meriño, Boicet y Boudet, 2018, p. 65).

Porosidad del Suelo: El desplazamiento de agua y aire se desarrolla gracias a la porosidad del suelo, esta es condicionada por las dimensiones, cantidad y distribución de poros. Así mismo también indica de la capacidad que tiene un suelo para almacenar agua (Domínguez et al., 2018, p. 35).

Textura del Suelo: Es una propiedad que repercute en la rapidez de infiltración del agua en el mismo (permeabilidad) (González, Rodríguez y Fábrega, 2021, p. 261).

Carbono Orgánico Total: Cantidad de carbono asociado a un compuesto orgánico, este se aplica generalmente como un indicador no específico el cual permite identificar la calidad del agua y de igual modo el grado de limpieza en la se

encuentran los equipos de elaboración de fármacos. Se determina por la cantidad de CO₂ que se produce al momento de oxidar la materia orgánica en condiciones especiales (Valenzuela y Visconti, 2018, p. 235).

Materia Orgánica: La materia orgánica (MO) en el suelo, se conforma enteramente por los restos de plantas, animales y microorganismos, estos están compuestos por carbono (C), hidrógeno (H), nitrógeno (N), oxígeno (O) y azufre (S), los cuales repercuten en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del medio edáfico (Barrezueta-Unda y Paz-González, 2017, p. 56).

Nitrógeno: Gas inerte, inodoro e incoloro; pero, es el esencial nutriente que fomenta el desarrollo de las plantas y es un agregado importante en la elaboración de fertilizantes (Hernández, et al. 2020, p. 155).

Fósforo: Es un elemento no metal multivalente que pertenece al grupo del nitrógeno, se encuentra en la naturaleza combinado en fosfatos inorgánicos y en seres vivos, pero jamás en estado básico (Hernández, et al. 2020, p. 155).

Capacidad de intercambio catiónico: La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es aquella propiedad y parámetro que indica indirectamente la facultad amortiguadora que los suelos poseen. Los métodos usados para determinar la CIC se basa en la saturación del suelo con un catión índice (Pérez, et al., 2017, p. 171).

Potencial de Hidrógeno: Es aquel parámetro que revela la cantidad de iones de hidrógeno [H]⁺ que se encuentran presentes en una solución. Esta unidad de medida indica el grado de acidez de una solución (Trillos, Vilorio y Herrera, 2018, p. 34). Magnitud de grado físico indicador de la energía endógena de un cuerpo, de un objeto o del ambiente en general (Trillos, Vilorio y Herrera, 2018, p. 34).

Conductividad eléctrica: Capacidad inherente a una sustancia o material que viabiliza el paso de flujo eléctrico por medio de sí mismo, en otras palabras, la capacidad que tiene para trasladar electrones (Garzón, García y Sánchez, 2019, p. 102).

Potencial Redox: Moléculas reactivas producto de las reacciones bioquímicas (oxido/reducción) (Perez, et al., 2017, p. 4).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo, diseño y nivel de investigación

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, debido a que se recolectaron datos para demostrar la hipótesis. Esta recolección de datos se fundamenta en la medición de las variables descritas en la hipótesis (Hernández, y otros, 2014 pág. 4). Investigación de tipo aplicada (Sánchez, y otros, 2009), ya que se pretendió utilizar los conocimientos generados; de tal modo que cooperó con la solución de los problemas asociados a la contaminación de los suelos.

Un diseño experimental puro, porque se planteó analizar si la variable independiente afecta a las variables dependientes y por qué (Kirk, 2012 y Montgomery, 2012). El experimento de la investigación fue causa – efecto, porque la causa es el hidrocarburo que contamina al suelo y el efecto es la acción del biocarbón activado de pepa de *Persea americana*, estiércol de porcino y gallinaza para biorremediar el suelo contaminado por hidrocarburo total.

El nivel fue explicativo, porque se pretende encontrar las causas por las cuales se da la contaminación, además se está explicando las causas y efectos que esta produce (Sampieri, 2010).

3.2. Variables y operacionalización

La investigación trabajó con variables dependiente e independiente Como variable independiente se tuvo el biocarbón activado de pepa de *Persea americana*, estiércol de porcino y gallinaza y la variable dependiente la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados.

Operacionalización: Explica la categorización o dimensiones, los indicadores, la que encuentra en el Anexo N.º 1.

3.3. Población, muestra, muestreo

Población: Se define como la suma de elementos, individuos y entidades con características similares, que se utilizarán como unidades muestrales (Hernández, y otros, 2014). Para la presente investigación, la población fue conformado por un suelo, cuya área es de 483.491 m² del cual se obtuvo 60kg de suelo contaminado por hidrocarburos totales de petróleo.

Muestra: La presente investigación está basada en el método no probabilístico, (Hernández, y otros, 2014). La muestra es la parte de la población seleccionada

para obtener información, que fue de 47.6 kg de suelo contaminado con hidrocarburos, que fue distribuida en 28 macetas de 1.700 kg cada una.

Muestreo: El estudio fue un muestreo aleatorio simple (Hernández Sampieri et al., 2006). Se hará 30 puntos de muestreo y de cada punto se extraerá 2kg de suelo el cual fue obtenido un total de 60kg que fue homogenizado mediante el método de cuarteo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica fundamental fue la observación, para poder planificar en desarrollo y también en cada paso de toda la investigación para así poder tener un criterio y decisión que se debió tomar en todo el proceso.

Hernández et. al. (2014), la observación es una técnica que implica la mirada cuidadosa, para obtener información y registrarla para su posterior análisis. Así mismo, es un elemento principal de cualquier proceso de investigación, por lo cual los investigadores confían en ella para obtener la máxima cantidad de datos. La mayor parte de las reservas de conocimiento que componen la ciencia se obtienen a través de esta técnica.

Se tomó en cuenta los indicadores de la matriz de operacionalización. Para elaborar los instrumentos de recolección de datos fueron:

- Formato de cadena de custodia la que encuentra en la Anexo N.º 3.
- Formato de ubicación y recolección de muestra la que encuentra en la Anexo N.º 4.
- Formato de parámetros físicas y químicas del suelo tras la aplicación del biocarbón activado de pepa de *Persea americana*, estiércol de porcino y gallinaza en biodegradación del suelo contaminado con TPH. Anexo N.º 5.
- Formato de Características fisicoquímicas del suelo tras la aplicación del biocarbón activado de pepa de *Persea americana*, estiércol de porcino y gallinaza en biodegradación del suelo contaminado con TPH que encuentra en la Anexo N.º 6.
- Formato de Características microbiológicas del estiércol de porcino y gallinaza la que encuentra en la Tabla N.º 7.

La Validez de los instrumentos

La validación de un instrumento da a conocer de qué modo el instrumento de recolección de datos se acomoda a las necesidades de la investigación (Hurtado, 2012).

Los formatos de recolección de datos fueron firmados por los expertos para dar validez del desarrollo de la investigación:

Tabla 1: Validez de los expertos

Experto	CIP/DNI	Validez %	Promedio de Validez
Dr. MENDOZA APOLAYA, Luis Fernando.	213529/08057564	95%	
Dr. ORDÓÑEZ GÁLVEZ, Juan Julio	89972/08447308	90%	90%
Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales	71998	90%	

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Procedimiento

El desarrollo de la investigación estuvo realizado por fases donde se describen todos los parámetros que se realizaron experimentalmente para así poder dar respuestas a las hipótesis planteadas en la investigación, cumpliendo los objetivos planteados siendo estos los siguientes:

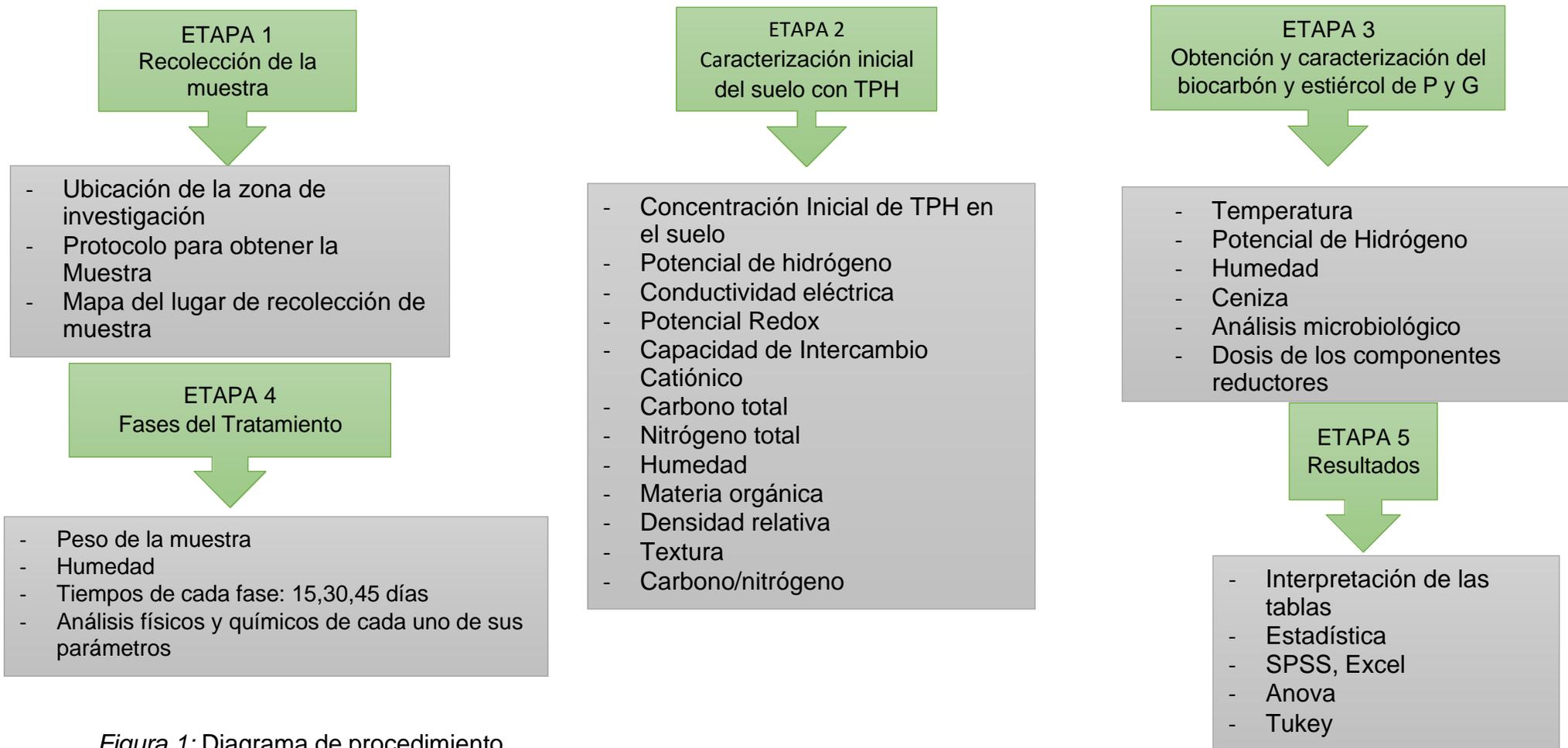


Figura 1: Diagrama de procedimiento

ETAPA 1: Recolección de la muestra

Las muestras se obtuvieron en un suelo comercial del área de un taller mecánico de 483.491 m² en el distrito de Jesús Nazareno - provincia Huamanga - departamento Ayacucho. Para este muestreo se empleó la técnica de muestreo de identificación, siguiendo la guía para el muestreo de suelos: MINAM, 2014, la profundidad del suelo para el muestreo fue de 0 a 10 cm ya que pertenece a un suelo comercial. (**Figura 2**)



Figura 2: Ubicación de la zona de investigación

- Protocolo para obtener la muestra

En el marco del Decreto supremo N°012-2017-MINAM, (gestión de sitios contaminados), además tomando en cuenta la guía ERSA (Evaluación de riesgos para la salud y el ambiente), ya que estos son importantes para conocer la contaminación y el impacto que produce a la sociedad y al medio ambiente.

En el marco del Decreto Supremo N°002-2013-MINAM (Guía para muestreo de suelos).

- Plan de muestreo
- Técnicas de muestreo
Tipo de muestreo: Muestreo de identificación (MI)
- Manejo de las muestras

- Medidas de seguridad ocupacional durante el muestreo
- Determinación de puntos de muestreo

Según el marco de la norma del Decreto Supremo N°002-2013-MINAM donde se utiliza una muestra de cuadrícula de 30 puntos y un hoyo de diámetro de 10cm y diámetro de 10cm*10cm de altura en el cual se obtuvo los 60 kilogramos que fue homogenizado en capas mediante el método de cuarteo. **(Figura 3)**



Figura 3: Mapa del lugar de recolección de muestra

Herramientas:

- GPS
- Pico
- Brocha
- Cinta métrica
- Bolsas herméticas
- Rafia
- Clavos
- Martillo
- Pizarra
- Marcador
- Cuchillo
- Cuadernillo para identificar las muestras

Equipos de protección personal

- Guantes
- Cascos de seguridad 3M
- Respirador 3M
- Chalecos

En la **(Figura 4)** se muestra los equipos de protección personal y herramientas que se utilizó para el muestreo de suelo.



Figura 4: Herramientas y equipos utilizados

ETAPA 2: Caracterización inicial del suelo con TPH

Concentración inicial de TPH totales en el suelo (Método Soxhlet)

El método de extracción Soxhlet es aplicable para hidrocarburos totales, utilizando un solvente orgánico. Es un método físico que inicialmente se debe lavar bien el balón donde se realizará la extracción para que no tenga ningún tipo de presencia de grasa, para secarlo a 105°C por dos horas. Luego dejar enfriar y pesar el balón vacío. La muestra debe estar seca con la finalidad que no exista compuestos volátiles, ya que se realizó hidrocarburo total. Esta es pesada en una balanza analítica y se agrega la muestra en un cartucho celulósico. También se agrega solvente orgánico y se procede a la extracción a una temperatura de 65°C por 4 horas para luego realizar la destilación y separar el hidrocarburo del solvente. El remanente es retirado de la estufa que estuvo a una temperatura de 105°C por 2 horas para posteriormente enfriar, luego volver a pesar y realizar los cálculos matemáticos.

Fórmula:

$$\text{TPH}_{\text{ss}} \text{ (mg/kg)} = \frac{(\text{R}_B - \text{R}_A) * \text{FC}}{(\text{P} * \text{FH})}$$

Dónde: TPH_{ss} : Hidrocarburos totales de suelo seco (mg/kg)

R_B : Peso del balón + TPH (g)

R_A : Peso del balón vacío secado a 105°C por 4 horas (g)

FC: Factor de corrección (1000)

P: Peso del Suelo Seco a 105°C por 2 horas

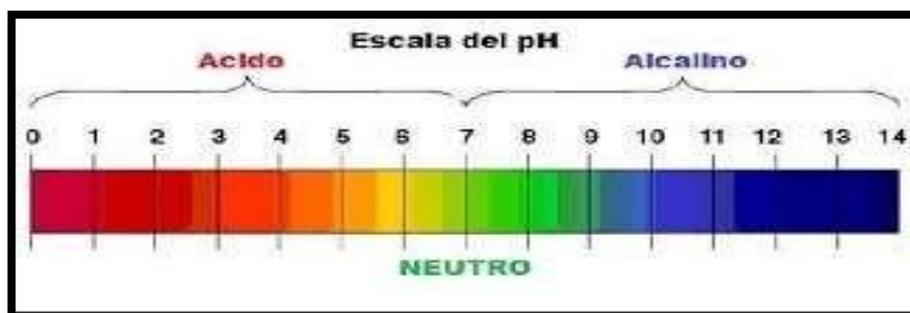
FH: Factor de corrección de humedad

Potencial de hidrógeno (pH) (Método Potenciométrico)

Evaluar este parámetro químico. Se realizó haciendo un extracto de suelo con una relación de 1:2, agitando la muestra por 30 minutos en un equipo rotacional a 30 rpm por 30 minutos; luego se puso a decantar por 24 horas. Para realizar las lecturas del equipo este fue calibrado con estándares buffer HANNA.

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log[\text{H}^+] \text{ or } [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} \\ \text{pOH} &= -\log[\text{OH}^-] \text{ or } [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} \end{aligned}$$



Conductividad Eléctrica (CE) ($\mu\text{S/cm}$) (Método Potenciométrico)

En las mediciones realizadas en el suelo contaminado por hidrocarburo total, la variación de la conductividad eléctrica no es significativa. Para realizar esta evaluación, el primer paso fue calibrar el electrodo con buffer de 1340 $\mu\text{S/cm}$, el cual permitió conseguir los resultados. (Figura 5)



Figura 5: Conductividad eléctrica

Potencial Redox (Eh) (mv) (Método Potenciométrico)

Los problemas de contaminación del suelo con hidrocarburos permiten ver el comportamiento del oxígeno en el suelo, para así determinar la oxidación/reducción que el contaminante origina en el suelo. Están relacionados íntimamente con el pH.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100 g) (Método del acetato de amonio a pH 7 – 1N)

Este parámetro se ve afectado por el tipo de hidrocarburo que contamina al suelo, puesto que este va terminando con la vida de la macro fauna y microfauna, generándose microorganismos aeróbicos y anaeróbicos, aquellos que empezarán a degradar al contaminante. En la investigación se hace uso de estiércol de cerdo y gallinaza, utilizando como controlador y equilibrio al biocarbón activado de pepa de palta. **(Figura 6)**



Figura 6: Capacidad de intercambio catiónico

Fórmula:

$$\text{CIC (meq/100g)} = \frac{(\text{Vol. gast. Muestra} - \text{Vol. gast. Blanco}) * N * (100+W)}{W_{\text{suelo seco al aire (g)}}$$

N: Normalidad del NaOH

W: Peso del suelo seco al aire (g)

W: Humedad gravimétrica del suelo

Carbono orgánico total (COT) (Método de Walkley - Black)

El carbono orgánico total en el suelo contaminado se incrementa por las cadenas de carbonos existentes en el contaminante los cuales afectan al suelo. Esta se evaluó pre y postratamiento, utilizando oxidantes y reductores fuertes para acabar con la materia orgánica en el momento que se lleva la digestión. Se hizo uso de ácido sulfúrico y el dicromato de potasio, reduciéndolo con sulfato ferroso.

Fórmula

$$\text{Carbono Orgánico Total (COT)} = \frac{(B - M) * N * 0.003 * 1.3 * 100}{W_{ss}}$$

Dónde:

B: Volumen gastado en el blanco (ml)

0.003: Factor de oxidación del carbono

M: Volumen gastado en la muestra

N: Normalidad del sulfato ferroso

W_{ss}: Peso de la muestra secado al aire

Nitrógeno total (N) (método Kjeldahl)

El parámetro fue evaluado con la finalidad de ver el comportamiento de la relación de C/N en el suelo contaminado y como se vería mejorado en el tratamiento de acuerdo a los días. Este proceso tuvo dos fases fundamentales que son la digestión y la destilación, haciendo que el nitrógeno se convierta en amonio posteriormente en nitritos y, por último, en nitratos ya que es así como el suelo lo pone en condiciones de absorción para las plantas la que regula su crecimiento.

Fórmula

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{Vol. Gastado HCl} - \text{Vol. Gastado en BCO}) * N \text{ HCl} * 1.4 * 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

Humedad gravimétrica (HG) (ASTM D-2216-2010)

En la investigación fue importante la humedad gravimétrica del suelo, porque con ello se logra preservar la generación de microorganismos como las *pseudomonas* que biodegradaron el hidrocarburo total, transformándolos en componentes orgánicos para equilibrar los componentes que forman un suelo. Consistió en tomar una muestra y ponerla en la estufa a 105°C por 2 horas para luego enfriarla y volver a pesar donde se aplicó la siguiente ecuación matemática para su cálculo.

Fórmula

$$\% \text{ HG} = \frac{W_{T+SH} - W_{T+SS}}{W_{T+SS} - W_T} * 100$$

Dónde:

HG: Humedad gravimétrica (%)

W_{T+SH} : Peso de tara + suelo húmedo (g)

W_{T+SS} : Peso de tara + suelo seco a 105°C por 2 horas (g)

Materia orgánica (Método Walkley y Black)

La materia orgánica es afectada por la contaminación de hidrocarburos, ya que minimiza la generación de nitrógeno desestabilizando el pH del suelo y, en consecuencia, esto hace que la materia orgánica se pierda. Por este motivo, uno de los aportes importantes es trabajar con estiércol de porcino y gallinaza los que recuperan este desequilibrio, llevándolo al suelo a recuperar sus funciones fundamentales.

Fórmula

$$\% \text{ MO} = \frac{0.6708(B - M) * N}{\text{Peso de muestra en gramos secado al aire}}$$

B: Volumen gastado en el blanco (ml)

N: Normalidad del sulfato ferroso

M: Volumen gastado en la muestra

Densidad aparente (Da) (Método del Cilindro Biselado)

La densidad aparente se realizó con un cilindro de medidas conocidas donde se agregó suelo para luego pesarlo en una tara y llevarlo a una estufa a 105°C por dos horas para luego enfriarlo, pesar la muestra seca y aplicar la ecuación matemática.

$$V_c = \pi * r^2 * h$$

V_c: Volumen del cilindro (cm³)

h: Altura del Cilindro (cm)

r: Radio del cilindro (cm)

$$Da \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{W_{SS}}{V_c}$$

W_{ss}: Peso del suelo seco a 105°C (g)

V_c: Volumen del cilindro biselado (cm³)

Textura (Método de Bouyoucos y Triangulo de la USDA)

Para realizar este análisis se tomó 50 gramos de muestra seca a 105°C. Se utilizó un reactivo dispersante (hexametáfosfato de Sodio) el cual fue agregado al suelo que previamente se puso en remojo por 24 horas para luego batirlo por 2 minutos, verter a una probeta de 1000 ml y agitar con un émbolo. En seguida se tomó el primer tiempo de 40 segundos que es el tiempo que la arena precipita siendo todo evaluado por la ley de Stoke.

Fórmula

$$\% \text{ Arena} = 100 - \frac{\text{Lectura corregida a los 40 segundos}}{\text{Peso de la Muestra (g) seca a 105}^\circ\text{C}} * 100$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{\text{Lectura corregida a las 2 horas} * 100}{\text{Peso de la muestra (g) seca a 105}^\circ\text{C}}$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arcilla} + \% \text{ Arena}).$$

ETAPA 3: Obtención del biocarbón de pepa de palta, y caracterización de los estiércoles de gallinaza y porcino

Obtención del biocarbón de pepa de palta: Se recolectó la pepa en los mercados de expendio de paltas, las que los comerciantes desechan. Por otro lado, también en los puestos donde venden sándwiches de palta. En total se recolectó un aproximado de 12 kilogramos. Posteriormente fueron lavadas y picadas cada pepa en 8 partes con la finalidad que facilite el trabajo al momento de ingresarlo al horno donde se realizó el biocarbón activado. En seguida, se calentó el horno hasta los 350°C para colocar las bandejas con pepa de palta y llevarlo hasta 500°C. Luego se observó la pérdida de la materia orgánica volátil. Todo el proceso fue realizado por el método de pirólisis; es decir, con ausencia de oxígeno para que esta no combustione. Después se enfrió y posteriormente se pesó para poder calcular el porcentaje de rendimiento. Seguidamente, se traslada al mortero para obtener una granulometría de malla de 3/8 (9.5 mm), tamaño que fue utilizado en el proceso del tratamiento del suelo contaminado con hidrocarburo.

Obtención y caracterización de los estiércoles de gallinaza y porcino

Se recolectó los estiércoles del camal de Ayacucho Huamanga en baldes de 20 litros cada uno, posteriormente se realizó el secado de estos durante dos días, en seguida se tamizó con una malla de 10.



Figura 7: Recolección de estiércoles



Figura 8: Secado



Figura 9: Estiércol de gallina



Figura 10: Estiércol de porcino

Fueron caracterizados en sus parámetros fisicoquímicos, donde se determinó su pH, conductividad eléctrica y temperatura. También se evaluó la humedad del estiércol para finalmente realizar un análisis microbiológico y determinar cuáles eran los microorganismos que intervendrían en la biodegradación del hidrocarburo.

Análisis microbiológico: Se esteriliza lo materiales para realizar el análisis microbiológico del estiércol de porcino y gallinaza. Una vez obtenido los materiales esterilizados, se pesaron los patrones bacteriológicos para así realizar la dilución con ayuda de los tubos múltiples. Consistió en llevar la muestra en baño María por 30 minutos, luego llevar a la autoclave por 15 minutos a 121°C. Posteriormente se sembrará en el agar, con ayuda de las placas Petri y serán incubados por 24 horas a 36°C para así evaluar los resultados. (*Figura 11,12 y 13*)



Figura 11: Proceso del análisis microbiológico



Figura 12: Tubos múltiples para sembrar



Figura 13: Placas sembradas

ETAPA 4: Periodos del tratamiento

Para la realización del tratamiento de las muestras de suelos contaminados con hidrocarburos totales de petróleo, se utilizó una tina mediana de plástico de 3kg de capacidad donde el procedimiento fue el siguiente: las muestras de suelo contaminado fueron tamizadas con un cedazo de 2mm, para separar residuos de otra naturaleza (vidrio, concreto, plástico, entre otros). Una vez finalizada el tamizaje, el producto fue dividido en 4 partes iguales. **(Figura 14)**



Figura 14: Tamizaje y homogenización del suelo

Para esta etapa, en primer lugar, se adquirió 27 maceteros de plástico, en seguida en la base de estos se hizo cuatro agujeros que servirán para filtrar el agua. **(Figura 15)**



Figura 15: Perforación de los maceteros

Posteriormente se llenó los maceteros con 1700 g de muestra del suelo. (**Figura 16**)



Figura 16: Peso de la muestra

Por otro lado, el biocarbón activado, el estiércol de porcino y gallinaza se aplicaron tres dosis: la primera fue el 7%; la segunda muestra, de 10% y la tercera, el 15%, respectivamente. Luego se procedió a mezclar de manera que queden bien homogeneizadas. Cada maceta fue almacenada en un lugar fresco y seco durante 15, 30 y 45 días. Por último, se hizo un riego de estos con 500 ml de agua el cual se repitió cada 4 a 5 días. (**Figura 17 y 18**)



Figura 17: Dosis



Figura 18: Riego

Tabla 2: Dosis

FASES	7 %	10%	15%
FASE 1 (15 DÍAS) Suelo con TPH 1700 gramos	30g B+35g P+54g G	35g B+50g P+85g G	40g B+65g P+150g G
	30g B+35g P+54g G	35g B+50g P+85g G	40g B+65g P+150g G
	30g B+35g P+54g G	35g B+50g P+85g G	40g B+65g P+150g G
FASE 2(15 DÍAS) Suelo con TPH 1700 gramos	30g B+35g P+54g G	35g B+50g P+85g G	40g B+65g P+150g G
	30g B+35g P+54g G	35g B+50g P+85g G	40g B+65g P+150g G
	30g B+35g P+54g G	35g B+50g P+85g G	40g B+65g P+150g G
FASE 3 (15 DÍAS) Suelo con TPH 1700 gramos	30g B+35g P+54g G	35g B+50g P+85g G	40g B+65g P+150g G
	30g B+35g P+54g G	35g B+50g P+85g G	40g B+65g P+150g G
	30g B+35g P+54g G	35g B+50g P+85g G	40g B+65g P+150g G

B: Biocarbón

P: Estiércol de porcino

G: Gallinaza

Interpretación de la tabla 2: Se observa en la fase 1 es de 15 días y cada masetero cuenta con 1700 gramos de suelo contaminado con TPH y se le agrega los tratamientos que es el biocarbón, estiércol de porcino y gallinaza en 7%, 10% y 15%. Y así respectivamente en las fases 2 y 3.

- Tiempos de cada fase: 15,30,45 días



Figura 17: Inicio 8 de septiembre



Figura 18: Fase 1(15 días) - 22 de septiembre



Figura 19: Fase 2 (30 días) – 08 de octubre



Figura 20: Fase 3 (45 días) – 22 de octubre



Figura 21: Tratamientos concluidos

Posteriormente, se realizó un análisis de todas las macetas pasado 15 días después, 30 días y finalmente culminado el periodo de 45 días, determinando la concentración de hidrocarburo totales de petróleo y, a la vez, se realizó los análisis fisicoquímicos de las muestras de suelo. Los valores obtenidos se describen en el ítem de resultados. **(Figura 22 y 23)**



Figura 22: Densidad aparente



Figura 23: Humedad

FASE 5: Resultados

- Interpretación de las tablas
- Estadística
- SPSS, Excel
- Anova
- Tukey

3.6. Método de análisis de datos

Se utilizarán técnicas para analizar toda la información, entre ellas, las empleadas en los formatos, así también la investigación actual sobre la eficiencia del biocarbón activado de pepa de *Persea americana*, y los estiércoles en la biodegradación de suelos contaminados por hidrocarburos, y los procedimientos estadísticos para procesar datos como EXCEL, SPSS, Anova, y Tukey.

3.7.- Aspectos éticos

El proceso de investigación respeta la propiedad intelectual, citando a los autores y la ética en investigación de la universidad, en atención al RCU N.º 0126- 2017/UCV. Además, se ajusta a la Resolución Rectoral N.º 0089 - 2019/UCV, Reglamento de investigación de la Universidad César Vallejo y mediante Disposición N.º 7.4 de la Resolución de Vicerrectorado de Investigación N.º 008- 2017-VI/UCV: la cual se verificará mediante el turnitin la evidencia de que el proyecto de investigación no es copia. En este contexto la investigación, se lleva a cabo cumpliendo con los principios estipulados que se encuentran establecidos en el código de ética del año 2017.

IV. RESULTADOS

Tabla 3: Cálculo de ceniza de la pepa de *Persea americana*

Muestra	CENIZA %
C_PP (Ceniza – pepa de <i>Persea americana</i>)	47.12

Interpretación de la tabla 3: Que la presencia es 47 % de ceniza. Esto proporciona información de que posee potasio y fósforo también indica que es un buen retenedor de CO₂ que reduce el efecto invernadero convirtiéndose como sumidero.

Tabla 4: Parámetros físico químicos del estiércol de porcino

Muestra	Temperatura °C	Potencial de Hidrógeno Ácido/base	Conductividad Eléctrica μS/cm	Potencial Redox Mv
EP- I (Estiércol de porcino – Inicial)	20	6.33	4850	-305

Interpretación de la tabla 4: Con respecto al pH, se evidencia que es ligeramente ácido y según el valor obtenido del potencial redox indica que hay mayor presencia de agentes reductores.

Tabla 5: Análisis microbiológico de estiércol de porcino con Agar Citrate Simons Diferencial (*Enterobacterias*)

Muestra	1/10 ²	1/10 ³	1/10 ⁴	1/10 ⁵	1/10 ⁶
N° Colonias	0	0	585	152	22
UFC/100 g	0	0	5850000	15166667	22000000

Interpretación de la tabla 5: Se observa unidades formadoras de colonias, se toma en cuenta 10⁵ por el método de la placa el cual solamente abarca como óptimo de 0 a 300 y por ende se considera 152 colonias ya que es la cifra más cercana a 300. Se identificó colonias *Enterobacterias*.

Tabla 6: Método de 0 a 300 para las colonias por eso es el 10^5 .

NUMERO DE COLONIAS	Enterobacterias		
MUESTRA	7%	10%	15%
10^5	5308333.45	78103833.5	51785901.6

Interpretación de la tabla 6: La cantidad de bacterias que se agregó en los porcentajes respectivos fueron según la cantidad de gramos usados en la muestra de suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo.

Tabla 7: Parámetros físico químicos del estiércol de gallina

Muestra	Temperatura °C	Potencial de Hidrógeno Ácido/base	Conductividad Eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial Redox Mv
EG- I (Estiércol de gallina – Inicial)	20.3	4.48	1890	-243

Interpretación de la tabla 7: Con respecto al PH, se evidencia que es ácido y según el valor obtenido del Potencial Rédox indica que hay mayor presencia de agentes reductores.

Tabla 8: Análisis microbiológico de estiércol de gallinaza con Agar Cetrimide Diferencial (*Pseudomonas aeruginosa*, *putida* y *fluorescens*)

Muestra	$1/10^2$	$1/10^3$	$1/10^4$	$1/10^5$	$1/10^6$
N° Colonias	303	152	87	22	22
UFC/100 g	30333	151667	866667	2166667	21666667
		15	9	22	22
UFC/100 g:		$15 \cdot 10^3$	$9 \cdot 10^4$	$22 \cdot 10^5$	$22 \cdot 10^6$

Interpretación de la tabla 8: Se observa unidades formadoras de colonia $15 \cdot 10^3$, $9 \cdot 10^4$, $22 \cdot 10^5$ y $22 \cdot 10^6$. Se trabajo con 10^3 porque el método de la placa solamente abarca como óptimo a 0 a 300 y hemos considerado 152, se identificó colonias *Pseudomonas aeruginosa*, *putida* y *fluorescens*.

Tabla 9: Método de 0 a 300 para las colonias por eso es el 10³

NUMERO DE COLONIAS	<i>Pseudomonas aeruginosa, putida y fluorescens.</i>		
MUESTRA	7%	10%	15%
10 ³	81900.18	132784.46	246041.791

Interpretación de la tabla 9: La cantidad de bacterias que se agregó en los porcentajes respectivos fueron según la cantidad de gramos usados en la muestra de suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo.

Tabla 10: Textura del suelo

Muestra	% Arena	%Limo	%Arcilla
SCTPH – I	15.32	11.52	73.16

Interpretación de la tabla 10: Se puede observar que tenemos de arena el 15.32%, limo 11.52% y la arcilla 73.16% y al realizar el triángulo de la USDA se determinó que la textura es arcillosa.

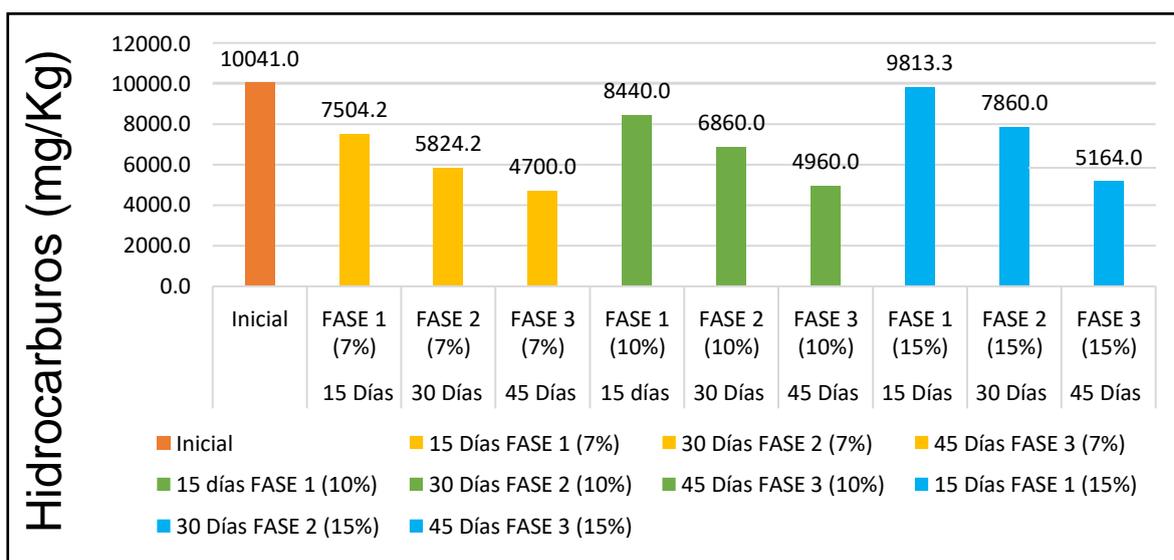


Figura 24 : Concentración de hidrocarburos totales de petróleo

Interpretación de la figura 24: Se evidencian los resultados de suelo contaminado con hidrocarburos. Los cuales han sido sometidos al biocarbón en 3 fases

diferentes, presentando un TPH inicial del suelo de 10041.0 mg/kg y tras someterse el tratamiento en 15,30 y 45 días, se observan los cambios en cada fase 1 (7%) que redujo a 7504.2 mg/kg, fase 2 (7%) redujo a 5824.2 mg/kg, fase 3 (7%) redujo a 4700.0 mg/kg, con respecto a la fase 1 (10%) redujo a 8440.4, fase 2 (10%) redujo a 6860.0 mg/kg, con la fase 3(10%) redujo 4960.0 mg/kg, con respecto a la fase 1 (15%) esta disminuyó a 9813.3 mg/kg, la fase 2 (15%) redujo a 7860.0 mg/kg, y la fase 3(15%) 5164.0 mg/kg.

Tabla 11: Prueba de normalidad de hidrocarburos totales de petróleo

	Tratamiento	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
TPH	Inicial	.385	3	.	.751	3	.001
	FASE 1 (7%)	.253	3	.	.964	3	.637
	FASE 1(10%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 1(15%)	.321	3	.	.881	3	.328
	FASE 2 (7%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 2 (10%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 2 (15%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 3 (7%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 3 (10%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 3 (15%)	.292	3	.	.923	3	.463

Interpretación de la tabla 11: Se puede observar que el grado de libertad es de 3 muestras, se concluye que, por el número de muestras para este parámetro, se usa Shapiro - Wilk.

$p > 0.05$, entonces se acepta la H_0 los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 12: Anova de hidrocarburos totales de petróleo

	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	94894153.390	9	10543794.821	3.901	.005
Dentro de grupos	54057792.273	20	2702889.614		
Total	148951945.663	29			

Interpretación de la tabla 12: El análisis de varianza es menor a $p < 0.05$, por lo que rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis de los investigadores.

Tabla 13: TUKEY de hidrocarburos totales de petróleo

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	FASE 1 (7%)	-3464.16667	1342.35852	.048	-8217.6029	1289.2696
	FASE 1(10%)	-4400.00000	1342.35852	.084	-9153.4362	353.4362
	FASE 1(15%)	-5773.33333*	1342.35852	.010	-10526.7696	-1019.8971
	FASE 2 (7%)	-1784.20000	1342.35852	.935	-6537.6362	2969.2362
	FASE 2 (10%)	-2820.00000	1342.35852	.547	-7573.4362	1933.4362
	FASE 2 (15%)	-3820.00000	1342.35852	.186	-8573.4362	933.4362
	FASE 3 (7%)	-660.00000	1342.35852	1.000	-5413.4362	4093.4362
	FASE 3 (10%)	-920.00000	1342.35852	.019	-5673.4362	3833.4362
	FASE 3 (15%)	-1124.00000	1342.35852	.037	-5877.4362	3629.4362

Interpretación de la tabla 13: Que p es $<$ de **0.05**, entonces se rechaza la hipótesis nula; por ello, se asume que, existe alguna significancia entre los tratamientos.

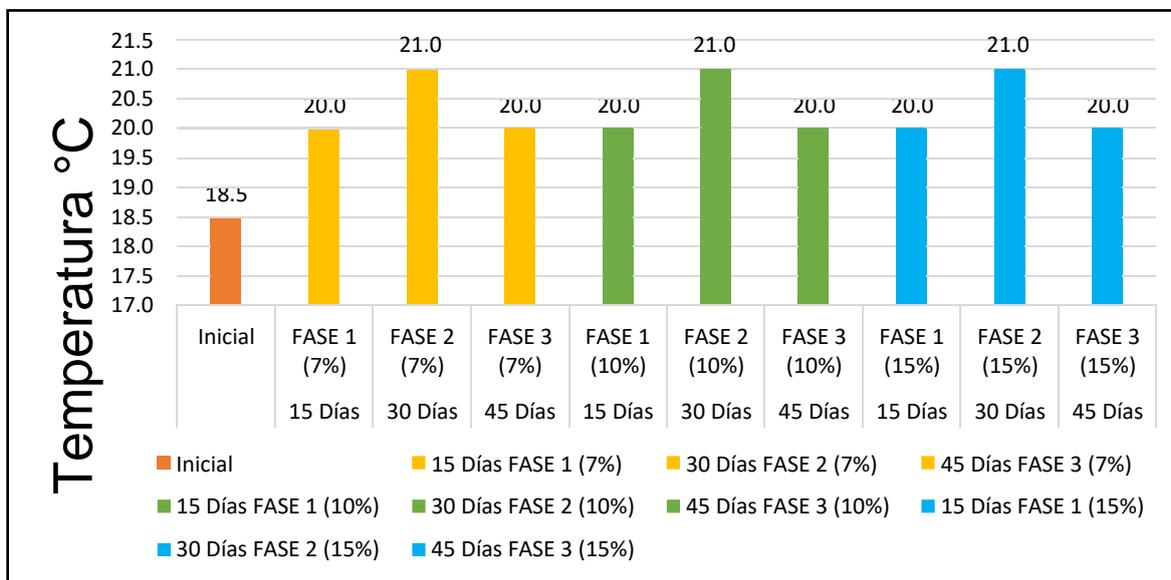


Figura 25: Temperatura

Interpretación de la figura 25: Se evidencian los resultados de suelo contaminado con hidrocarburos, los cuales han sido sometidos al biocarbón en 3 fases diferentes, presentando una temperatura inicial del suelo de 18.5 °C. Asimismo, se evidencia que la temperatura no varía mucho con respecto a todas las fases.

Tabla 14: Prueba de normalidad de la temperatura

	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Temperatura	Inicial	.385	3	.	.750	3	.000
	FASE 1 (7%)	.353	3	.	.234	3	.986
	FASE1 (10%)	.235	3	.	.653	3	.235
	FASE 1(15%)	.124	3	.	.764	3	.874
	FASE 2 (7%)	.643	3	.	.234	3	.097
	FASE 2 (10%)	.345	3	.	.235	3	.123
	FASE 2 (15%)	.345	3	.	.754	3	.437

	FASE 3 (7%)	.643	3	.	.764	3	.098
	FASE 3 (10%)	.234	3	.	.986	3	.235
	FASE 3 (15%)	.234	3	.	.235	3	.853

Interpretación de la tabla 14: Se puede observar que el grado de libertad es de 3 muestras. Se concluye que, por el número de muestras para este parámetro, se usa Shapiro - Wilk.

p es > 0.05 entonces se acepta la **H₀** los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 15: ANOVA de la temperatura

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13.803	9	1.534	287.563	.000
Dentro de grupos	.107	20	.005		
Total	13.910	29			

Interpretación de la tabla 15: Que el análisis de varianza es menor a $p < 0.05$, por lo que rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis de los investigadores.

Tabla 16: TUKEY de la temperatura

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	FASE 1 (7%)	-1.36667*	.05963	.000	-1.5778	-1.1555

	FASE 1(10%)	-1.36667*	.05963	.000	-1.5778	-1.1555
	FASE 1(15%)	-1.36667*	.05963	.000	-1.5778	-1.1555
	FASE 2 (7%)	-2.36667*	.05963	.000	-2.5778	-2.1555
	FASE 2 (10%)	-2.36667*	.05963	.000	-2.5778	-2.1555
	FASE 2 (15%)	-2.36667*	.05963	.000	-2.5778	-2.1555
	FASE 3 (7%)	-1.36667*	.05963	.000	-1.5778	-1.1555
	FASE 3 (10%)	-1.36667*	.05963	.000	-1.5778	-1.1555
	FASE 3 (15%)	-1.36667*	.05963	.000	-1.5778	-1.1555

Interpretación de la tabla 16: Que p es $<$ de **0.05** entonces se rechaza la hipótesis nula; por ello, se asume que, existe alguna significancia entre los tratamientos.

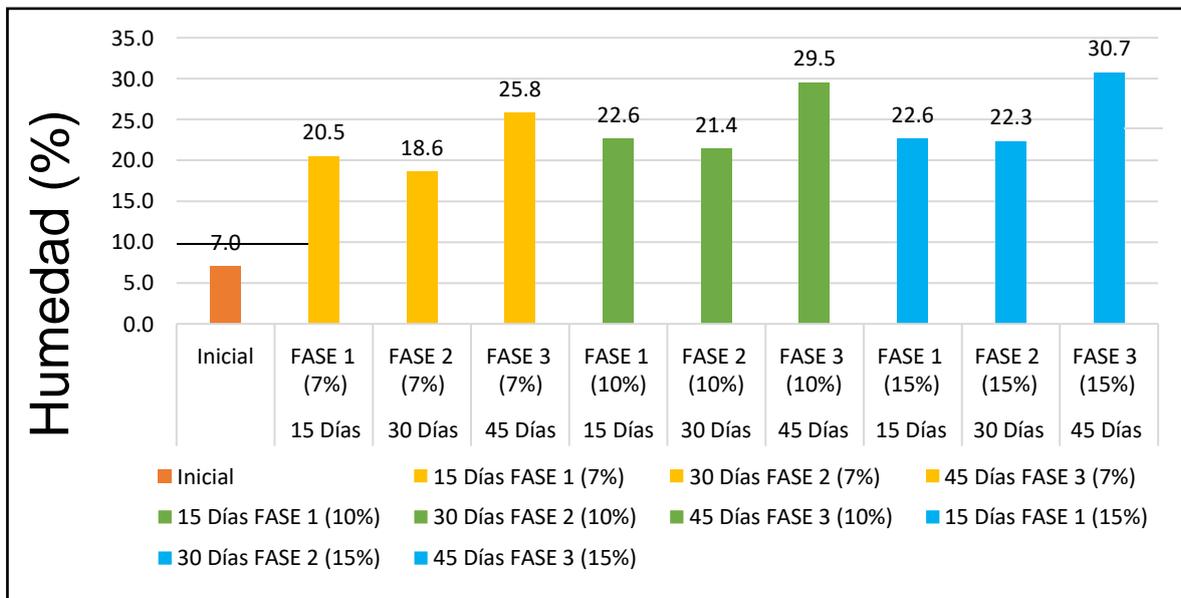


Figura 26: Humedad gravimétrica

Interpretación de la figura 26: Se evidencian los resultados de suelo contaminado con TPH, los cuales han sido sometidos al tratamiento en 3 fases diferentes, presentando una humedad gravimétrica inicial de 7% y tras someterse el tratamiento en 15,30 y 45 días la fase 1 (7%) este aumentó a 20.5 % , fase 2 (7%) a 18.6 , fase 3(7%) a 25.8 % , con respecto a la fase 1 (10%) aumentó a 22.6 ,

con la fase 2 (10%) a 21.4 %, con la fase 3(10%) a 29.5 ,con respecto a la fase 1 (15%) esta aumentó a 22.6 %, la fase 2(15%) a 22.3 % y la fase 3(15%) a 30.7% .

Tabla 17: Prueba de normalidad de la humedad

	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
HUMEDAD	Inicial	.253	3	.	.964	3	.637
	FASE 1 (7%)	.323	3	.	.878	3	.320
	FASE 1(10%)	.308	3	.	.902	3	.391
	FASE 1(15%)	.217	3	.	.988	3	.791
	FASE 2 (7%)	.292	3	.	.923	3	.463
	FASE 2 (10%)	.288	3	.	.929	3	.484
	FASE 2 (15%)	.365	3	.	.797	3	.107
	FASE 3 (7%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 3 (10%)	.324	3	.	.877	3	.314
	FASE 3 (15%)	.247	3	.	.969	3	.664

Interpretación de la tabla 17: Se puede observar que el grado de libertad es de 3 muestras. Se concluye que, por el número de muestras para este parámetro. Se usa Shapiro - Wilk.

Tabla 18: ANOVA de la humedad

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1155.866	9	128.430	3510.283	.000
Dentro de grupos	.732	20	.037		
Total	1156.598	29			

Interpretación de la tabla 18: Que el análisis de varianza es menor a $p < 0.05$, por lo que rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis de los investigadores.

Tabla 19: *TUKEY de la humedad*

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	FASE 1 (7%)	-13.52333*	.15618	.000	-14.0764	-12.9703
	FASE 1(10%)	-15.53333*	.15618	.000	-16.0864	-14.9803
	FASE 1(15%)	-15.60000*	.15618	.000	-16.1530	-15.0470
	FASE 2 (7%)	-11.60333*	.15618	.000	-12.1564	-11.0503
	FASE 2 (10%)	-14.35667*	.15618	.000	-14.9097	-13.8036
	FASE 2 (15%)	-15.23333*	.15618	.000	-15.7864	-14.6803
	FASE 3 (7%)	-18.79667*	.15618	.000	-19.3497	-18.2436
	FASE 3 (10%)	-22.51000*	.15618	.000	-23.0630	-21.9570
	FASE 3 (15%)	-23.64333*	.15618	.000	-24.1964	-23.0903
	FASE 3 (10%)	1.13333*	.15618	.000	.5803	1.6864

Interpretación de la tabla 19: Que **p es < de 0.05**, entonces se rechaza la hipótesis nula; por ello, se asume que existe alguna significancia entre los tratamientos.

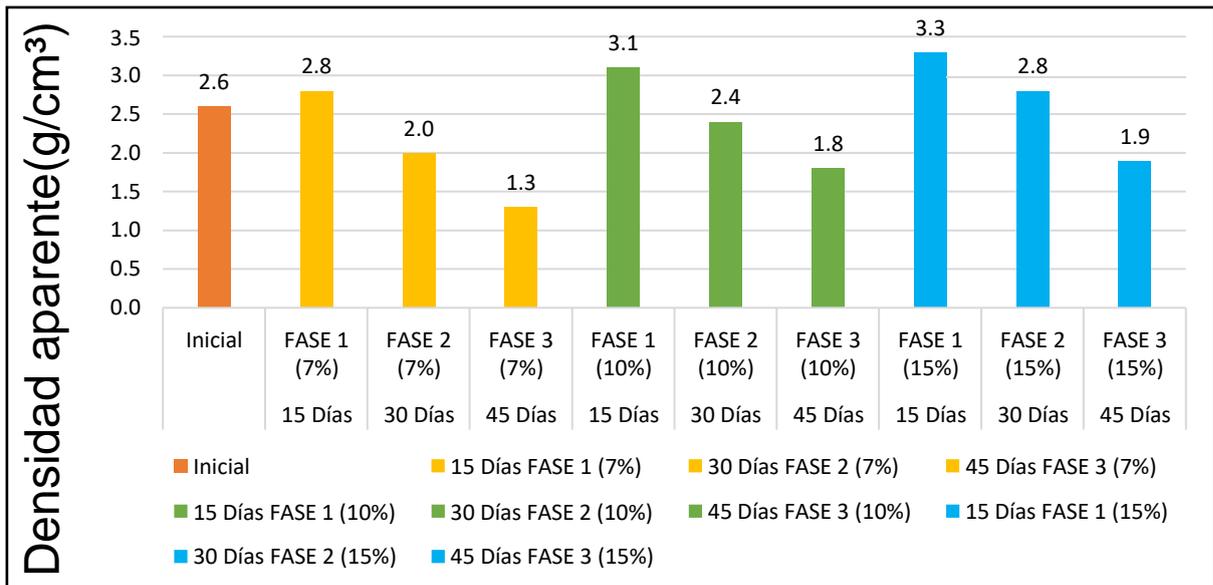


Figura 27: Densidad aparente

Interpretación de la figura 27: Se evidencian los resultados de suelo contaminado con hidrocarburos, que han sido sometidos al tratamiento en 3 fases diferentes, presentando una humedad gravimétrica inicial de 2.6 g/cm³ y tras someterse el tratamiento en 15,30 y 45 días, la fase 1 (7%) aumentó a 2.6 g/cm³, fase 2 (7%) a 2.8 g/cm³, fase 3(7%) a 2.0 g/cm³; con respecto a la fase 1 (10%) aumentó a 3.1 g/cm³, con la fase 2 (10%) a 2.4 g/cm³, con la fase 3(10%) a 1.8 g/cm³, con respecto a la fase 1 (15%), aumentó a 3.3 g/cm³, la fase 2(15%) a 2.8 g/cm³ y la fase 3(15%) a 1.9 g/cm³.

Tabla 20: Prueba de normalidad de la densidad aparente

	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
DENSIDAD APARENTE	Inicial	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 1 (7%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 1(10%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 1(15%)	.301	3	.	.912	3	.424
	FASE 2 (7%)	.253	3	.	.964	3	.637

	FASE 2 (10%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 2 (15%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 3 (7%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 3 (10%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 3 (15%)	.219	3	.	.987	3	.780

Interpretación de la tabla 20: Se puede observar que el grado de libertad es de 3 muestras. Se concluye que, por el número de muestras para este parámetro, se utiliza Shapiro - Wilk.

Tabla 21: ANOVA para la densidad aparente

	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11.264	9	1.252	763.126	.000
Dentro de grupos	.033	20	.002		
Total	11.297	29			

Interpretación de la tabla 21: Que el análisis de varianza es menor a $p < 0.05$, por lo que rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis de los investigadores.

Tabla 22: Tukey de la densidad aparente

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	FASE 1 (7%)	-.13000*	.03307	.022	-.2471	-.0129

FASE 1(10%)	-0.40000*	.03307	.000	-0.5171	-0.2829
FASE 1(15%)	-0.65667*	.03307	.000	-0.7738	-0.5396
FASE 2 (7%)	.66667*	.03307	.000	.5496	.7838
FASE 2 (10%)	.26000*	.03307	.000	.1429	.3771
FASE 2 (15%)	-.11000	.03307	.077	-.2271	.0071
FASE 3 (7%)	1.37000*	.03307	.000	1.2529	1.4871
FASE 3 (10%)	.94000*	.03307	.000	.8229	1.0571
FASE 3 (15%)	.77333*	.03307	.000	.6562	.8904

Interpretación de la tabla 22: Que p es $<$ de **0.05**, entonces se rechaza la hipótesis nula; por ello, se asume que existe alguna significancia entre los tratamientos.

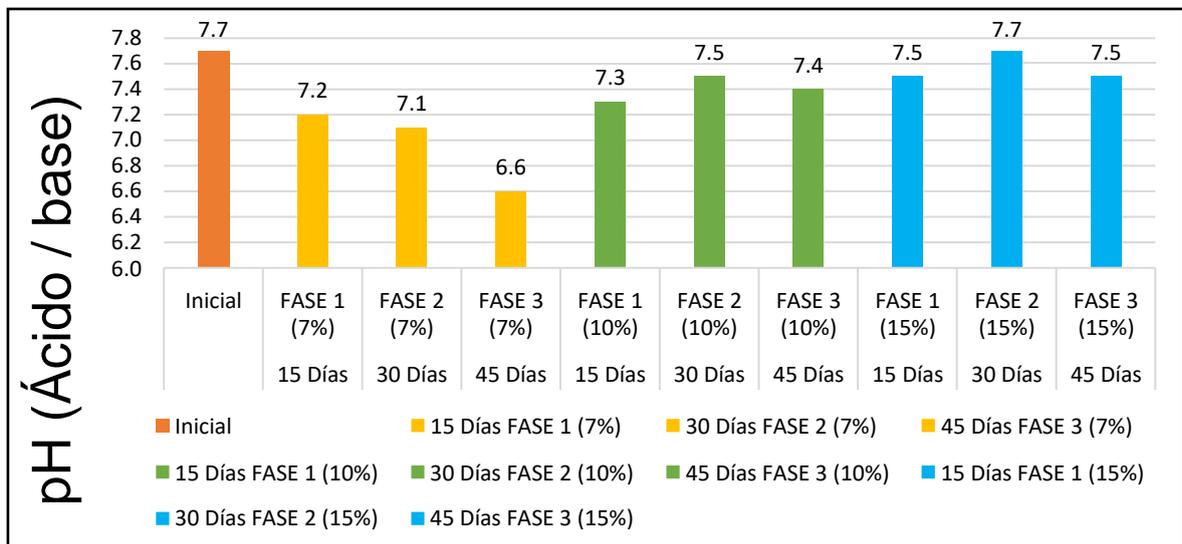


Figura 28: Potencial de hidrógeno

Interpretación de la figura 28: Se evidencian los resultados de suelo contaminado con hidrocarburos, los cuales han sido sometidos al tratamiento en 3 fases diferentes, presentando un pH inicial de 7.7 que es neutro y tras someter los tratamientos de 15 días, la fase 1 (7%) bajó a 7.2, fase 2 (7%) a 7.1, fase 3(7%) a 6.6. Con respecto a 30 días, la fase 1 (10%) bajó 7.3, con la fase 2 (10%) a 7.5, con la fase 3(10%) a 7.4. Con respecto a 45 días, la fase 1 (15%) se mantiene a 7.5, la fase 2(15%), en 7.7 y la Fase 3(15%), en 7.5.

Tabla 23: Prueba de normalidad del potencial de hidrógeno

	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	GI	Sig.	Estadístico	GI	Sig.
PH	Inicial	.375	3	.	.774	3	.054
	FASE 1 (7%)	.253	3	.	.964	3	.637
	FASE 1(10%)	.253	3	.	.964	3	.637
	FASE 1(15%)	.253	3	.	.964	3	.637
	FASE 2 (7%)	.219	3	.	.987	3	.780
	FASE 2 (10%)	.292	3	.	.923	3	.463
	FASE 2 (15%)	.292	3	.	.923	3	.463
	FASE 3 (7%)	.211	3	.	.991	3	.817
	FASE 3 (10%)	.213	3	.	.990	3	.806
	FASE 3 (15%)	.353	3	.	.824	3	.174

Interpretación de la tabla 23: Se puede observar que el grado de libertad es de 3 muestras. Se concluye que, por el número de muestras para este parámetro, se utiliza Shapiro - Wilk.

Tabla 24: ANOVA del potencial de hidrógeno

	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2.844	9	.316	9.263	.000
Dentro de grupos	.682	20	.034		
Total	3.527	29			

Interpretación de la tabla 24: Que el análisis de varianza es menor a $p < 0.05$, por lo que rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis de los investigadores.

Tabla 25: Tukey del potencial de hidrógeno

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	FASE 1 (7%)	.18000	.15082	.025	-.3541	.7141
	FASE 1(10%)	.00333	.15082	1.000	-.5307	.5374
	FASE 1(15%)	-.17667	.15082	.029	-.7107	.3574
	FASE 2 (7%)	.21000	.15082	.916	-.3241	.7441
	FASE 2 (10%)	-.18667	.15082	.007	-.7207	.3474
	FASE 2 (15%)	-.38667	.15082	.295	-.9207	.1474
	FASE 3 (7%)	.79333*	.15082	.001	.2593	1.3274
	FASE 3 (10%)	-.01333	.15082	1.000	-.5474	.5207
	FASE 3 (15%)	-.18000	.15082	.045	-.7141	.3541

Interpretación de la tabla 25: Que p es $<$ de **0.05**, entonces se rechaza la hipótesis nula; por ello, se asume que, existe alguna significancia entre los tratamientos.

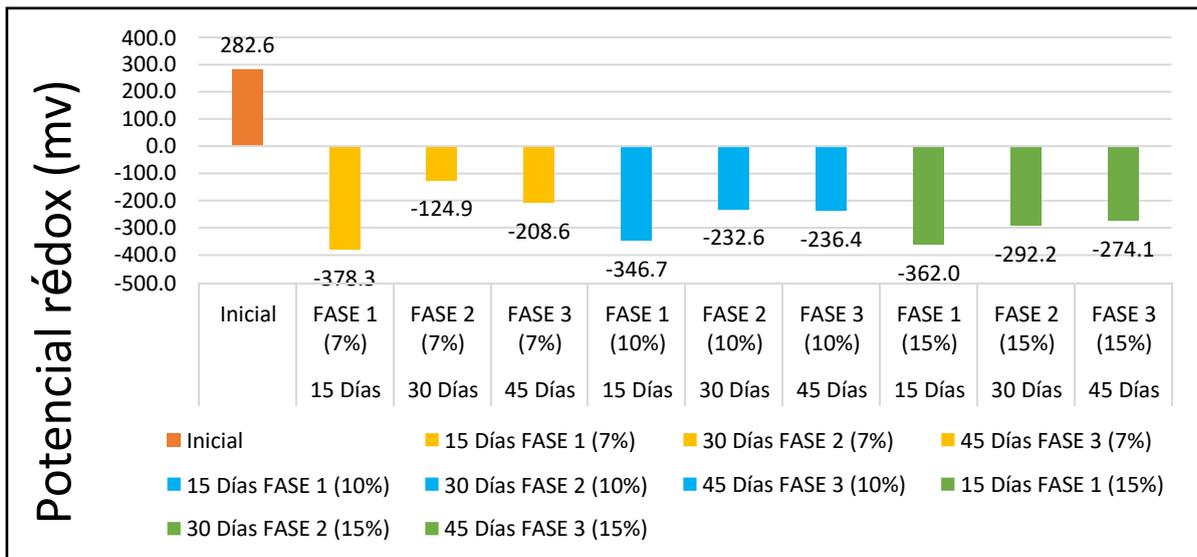


Figura 29: Potencial rédox

Interpretación de la figura 29: Se evidencian los resultados de suelo contaminado con hidrocarburos. Los cuales han sido sometidos al biocarbón en 3 fases diferentes, presentando un potencial rédox inicial de 282.6 mv y tras someterse al biocarbón de fase 1 (7%), este se redujo a -378.3 mv, con el biocarbón en fase 1 (10%) se redujo a -346.7 mv, con el biocarbón de fase 1(15%) disminuyó a -362.0 mv, con respecto a la fase 2 (7%) disminuyó a -124.9; fase 2 (10%) redujo a -232.6 mv, con la fase 2(15%) disminuyó -292.2 mv, con respecto a la fase 3 (7%) esta disminuyó a -208.6 mv la fase 2 (10%) redujo a -236.4 mv y la fase 3(15%) disminuyó a -274.1 mv.

Tabla 26: Prueba de normalidad del potencial rédox

	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
POTENCIAL REDOX	Inicial	.234	3	.	.978	3	.719
	FASE 1 (7%)	.264	3	.	.954	3	.588
	FASE 1(10%)	.253	3	.	.964	3	.637
	FASE 1(15%)	.378	3	.	.768	3	.041
	FASE 2 (7%)	.225	3	.	.984	3	.756

	FASE 2 (10%)	.321	3	.	.882	3	.330
	FASE 2 (15%)	.240	3	.	.974	3	.692
	FASE 3 (7%)	.225	3	.	.984	3	.756
	FASE 3 (10%)	.201	3	.	.994	3	.858
	FASE 3 (15%)	.308	3	.	.902	3	.391

Interpretación de la tabla 26: Se puede observar que el grado de libertad es de 3 muestras. Se concluye que, por el número de muestras para este parámetro, se usa Shapiro - Wilk.

Tabla 27 :ANOVA del potencial Redox

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	161837.452	9	17981.939	166.226	.000
Dentro de grupos	2163.549	20	108.177		
Total	164001.001	29			

Interpretación de la tabla 27: Que el análisis de varianza es menor a $p < 0.05$; por lo que rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis de los investigadores.

Tabla 28:TUKEY del potencial rédo

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
Tratamiento	Tratamiento				Límite inferior	Límite superior
Inicial	FASE 1 (7%)	-97.33333*	8.49225	.000	-127.4053	-67.2614

FASE 1(10%)	-65.66667*	8.49225	.000	-95.7386	-35.5947
FASE 1(15%)	-81.00000*	8.49225	.000	-111.0720	-50.9280
FASE 2 (7%)	156.13333*	8.49225	.000	126.0614	186.2053
FASE 2 (10%)	48.43333*	8.49225	.000	18.3614	78.5053
FASE 2 (15%)	-11.23667	8.49225	.936	-41.3086	18.8353
FASE 3 (7%)	72.43333*	8.49225	.000	42.3614	102.5053
FASE 3 (10%)	44.63333*	8.49225	.001	14.5614	74.7053
FASE 3 (15%)	6.73333	8.49225	.998	-23.3386	36.8053
FASE 2 (15%)	-17.97000	8.49225	.537	-48.0420	12.1020
FASE 3 (7%)	65.70000*	8.49225	.000	35.6280	95.7720
FASE 3 (10%)	37.90000*	8.49225	.007	7.8280	67.9720

Interpretación de la tabla 28: Que p es $<$ de **0.05**, entonces se rechaza la hipótesis nula; por ello, se asume que existe alguna significancia entre los tratamientos.

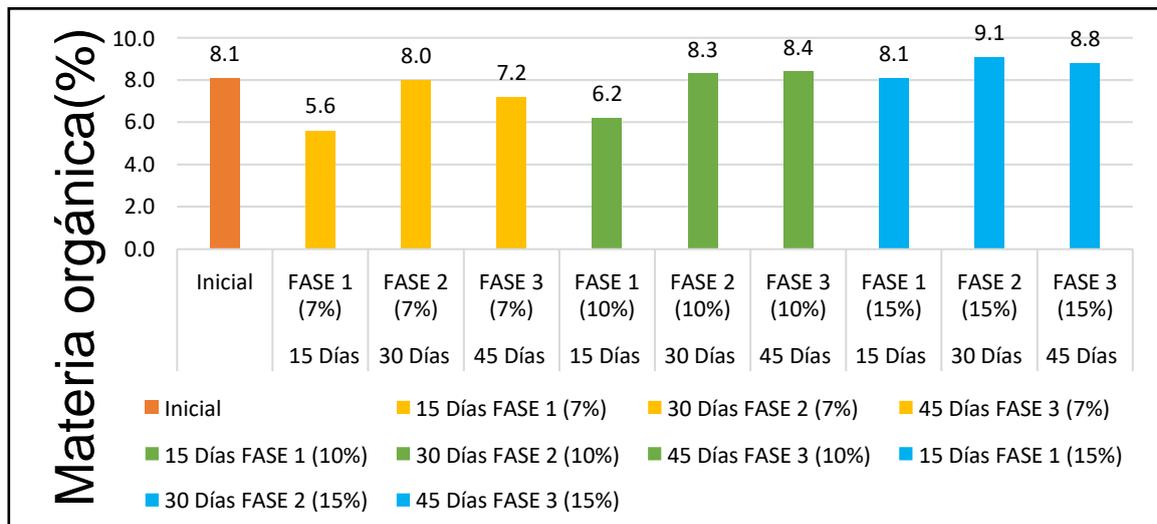


Figura 30: Materia orgánica

Interpretación de la figura 30: Se evidencian los resultados de suelo contaminado con hidrocarburos, los cuales han sido sometidos al tratamiento en 3 fases diferentes, presentando una humedad gravimétrica inicial de 8.1% y tras someterse

el tratamiento en 15,30 y 45 días, la fase 1 (7%) bajó a 5.6 %; fase 2 (7%) a 8.0 %, fase 3(7%) 7.2 %. Con respecto a la fase 1 (10%) bajó a 6.2 %, con la fase 2 (10%) aumentó a 8.3 %, con la fase 3(10%) a 8.4 %, con respecto a la fase 1 (15%) esta se mantiene a 8.1, la fase 2(15%) aumentó a 9.1% y la fase 3(15%) a 8.8 %.

Tabla 29: Prueba de normalidad de la materia orgánica

	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
MATERIA ORGÁNICA	Inicial	.253	3	.	.964	3	.637
	FASE 1 (7%)	.385	3	.	.750	3	.000
	FASE 1(10%)	.253	3	.	.964	3	.637
	FASE 1(15%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 2 (7%)	.385	3	.	.750	3	.000
	FASE 2 (10%)	.253	3	.	.964	3	.637
	FASE 2 (15%)	.385	3	.	.750	3	.000
	FASE 3 (7%)	.304	3	.	.907	3	.407
	FASE 3 (10%)	.385	3	.	.750	3	.000
	FASE 3 (15%)	.175	3	.	1.000	3	1.000

Interpretación de la tabla 29: Se puede observar que el grado de libertad es de 3 muestras. Se concluye que, por el número de muestras para este parámetro, se usa Shapiro - Wilk.

Tabla 30: ANOVA de la materia orgánica

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	33.576	9	3.731	97.323	.000

Dentro de grupos	.767	20	.038		
Total	34.343	29			

Interpretación de la tabla 30: Que el análisis de varianza es menor a $p < 0.05$, por lo que rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis de los investigadores.

Tabla 31: *TUKEY de la materia orgánica*

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I- J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	FASE 1 (7%)	2.46667*	.15986	.000	1.9006	3.0328
	FASE 1(10%)	1.83333*	.15986	.000	1.2672	2.3994
	FASE 1(15%)	-.03333	.15986	1.000	-.5994	.5328
	FASE 2 (7%)	.10000	.15986	1.000	-.4661	.6661
	FASE 2 (10%)	-.20000	.15986	.954	-.7661	.3661
	FASE 2 (15%)	-1.06667*	.15986	.000	-1.6328	-.5006
	FASE 3 (7%)	.90000*	.15986	.001	.3339	1.4661
	FASE 3 (10%)	-.30000	.15986	.683	-.8661	.2661
	FASE 3 (15%)	-.73333*	.15986	.005	-1.2994	-.1672
	FASE 3 (7%)	1.63333*	.15986	.000	1.0672	2.1994
	FASE 3 (10%)	.43333	.15986	.234	-.1328	.9994

Interpretación de la tabla 31: Que p es $<$ de **0.05**, entonces se rechaza la hipótesis nula; por ello, se asume que, existe alguna significancia entre los tratamientos.

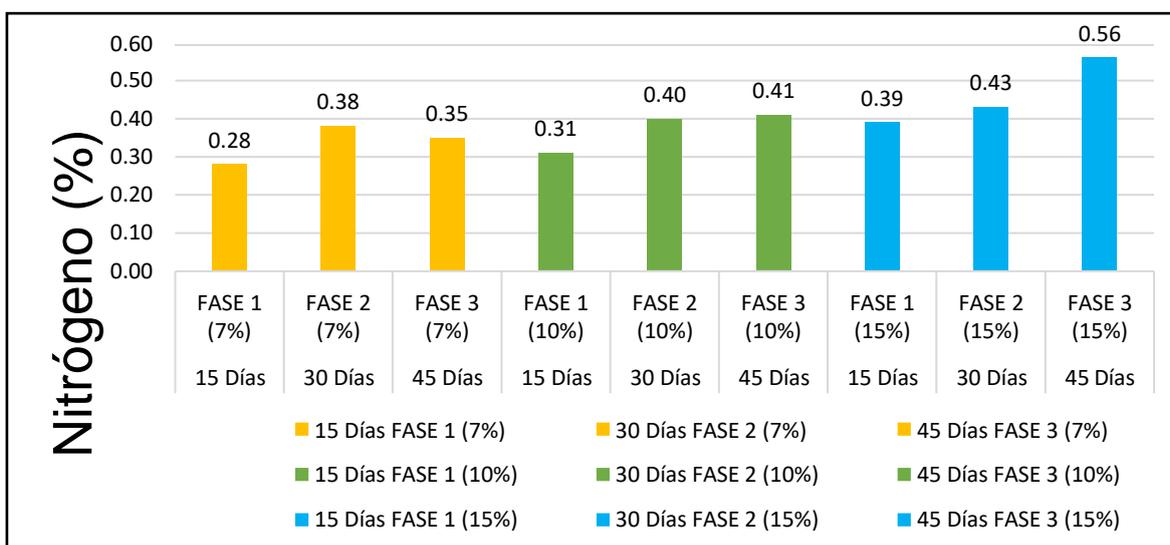


Figura 31: Nitrógeno

Interpretación de la figura 31: Se evidencian los resultados de suelo contaminado con hidrocarburos; los cuales han sido sometidos al tratamiento en 3 fases diferentes y tras someterse el tratamiento en 15, 30 y 45 días, la fase 1 (7%) es 0.28 %, fase 2 (7%) llega a 0.38 %; fase 3 (7%), 0.35 %. Con respecto a la fase 1 (10%) es 0.31 %; con la fase 2 (10%), 0.40 %; con la fase 3 (10%) 0.41 %. Con respecto a fase 1 (15%) es 0.39 %; la fase 2 (15%), 0.43 % y la fase 3 (15%) aumentó el nitrógeno a 0.56 %.

Tabla 32: Prueba de normalidad del nitrógeno

	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
NITRÓGENO	Inicial	.253	3	.	.964	3	.637
	FASE 1 (7%)	.385	3	.	.750	3	.000
	FASE 1 (10%)	.175	3	.	1.000	3	1.000
	FASE 1 (15%)	.385	3	.	.750	3	.000
	FASE 2 (7%)	.	3	.	.	3	.
	FASE 2 (10%)	.385	3	.	.750	3	.000

	FASE 2 (15%)	.	3	.	.	3	.
	FASE 3 (7%)	.292	3	.	.923	3	.463
	FASE 3 (10%)	.385	3	.	.750	3	.000
	FASE 3 (15%)	.175	3	.	1.000	3	1.000

Interpretación de la tabla 32: Se puede observar que el grado de libertad es de 3 muestras. Se concluye que, por el número de muestras para este parámetro, se usa Shapiro - Wilk.

Tabla 33: ANOVA del nitrógeno

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	.208	9	.023	178.051	.000
Dentro de grupos	.003	20	.000		
Total	.211	29			

Interpretación de la tabla 33: Que el análisis de varianza es menor a $p < 0.05$, por lo que rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis de los investigadores.

Tabla 34: TUKEY del nitrógeno

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	FASE 1 (7%)	-.04000*	.00931	.010	-.0730	-.0070

FASE 1(10%)	-0.06667*	.00931	.000	-0.0996	-0.0337
FASE 1(15%)	-.14333*	.00931	.000	-.1763	-.1104
FASE 2 (7%)	-.13667*	.00931	.000	-.1696	-.1037
FASE 2 (10%)	-.15333*	.00931	.000	-.1863	-.1204
FASE 2 (15%)	-.18667*	.00931	.000	-.2196	-.1537
FASE 3 (7%)	-.10333*	.00931	.000	-.1363	-.0704
FASE 3 (10%)	-.16000*	.00931	.000	-.1930	-.1270
FASE 3 (15%)	-.31667*	.00931	.000	-.3496	-.2837

Interpretación de la tabla 34: Que p es $<$ de **0.05**, entonces se rechaza la hipótesis nula; por ello, se asume que existe alguna significancia entre los tratamientos.

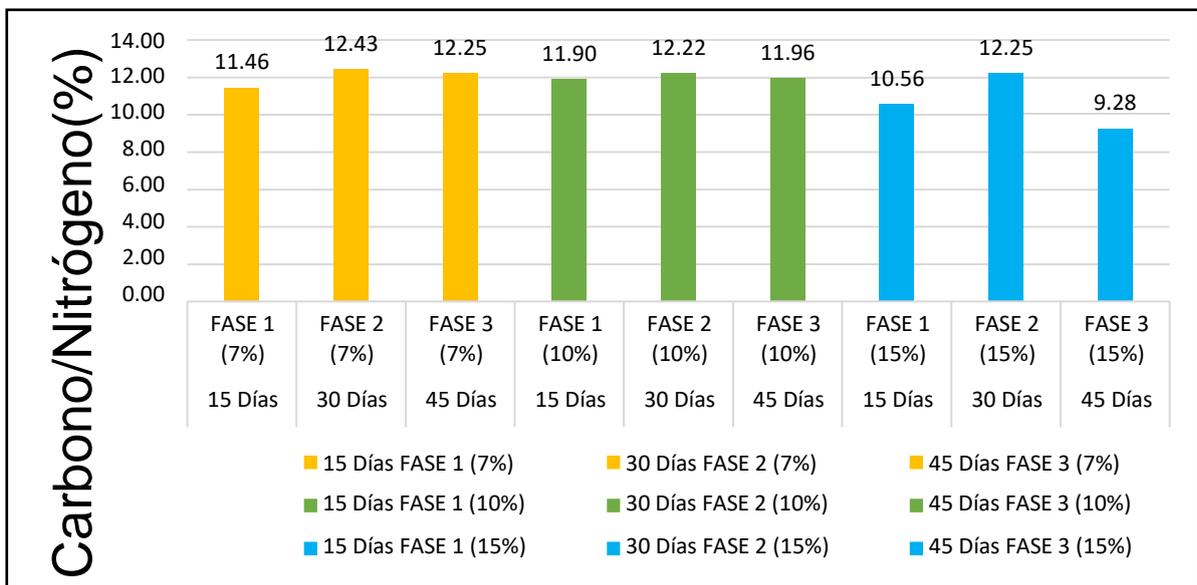


Figura 32: Carbono / nitrógeno

Interpretación de la figura 32: Se evidencian los resultados de suelo contaminado con TPH, los cuales han sido sometidos al tratamiento en 3 fases diferentes y tras someterse el tratamiento en 15,30 y 45 días, la fase 1 (7%) es 11.46 %; fase 2 (7%), 12.43 %; fase 3(7%), 12.25 %. Con respecto a la fase 1 (10%) es 11.90 %; con la fase 2 (10%), 12.22 %; con la fase 3(10%), 11.96 %; con respecto a la fase 1 (15%) es 10.56 %; la fase 2(15%), 12.25 % y la fase 3(15%) bajó el nitrógeno/carbono a 9.28 %.

Tabla 35: Prueba de normalidad del carbono/ nitrógeno

	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	GI	Sig.	Estadístico	GI	Sig.
RELACIÓN CARBONO /NITRÓGENO	Inicial	.253	3	.	.964	3	.637
	FASE 1 (7%)	.341	3	.	.846	3	.230
	FASE 1(10%)	.260	3	.	.958	3	.605
	FASE 1(15%)	.373	3	.	.778	3	.063
	FASE 2 (7%)	.219	3	.	.987	3	.780
	FASE 2 (10%)	.211	3	.	.991	3	.814
	FASE 2 (15%)	.193	3	.	.997	3	.890
	FASE 3 (7%)	.328	3	.	.871	3	.298
	FASE 3 (10%)	.347	3	.	.835	3	.201
	FASE 3 (15%)	.276	3	.	.942	3	.537

Interpretación de la tabla 35: Se puede observar que el grado de libertad es de 3 muestras. Se concluye que, por el número de muestras para este parámetro, se usa Shapiro - Wilk.

Tabla 36: ANOVA del carbono/nitrógeno

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	25.229	9	2.803	46.265	.000
Dentro de grupos	1.212	20	.061		
Total	26.441	29			

Interpretación de la tabla 36: Que el análisis de varianza es menor a $p < 0.05$, por lo que rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis de los investigadores.

Tabla 37: TUKEY del carbono/nitrógeno

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	FASE 1 (7%)	-.13333	.20098	.999	-.8450	.5784
	FASE 1(10%)	-.57333	.20098	.184	-1.2850	.1384
	FASE 1(15%)	.76667*	.20098	.028	.0550	1.4784
	FASE 2 (7%)	-.92000*	.20098	.006	-1.6317	-.2083
	FASE 2 (10%)	-.89333*	.20098	.007	-1.6050	-.1816
	FASE 2 (15%)	-.93000*	.20098	.005	-1.6417	-.2183
	FASE 3 (7%)	-.93333*	.20098	.005	-1.6450	-.2216
	FASE 3 (10%)	-.64000	.20098	.101	-1.3517	.0717
	FASE 3 (15%)	2.04333*	.20098	.000	1.3316	2.7550

Interpretación de la tabla 37: Que p es $<$ de **0.05**, entonces se rechaza la hipótesis nula; por ello, se asume que existe alguna significancia entre los tratamientos.

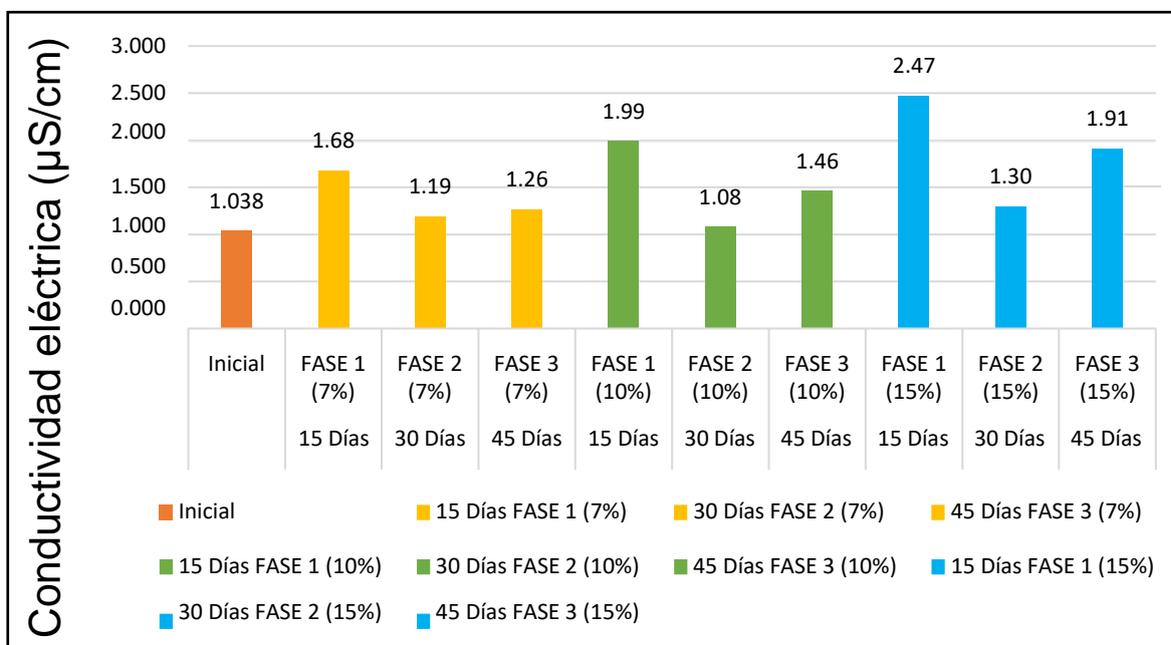


Figura 33: Conductividad eléctrica

Interpretación de la figura 33: Se evidencian los resultados de suelo contaminado con hidrocarburos, los cuales han sido sometidos al tratamiento en 3 fases diferentes, presentando la conductividad eléctrica inicial de 1.038 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y tras someterse el tratamiento en 15,30 y 45 días, la fase 1 (7%) es 1.68 $\mu\text{S}/\text{cm}$; fase 2 (7%), 1.19; fase 3(7%) a 1.26 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Con respecto a la fase 1 (10%) aumentó a 1.99 $\mu\text{S}/\text{cm}$; la fase 2 (10%), 1.08 $\mu\text{S}/\text{cm}$; la fase 3(10%), 1.46 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Con respecto a la fase 1 (15%) aumentó a 2.47 $\mu\text{S}/\text{cm}$; la fase 2(15%), 1.30 y la fase 3(15%), 1.91 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tabla 38: Prueba de normalidad de la conductividad eléctrica

	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	G	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Inicial	.280	3	.	.938	3	.520
	FASE 1 (7%)	.204	3	.	.993	3	.843
	FASE 1(10%)	.232	3	.	.980	3	.726

	FASE 1(15%)	.360	3	.	.808	3	.135
	FASE 2 (7%)	.349	3	.	.832	3	.194
	FASE 2 (10%)	.363	3	.	.802	3	.119
	FASE 2 (15%)	.257	3	.	.961	3	.620
	FASE 3 (7%)	.318	3	.	.886	3	.342
	FASE 3 (10%)	.372	3	.	.782	3	.072
	FASE 3 (15%)	.232	3	.	.980	3	.726

Interpretación de la tabla 38: Se puede observar que el grado de libertad es de 3 muestras. Se concluye que, por el número de muestras para este parámetro, se usas Shapiro- Wilk.

Tabla 39: ANOVA de la conductividad eléctrica

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6.245	9	.694	67.659	.000
Dentro de grupos	.205	20	.010		
Total	6.450	29			

Interpretación de la tabla 39: Que el análisis de varianza es menor a $p < 0.05$, por lo que rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis de los investigadores.

Tabla 40: Tukey de la conductividad eléctrica

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	FASE 1 (7%)	-.65633 [*]	.08269	.000	-9491	-.3635
	FASE 1 (10%)	-.95967 [*]	.08269	.000	-1.2525	-.669
	FASE 1 (15%)	-1.45633 [*]	.08269	.000	-1.7491	-1.1635
	FASE 2 (7%)	-.01533	.08269	1.000	-.3081	.2775
	FASE 2 (10%)	-.08467	.08269	.987	-.3775	.2081
	FASE 2 (15%)	-.27133	.08269	.084	-.5641	.0215
	FASE 3 (7%)	-.23000	.08269	.208	-.5228	.0628
	FASE 3 (10%)	-.43533 [*]	.08269	.001	-.7281	-.1425
	FASE 3 (15%)	-.88033 [*]	.08269	.000	-1.1731	-.5875

Interpretación de la tabla 40: Que p es < de **0.05**, entonces se rechaza la hipótesis nula por ello se asume que, existe alguna significancia entre los tratamientos.

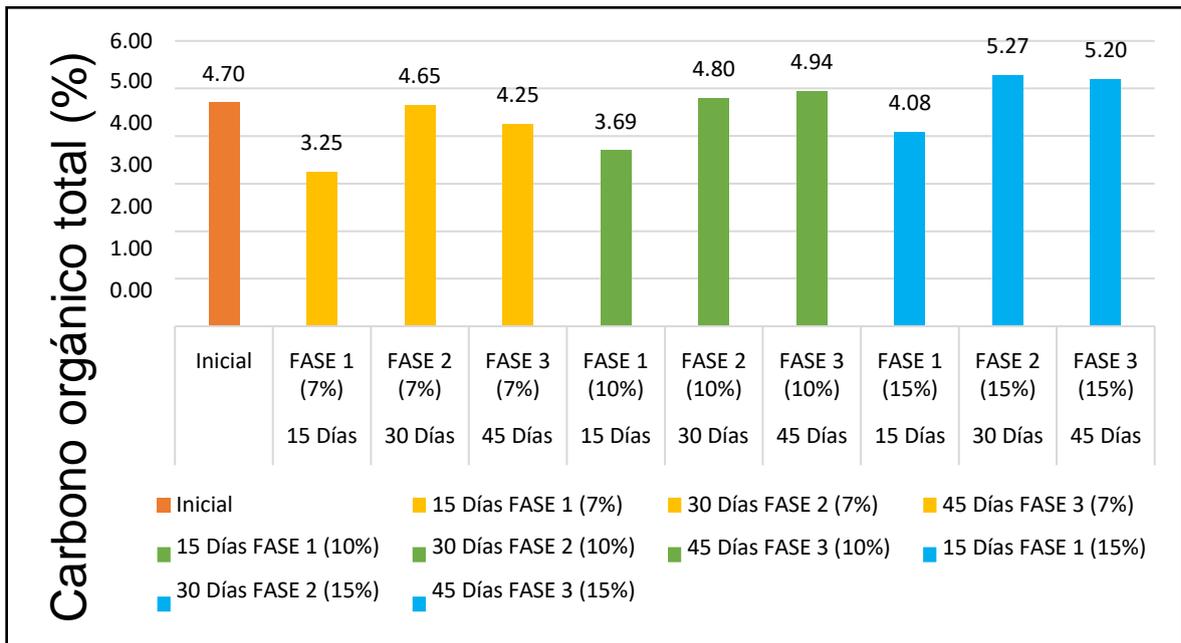


Figura 34: Carbono orgánico total

Interpretación de la figura 34: Se evidencian los resultados de suelo contaminado con hidrocarburos, los cuales han sido sometidos al tratamiento en 3 fases diferentes, presentando un COT inicial de 4.70 % y tras someterse el tratamiento en 15,30 y 45 días, la fase 1 (7%) bajó a 3.25 %; fase 2 (7%) a 4.65 %; fase 3(7%) a 4.25 %. Con respecto a la fase 1 (10%) bajó 3.69 %, con la fase 2 (10%) aumentó a 4.80 %, con la fase 3(10%) a 4.94 %. Con respecto a la fase 1 (15%) baja a 4.08 %; la fase 2(15%) aumentó 5.27 % y la fase 3(15%), a 5.20 %.

Tabla 41: Prueba de normalidad del carbono orgánico Total

	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	Inicial	.356	3	.	.818	3	.157
	FASE 1 (7%)	.371	3	.	.783	3	.076
	FASE 1(10%)	.199	3	.	.995	3	.865
	FASE 1(15%)	.365	3	.	.797	3	.108
	FASE 2 (7%)	.204	3	.	.993	3	.843

	FASE 2 (10%)	.262	3	.	.957	3	.600
	FASE 2 (15%)	.182	3	.	.999	3	.935
	FASE 3 (7%)	.281	3	.	.937	3	.514
	FASE 3 (10%)	.353	3	.	.824	3	.174
	FASE 3 (15%)	.253	3	.	.964	3	.637

Interpretación de la tabla 41: Se puede observar que el grado de libertad es de 3 muestras, se concluye que, por el número de muestras para este parámetro, se usa Shapiro- Wilk.

Tabla 42: ANOVA del carbono orgánico total

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11.663	9	1.296	78.992	.000
Dentro de grupos	.328	20	.016		
Total	11.991	29			

Interpretación de la tabla 42: Que el análisis de varianza es menor a $P < 0.05$, por lo que rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis del investigador.

Tabla 43: TUKEY del carbono orgánico total

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior

Inicial	FASE 1 (7%)	1.41367*	.10458	.000	1.0433	1.7840
	FASE 1(10%)	.97133*	.10458	.000	.6010	1.3417
	FASE 1(15%)	.58033*	.10458	.001	.2100	.9507
	FASE 2 (7%)	.00667	.10458	1.000	-.3637	.3770
	FASE 2 (10%)	-.14333	.10458	.923	-.5137	.2270
	FASE 2 (15%)	-.61333*	.10458	.000	-.9837	-.2430
	FASE 3 (7%)	.41333*	.10458	.021	.0430	.7837
	FASE 3 (10%)	-.28333	.10458	.234	-.6537	.0870
	FASE 3 (15%)	-.53667*	.10458	.002	-.9070	-.1663

Interpretación de la tabla 43: Que p es $<$ de **0.05**, entonces se rechaza la hipótesis nula por ello se asume que existe alguna significancia entre los tratamientos.

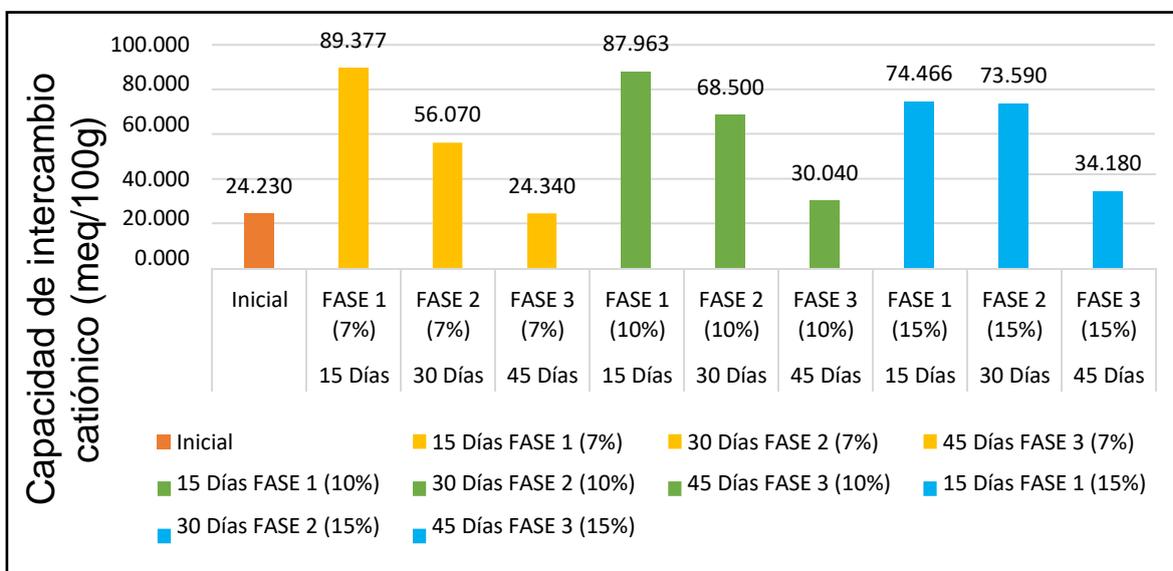


Figura 35: Capacidad de intercambio catiónico

Interpretación de la figura 35: Se evidencian los resultados de suelo contaminado con TPH; los cuales han sido sometidos al tratamiento en 3 fases diferentes, presentando el CIC inicial de 24.230 meq/100g y tras someterse el tratamiento en 15,30 y 45 días, la fase 1 (7%) aumentó a 89.377 meq/100g; fase 2 (7%), a 56.070 meq/100g; fase 3(7%), se mantiene 24.340 meq/100g. Con respecto a la fase 1 (10%), aumentó a 87.963 meq/100g; la fase 2 (10%), a 68.500 meq/100g; con la

fase 3(10%), a 30.040 meq/100g. Con respecto a la fase 1 (15%) aumentó a 74.466 meq/100g; la fase 2(15%), a 73.590 meq/100g y la fase 3(15%), a 34.180 meq/100g.

Tabla 44: Prueba de normalidad de la capacidad de intercambio catiónico

	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
CIC	Inicial	.349	3	.	.832	3	.194
	FASE 1 (7%)	.350	3	.	.830	3	.188
	FASE 1(10%)	.297	3	.	.917	3	.441
	FASE 1(15%)	.240	3	.	.974	3	.691
	FASE 2 (7%)	.176	3	.	1.000	3	.979
	FASE 2 (10%)	.257	3	.	.961	3	.622
	FASE 2 (15%)	.310	3	.	.899	3	.382
	FASE 3 (7%)	.265	3	.	.953	3	.583
	FASE 3 (10%)	.201	3	.	.994	3	.856
	FASE 3 (15%)	.291	3	.	.925	3	.469

Interpretación de la tabla 44: Se puede observar que el grado de libertad es de 3 muestras. Se concluye que, por el número de muestras para este parámetro, se usa Shapiro - Wilk.

Tabla 45: ANOVA de la capacidad de intercambio catiónico

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8259.009	9	917.668	661.561	.000
Dentro de grupos	27.742	20	1.387		
Total	8286.751	29			

Interpretación de la tabla 45: Que el análisis de varianza es menor a $p < 0.05$, por lo que rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis del investigador.

Tabla 46: TUKEY de la capacidad de intercambio catiónico

Comparaciones múltiples						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicial	FASE 1 (7%)	-27.69700*	.96164	.000	-31.1023	-24.2917
	FASE 1(10%)	-17.64500*	.96164	.000	-21.0503	-14.2397
	FASE 1(15%)	-19.29700*	.96164	.000	-22.7023	-15.8917
	FASE 2 (7%)	-31.91333*	.96164	.000	-35.3186	-28.5081
	FASE 2 (10%)	-44.34000*	.96164	.000	-47.7453	-40.9347
	FASE 2 (15%)	-49.42000*	.96164	.000	-52.8253	-46.0147
	FASE 3 (7%)	-.18000	.96164	1.000	-3.5853	3.2253
	FASE 3 (10%)	-5.87667*	.96164	.000	-9.2819	-2.4714
	FASE 3 (15%)	-10.02000*	.96164	.000	-13.4253	-6.6147

	FASE 2 (10%)	-38.46333*	.96164	.000	-41.8686	-35.0581
	FASE 2 (15%)	-43.54333*	.96164	.000	-46.9486	-40.1381
	FASE 3 (7%)	5.69667*	.96164	.000	2.2914	9.1019
	FASE 3 (15%)	-4.14333*	.96164	.010	-7.5486	-.7381

Interpretación de la tabla 46: Que **p es < de 0,05**, entonces se rechaza la hipótesis nula; por ello, se asume que existe alguna significancia entre los tratamientos.

V. DISCUSIÓN

En la investigación se realizó el tratamiento mixto del biocarbón y estiércoles con un 7% que presentó una reducción de 93.6% de TPH en el suelo contaminado durante 45 días, a diferencia de Tomayo (2016). Usando el compost de la cáscara de limón redujo 45.26% de TPH en suelos contaminados en la refinería de Talara. Asimismo, Flores y Benites (2015) en su investigación sobre la biorremediación de un suelo con contaminación de hidrocarburo diésel, determinaron que el tratamiento más eficiente fue el estiércol de cuy al 10%, el cual evidenció una reducción de 81,7%. Adams, Niyomugabo y Sylvester (2017), en el estudio de biorremediación de suelos contaminados con petróleo crudo evidenciaron que el tratamiento de 10% de estiércol de gallina logró reducir en un 75.8%. Lo mismo evidencian Aghalibe, Igwe y Al Obike (2017), que aplicaron estiércol de vaca en el suelo durante 8 semanas determinando un 70% de reducción de TPH, en suelo. Esto justifica que el tratamiento mixto es más eficaz, ya que el biocarbón ayuda a regular los nutrientes que se obtienen a partir de los estiércoles; puesto que en este último hay presencia de microorganismos, los cuales inhiben la salida del dióxido de carbono y lo convierten en energía y así volviendo al suelo a condiciones agronómicas; en comparación a las investigaciones mencionadas, estos realizaron tratamientos con un solo reductor. Los tratamientos caben destacar que con el uso del biocarbón y estiércoles en menor cantidad son más eficientes y corroboran con los demás investigadores.

En la investigación se evaluó la temperatura, presentando un inicial de 18.5°C y tras someterse al tratamiento del biochar y los estiércoles obtuvo 20.0°C, algo semejante ocurrió en la investigación de Malaver y Muñoz (2018), al aplicar el estiércol de bovino sobre un suelo contaminado con petróleo crudo, presentó una ligera variación de temperatura a diferencia de los otros tratamientos. Esto justifica que ambas investigaciones no presentaron una variación significativa.

Se evaluó el pH, presentando un inicial de 7.7 y tras someterse al tratamiento del biochar en diferentes fases: F3(7%), F3(10%), F3(15%) el pH cambió ligeramente en 6.6, 7.4 y 7.5, respectivamente. A diferencia del experimento de Diaz, et al (2021) en la investigación aplicaron biochar en un suelo contaminado por hidrocarburos, lo cual presentó un pH de 5,1 como muestra inicial y tras aplicar el

tratamiento en 5%, 10% y 20%, el pH aumentó en 5.23, 6.73 y 6.8, respectivamente. Asimismo, Ayala (2019) en su estudio se planteó como objetivo determinar los efectos de los estiércoles de cuy, cerdo, vacuno y fertilizante químico para la biorremediación el suelo contaminado con aceite residual, en el cual se evidenció que las concentraciones menores de 5% fue las más adecuada, ya que elevó el pH, a 7.4. Esto justifica que en las investigaciones mencionadas con relación a la presente investigación el pH ha sufrido ligeras variaciones.

En la presente investigación se evaluó la conductividad eléctrica, presentando un inicial de 1.038 mS/cm y tras someterse al tratamiento del biochar el promedio 1.54 mS/cm. Asimismo se corrobora lo expuesto por Tomayo (2016), que esta investigación realizó con el fin de crear una técnica para tratar y degradar hidrocarburos totales de petróleo presentes en 5 suelos, procedentes de la Refinería Talara. En el trabajo se propuso el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, como la cáscara de limón, que usó como materia prima para la fabricación de compost. En promedio de su tratamiento, la conductividad eléctrica fue de 40.23 mS. Esto justifica que en la presente investigación tras la aplicación del biocarbón y los estiércoles aumentó ligeramente la conductividad eléctrica teniendo como resultado un suelo normal. Por otro, lado la investigación mencionada evidenció que obtuvo un aumento excesivo, razón por la cual se deduce que la salinidad de dicho suelo es alta.

Se evaluó la humedad gravimétrica, presentando un inicial de 7% y tras someterse al tratamiento del biochar en diferentes fases. Se determinó que la fase que aumentó más fue la fase 3 (7%), presentando un aumento a 25.8 % durante 45 días. Asimismo, Malaver y Muñoz (2018) en su estudio buscó aplicar el estiércol de bovino sobre un suelo contaminado con petróleo crudo. Aplicó este tratamiento durante 5 meses, evidenciándose que el tratamiento de 30% fue el más eficiente, determinando que la humedad gravimétrica aumentó de 9% a una 57%, siendo un tratamiento muy efectivo. Esto justifica que el tratamiento mixto que se usó en la presente investigación favoreció significativamente a este parámetro, ya que inicialmente se tenía un suelo compacto hidrofóbico y tras el tratamiento se alcanzó obtener un suelo capaz de retener agua, de igual manera en el tratamiento de estiércol de bovino.

En la investigación, la materia orgánica presentó un inicial de 8.1 % y tras someterse al tratamiento del biocarbón activado y los estiércoles en diferentes fases: F3(7%), F3(10%), F3(15%). Los cuales fueron 7.2%, 8.4% y 8.85%, respectivamente, durante 45 días a diferencia de Diaz, et al (2021) donde aplicaron biochar en un suelo contaminado por hidrocarburos, presentando una materia orgánica de 2.34% como muestra inicial y tras aplicar el tratamiento en 5%, 10% y 20%. La materia orgánica aumentó en 3.90%, 4.19% y 4.74%, respectivamente. Asimismo, Bustamante y Silva (2019) buscaron conocer el efecto de la materia orgánica para remediar el suelo contaminado con hidrocarburos. Para ello, realizaron 5 tratamientos. En esto, utilizaron la cachaza de azúcar y cáscara de arroz y tras someter a 3 meses de investigación, evidenciaron que los niveles de materia orgánica aumentaron de 1% a 5.3%. De igual manera, Ayala (2019) en su investigación planteó como objetivo determinar los efectos de los estiércoles de cuy, cerdo, vacuno y fertilizante químico para la biorremediación el suelo contaminado con aceite residual; en el resultado evidenció que la concentración de 10% fue la más adecuada, ya que aumentó la materia orgánica de 3.8 % por kilogramo de suelo a 7.8%. Esto justifica el uso de biocarbón de biomasa y residuos orgánicos y estiércoles en el tratamiento de suelos contaminados aumentó la materia orgánica; por lo tanto, en las investigaciones mencionadas como en la presente investigación poseen un suelo extremadamente rico.

En esta investigación, el carbono orgánico total presentó un inicial de 4.70 % y tras someterse al tratamiento del biocarbón activado y los estiércoles en diferentes fases: F3(7%), F3(10%), F3(15%). Los cuales fueron 4.25%, 4.94% y 5.20%, respectivamente, durante 45 días. Lo mismo se corrobora en la investigación de Onoriode (2020), quien realizó investigaciones sobre la biorremediación de suelos contaminados con petróleo crudo, utilizando estiércol orgánico de vaca, cerdo y aves de corral. Evidenció una variación de carbono orgánico total de 9.22 a 11.71% y 3.32 a 12.43%, respectivamente. Asimismo, Uba et al. (2018) en su investigación aplicó la deshidrogenasa al 2.69%; la cual, tras ser aplicada en el suelo, aumentó de carbono orgánico total con respecto al inicio. Esto justifica que al agregar cierta proporción de estiércol de porcino y gallinaza se genera y acelera el crecimiento microbiano y con ello, las actividades metabólicas de estos

microorganismos, ya que el COT es el material que procede de la descomposición así mismo en las investigaciones mencionadas.

En esta investigación, se evaluó la capacidad de intercambio catiónico, presentando un inicial de 24.230 meq/100g de suelo y tras someterse al tratamiento del biochar y estiércoles en las fases 1 de 7%, 10% y 15% el CIC aumentó 89.377 meq/100g, 87.963 meq/100g y 74.466 meq/100g, respectivamente. Asimismo, Diaz, et al (2021) en la investigación aplicaron biochar en un suelo contaminado por hidrocarburos. En el proceso presentó un CIC de 29.1 meq/100 g como muestra inicial y tras aplicar el tratamiento en 5%, 10% y 20% el CIC aumentó en 45.9 meq/100g, 47.2 meq/100g y 46.4 meq/100g, respectivamente. Asimismo, Ayala (2019), en su estudio tuvo como objetivo determinar los efectos de los estiércoles de cuy, cerdo, vacuno y fertilizante químico para la biorremediación el suelo contaminado con aceite residual. En el resultado evidenciaron que la concentración de 10% fue la que disminuyó la capacidad de intercambio catiónico de 22 meq/100g a 13 meq/100g durante un mes de investigación. Esto justifica el uso del biocarbón activado aumentó el CIC en el suelo. También indica que el potencial del suelo para intercambiar nutrientes se ha incrementado en comparación a la investigación de Ayala (2019) donde disminuyó ya que únicamente se usó estiércoles de cuy, cerdo, vacuno y fertilizante químico.

En la presente investigación se evaluó el nitrógeno, tras someterse al tratamiento del biocarbón activado y los estiércoles en diferentes fases. Se determinó que la fase que más aumentó fue la fase 3 (7%), presentando un aumento a 0.35 %. Lo expuesto se evidencia por Flores y Benites (2015) en su investigación sobre la efectividad del empleo de estiércol de cuy, porcino y vacuno, en la biorremediación de un suelo con contaminación de hidrocarburo diésel. Determinaron que el tratamiento más eficiente fue el tratamiento de estiércol de cuy al 10%; el cual evidenció un aumento de nitrógeno en un 1.98% por kilogramo de suelo. Se justifica que el nitrógeno se aumentó ligeramente tras el tratamiento para así beneficiar el desarrollo de las plantas.

En la investigación, carbono/nitrógeno tras someterse al tratamiento del biocarbón activado y los estiércoles en diferentes fases: F3(7%), F3(10%), F3(15%); los cuales fueron 12.25%, 11.96 y 9.28%, respectivamente, durante 45

días. Flores y Benites (2015) en su investigación sobre la efectividad del empleo de estiércol de cuy, porcino y vacuno, en la biorremediación de un suelo con contaminación de hidrocarburo diésel, de 10 tratamientos y 3 repeticiones, la relación carbono/nitrógeno fue 19.5 %, 12.1% y 11.5%, respectivamente. Esto justifica que al agregar el biocarbón activado y estiércoles el carbono/nitrógeno es significativamente bueno haciendo que el suelo sea mejor agronómicamente así con el estiércol de cuy, porcino y vacuno.

VI. CONCLUSIONES

1. Con respecto a la degradación de hidrocarburos totales de petróleo F2, se pudo determinar que tras la aplicación del biocarbón activado y los estiércoles en diferentes fases y cantidades, permitieron disminuir la cantidad de hidrocarburos totales, evidenciándose que la fase 3 (7%) fue donde se obtuvo mejores resultados presentando una reducción del 93.6%.
2. Tras el uso del biocarbón activado y estiércoles se evidenció la influencia sobre los parámetros físicos del suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo F2. Estas presentaron ciertas variaciones con respecto a la muestra inicial, pues en la fase 3(7%) la temperatura tuvo una ligera alteración alcanzando 20°C, humedad gravimétrica se evidencio una mejoría con 18.6 % y por último la densidad aparente volvió a sus condiciones normales con un 1.3 g/cm³ aptos para el cultivo.
3. Tras el uso del biocarbón activado y estiércoles se evidenció la influencia sobre los parámetros químicos del suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo F2, con respecto a la muestra inicial, considerando la fase 3(7%), el pH es neutro con un 6.6, potencial redox presentó -208.6 mv, la materia orgánica presentó una mejoría de un 7.2 % gracias a los estiércoles, el nitrógeno aumentó a un 0.35 % favoreciendo su fertilidad, carbono/nitrógeno alcanzó un 12.25 % mejorando el potencial de los cultivos y mejor desarrollo de los microorganismos, la conductividad eléctrica aumento ligeramente a 1.26 mS/cm, el COT no sufrió mucha variación y es de 4.25 %, CIC es 24.340 meq/100g se logró obtener un suelo fértil, . Asimismo, se concluye que el uso del biocarbón activado y estiércoles disponen un efecto positivo sobre los parámetros químicos del suelo.

VII. RECOMENDACIONES

- Aplicar el biocarbón activado en relación mixta con otros tipos de estiércol para degradar los hidrocarburos totales de petróleo.
- Usar otras materias primas de origen animal y vegetal, para la producción de biocarbón activado.
- El biocarbón de pepa de *Persea americana* y estiércol de porcino y gallinaza se deben aplicar también en otro tipo de suelos contaminados como reductor.
- La cantidad de estiércol en la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo no deben ser tan altas.

REFERENCIAS

ADAMS, Feyikayo, NIYOMUGABO, A. y SYLVESTER, O.P., Biorremediación de suelos contaminados con petróleo crudo utilizando desechos agrícolas. *Elsevier* [en línea], vol. 7, pp. 459-464. 2017. [Consulta: 22 septiembre 2021]. DOI <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2016.12.037>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978916302001>.

AGHALIBE, Chris, IGWE, Jude y AI OBIKE, A., Studies on the removal of petroleum hydrocarbons (PHCs) from a crude oil impacted soil amended with cow dung, poultry manure and npk fertilizer. *chemrj.org* [en línea], vol. 2, no. 4, pp. 22-30. 2017. [Consulta: 22 septiembre 2021]. ISSN 2455-8990. Disponible en: <https://chemrj.org/download/vol-2-iss-4-2017/chemrj-2017-02-04-22-30.pdf>.

AGHALIBE, Chris, IGWE, Jude, OBIKE, Anthony y ONWUKA, Kelechi, Degradación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) en un suelo impactado con petróleo crudo remediado con estiércol de vaca, excrementos de aves de corral y NPK. *Revista internacional de* [en línea], vol. 5, no. 2, pp. 7-14. 2020. [Consulta: 22 septiembre 2021]. ISSN 2191-3315. DOI 10.13140/RG.2.2.27518.95045. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/338738799>.

ALBITEZ, Heiner y ARATA, Angel Renzo, 2019. Universidad nacional de San Martín-Tarapoto facultad de ecología escuela profesional de ingeniería sanitaria. [en línea]. S.I.: Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3774>.

ANI, Kingsely Amechi, AGU, Chinedu Matthew, ESONYE, Chizoo y MENKITI, Matthew Chukwudi, Investigations on the characterizations, optimization and effectiveness of goat manure compost in crude oil biodegradation. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, vol. 4, pp. 100120. 2021. ISSN 2666-0865. DOI 10.1016/J.CRGSC.2021.100120.

ARANGO, Sebastian, CORTÉS, Rommel y LOZANO, William, Evaluación de un biosorbente extraído de los residuos de *persea americana* (aguacate) para la eliminación de hidrocarburos en suelo y agua. *acodal.org.co* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 158-163. 2018. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.acodal.org.co/wp-content/uploads/PDFs/Memorias->

Congresos/Memorias-ISSN-2018.pdf#page=158.

AYALA, César Martín, *Efecto del estiércol y fertilizante químico en la biorremediación del suelo contaminado con residuos aceitoso en talleres de reparación de vehículos terrestres* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 2019. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/7963>.

AZIZ, Sadia, ALI, Muhammad Ishtiaq, FAROOQ, Uzma, JAMAL, Asif, LIU, Fang Jing, HE, Huan, GUO, Hongguang, URYNOWICZ, Michael y HUANG, Zaixing, Enhanced bioremediation of diesel range hydrocarbons in soil using biochar made from organic wastes. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 192, no. 9. 2020. DOI 10.1007/S10661-020-08540-7.

BAUTISTA, Juan, *Construcción de un prototipo de biodigestión anaerobia, para residuos alimenticios y estiércol de cerdo* [en línea]. S.I.: Universidad de Quintana Roo. 2018. Disponible en: <http://risisbi.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/1934/TP339.2018-1934.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

BUSTAMANTE, Gianmarco y SILVA, Segundo Josué, *Efecto de la materia orgánica en la biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos de petróleo en establecimientos de servicios*. S.I.: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 2019.

CCALLO, Magali y SACACA, Franklin, *Una revisión de la biodegradación de plásticos por Pseudomonas* [en línea]. S.I.: Univercidad Peruana Unón. 2020. [Consulta: 6 octubre 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3333>.

CHANG HUAYASCO, Imer, *Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburo mediada por Pseudomonas spp. en biorreactores* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional Agraria de la Selva. 2020. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1818>.

CONTRERAS, Hans y CARREÑO, Carmen, Eficiencia de la biodegradación de hidrocarburos de petróleo por hongos filamentosos aislados de suelo contaminado. *revistas.untrm.edu.pe* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 27-33. 2018. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en:

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/269>.

DAWUD, Kurdistan y UMER, Mustefa, Bioremediation of heavily contaminated soil in washeindustrial area using bio-composting technique with sheep and chicken manure in kurdistan region, Iraq. *journal.uod.ac* [en línea], vol. 22, no. 1, pp. 322-331. 2019. [Consulta: 22 septiembre 2021]. DOI 10.26682/avuod.2019.22.1.30. Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1249>.

DHANYA, M.S. y KALIA, Arun, Bioremediation: An Eco-friendly Cleanup Strategy for Polyaromatic Hydrocarbons from Petroleum Industry Waste. *Bioremediation of Industrial Waste for Environmental Safety*, pp. 399-436. 2020. DOI https://doi.org/10.1007/978-981-13-1891-7_18.

DI GERÓNIMO, Paula, DEL CARMEN VIDELA, Cecilia y LACLAU, Pablo, Distribución de carbono y nitrógeno orgánico en fracciones granulométricas de suelos bajo pastizales, agricultura y forestaciones. *Ciencia del suelo cienc. Suelo (argentina)* [en línea], vol. 36, no. 1, pp. 11-22. 2018. [Consulta: 6 octubre 2021]. Disponible en: <http://ref.scielo.org/hrnynx>.

ENYIUKWU, DN, BASSEY, EN y NWAOGU, GA, Estiércol de cerdo (*Sus scrofa domesticus*) y sus hongos asociados: posibles candidatos para la biorremediación y la mejora de nutrientes de suelos contaminados con petróleo crudo. *Biodiversitas Journal of*, vol. 22, no. 8, pp. 3276-3286. 2021. ISSN 2085-4722. DOI 10.13057/biodiv/d220822.

FAO, 2021. Propiedades Químicas | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [en línea]. [Consulta: 6 octubre 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>.

FLORES, José Samuel y BENITES, Julio César, *Efecto del estiércol de cuy, porcino y vacuno en la biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos de diésel en terrarios* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 2015. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/832>.

FLORES, Miguel Antonio, TORRAS, Sandra y TÉLLEZ, Rodolfo. 2004.

Medidas de mitigación para uso de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos en infraestructura de transporte terrestre. México : Técnica No 257, ISSN 0188-7297, 2004.

GORDILLO, Catherine y MURILLO, José, *Propuesta tecnológica para mejorar el control y la gestión a los clientes de pymes de servicios de talleres mecánicos* [en línea]. S.l.: Universidad de Guayaquil. 2018. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/36866>.

GOYA, Nelson Ivan, *Análisis de las estrategias para la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos totales de petróleo (TPH)* [en línea]. S.l.: Universidad de Guayaquil. 2020. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51387>.

KORITSCHONER, Julius José, *Mineralización y estabilización de residuos de raíces de soja, maíz y sorgo en distintas fracciones del carbono orgánico total del suelo* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Córdoba. 2019. [Consulta: 24 septiembre 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11086/17003>.

MALAVAR, Yenifer y MUÑOZ, Jessica, *Degradación de hidrocarburos totales del petróleo a partir de la población microbiana contenida en estiércol bovino* [en línea]. S.l.: Corporación Universitaria Autónoma del Cauca. 2018. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uniautonomia.edu.co/handle/123456789/307>.

MATIZ LEÓN, Jhon Camilo, RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, Gilbert Fabian y ALFARO VALERO, Claudia María, Modelos de temperatura del suelo a partir de sondeos superficiales de temperatura y sensores remotos para el área geotérmica del volcán Azufral. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* [en línea], vol. 29, no. 1, pp. 19-36. 2019. [Consulta: 24 septiembre 2021]. DOI 10.18359/RCIN.3400. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/911/91160956003/91160956003.pdf>.

MORA-SANDÍ, Anthony, RAMÍREZ-GONZÁLEZ, Abigail, CASTILLO-HENRÍQUEZ, Luis, LOPRETTI-CORREA, Mary y VEGA-BAUDRIT, José Roberto, *Persea americana* agro-industrial waste biorefinery for sustainable high-value-added products. *Polymers*, vol. 13, no. 11, pp. 1-15. 2021. DOI 10.3390/POLYM13111727.

MOSTAJO-ZVALETA, Martha N., DE, Fructuosa, TORRE-MAYORGA, La y TITO, Richard, 2018. Secondary metabolites and Bactericidal activity of *Calceolaria scapiflora* (Calceolariaceae) and seeds of *Persea americana* (Lauraceae). [consulta: 20 de octubre]. Versión Online ISSSN 2709-8817. Disponible en: <http://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/cantu/article/view/758/1008>.

MUTHUKUMAR, Surya, DHARUNESWAR, P., JESURAN, John, JAYAKRISHNAN, JAYAPRAKASH, Yamini, SAKTHIPRIYA y VELAYUDHAM, Amritha, A Preliminary Study of Bioremediation on Oil-Contaminated Soil Using Bacteria and Organic Manure. *Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 113, pp. 95-104. 2021. DOI 10.1007/978-981-15-9554-7_8.

OGHOJE, SU, UKPEBOR, JE y UKPEBOR, EE, The Effects of Chicken Manure Digestates on the Removal of Diesel Range Organics from Petroleum Products Polluted Soils S. *Bulgarian Journal of Soil Science* [en línea], vol. 6, no. 1, pp. 78-95. 2021. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en: http://www.bsss.bg/issues/Issue1_2021/BJSS_2021_1_8.pdf.

OJO-OMONIYI, O.A., DIKE-EKEH, N. y OWOEYE, O.M., Un estudio comparativo de la degradación mejorada del petróleo crudo en tres suelos tropicales utilizando estiércol de cerdo y cabra como enmiendas orgánicas. *Int. J. Curr. Microbiol* [en línea], vol. 9, no. 8, pp. 2317-2329. 2020. [Consulta: 22 septiembre 2021]. DOI 10.20546/ijcmas.2020.908.266. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/343921373>.

OKORO, Emmanuel E., OKAFOR, Ikechukwu S., SANNI, Samuel E., OBOMANU, Tamunotonjo, OLUGBENGA, Taiwo S. y IGBINEDION, Paul, In-situ remediation of petroleum-contaminated soil by application of plant-based surfactants toward preventing environmental degradation. <https://doi.org/10.1080/15226514.2021.1872484> [en línea], vol. 23, no. 10, pp. 1013-1020. 2021. [Consulta: 22 septiembre 2021]. DOI 10.1080/15226514.2021.1872484. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15226514.2021.1872484>.

OKPASHI, VE, USHIE, OA, ABENG, FE, APLICADAS, IH Inyang-Revista de Ciencias y 2020, undefined, Monitoreo de la biorremediación in situ de suelos

contaminados con aceite de motor Spend después del riego con excrementos de pollo fermentados. *ajol.info* [en línea], vol. 24, no. 3, pp. 411-416. 2020. [Consulta: 22 septiembre 2021]. ISSN 1119-8362. DOI 10.4314/jasem.v24i3.2. Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/jasem/article/view/195113>.

ONORIODE, Emoyan, Bioremediation of in-situ crude oil contaminated soil using selected organic dung. *Egyptian Journal of Chemistry* [en línea], vol. 63, no. 8, pp. 2827-2836. 2020. [Consulta: 22 septiembre 2021]. DOI 10.21608/ejchem.2020.18048.2098. Disponible en: https://journals.ekb.eg/article_71918_9871c25c02024bf2ccb5a8660ccb6b78.pdf.

ONOURAH, Samuel, SOLUDO, Christian y ODIBO, Frederick, Impact of Pig Manure on the Chemical Characteristics and Microbial Population of Crude Oil-Polluted Soil in Awka, Nigeria. *Revista Estadounidense de Investigaciones en Ciencias de la Vida* [en línea], vol. 6, no. 1, pp. 47-59. 2018. [Consulta: 22 septiembre 2021]. ISSN 2332-0206. Disponible en: <http://www.diili.org/ojs-2.4.6/index.php/ajlsr/article/view/224>.

PÉREZ, Alejandro, GALVIS, Arturo, BUGARÍN, Rubén, HERNÁNDEZ, Teresa, VÁSQUEZ, Mario y RODRÍGUEZ, Agustín, Núm.1 01 de enero-14 de febrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 171-177. 2017. [Consulta: 6 octubre 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n1/2007-0934-remexca-8-01-171.pdf>.

PESTONI, Sofía, GALLARDO, Norma, PÉREZ, Natalia y KOWALJOW, Esteban, Métodos de dispersión en molisol influencia del método de dispersión en el fraccionamiento físico de un suelo de argentina central. *Argentina* [en línea], vol. 38, no. 1, pp. 187-191. 2020. [Consulta: 6 octubre 2021]. Disponible en: <http://www.suelos.org.ar/publicaciones/Volumen38n1/v38n1HTML/pdf/v38n1a16.pdf>.

PIMENTEL, Grayce, *Aplicación de prácticas sostenibles en suelo contaminado por hidrocarburo de un taller mecánico, Chilca, 2019* [en línea]. S.I.: Universidad Continental. 2021. [Consulta: 5 octubre 2021]. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9783/4/IV_FIN_107_TE_Pimentel_Rojas_2021.pdf.

PORTA, Jaime, LÓPEZ-ACEVEDO, Marta y POCH, Rosa, *Edafología: uso y protección de suelos* [en línea]. España: Ediciones Mundi-Prensa. 2019. [Consulta: 6 octubre 2021]. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=SZ3BDwAAQBAJ&lpg=PA5&dq=Lopez%20Acevedo%20&lr&hl=es&pg=PA5#v=onepage&q=Lopez%20Acevedo&f=false>.

QUIROGA, Alberto y FERNÁNDEZ, Romina, *Análisis y evaluación de propiedades físico hídrica de los suelos* [en línea]. S.l.: Ediciones Inta. 2018. ISBN 9789875219373. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12123/3834>.

REBOLLEDO, Alexander y DORADO, Diana Yaritza, *Criterios para la definición de planes de fertilización en el cultivo de aguacate Hass con un enfoque tecnificado*. S.l.: Editorial Corpoica. 2017. ISBN 9789587402377.

ROBLES, Allison, *Eficiencia de la cachaza y guano de ovino en suelos contaminados con hidrocarburos en el Perú* [en línea]. S.l.: Universidad Científica del Sur. 2019. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1249>.

SE, Agarry, Evaluation of the effects of inorganic and organic fertilizers and activated carbon on bioremediation of soil contaminated with weathered crude oil. *ajol.info* [en línea], vol. 22, no. 4, pp. 587-595. 2018. [Consulta: 22 septiembre 2021]. ISSN 1119-8362. DOI 10.4314/jasem.v22i4.27. Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/jasem/article/view/170528>.

SONG, C., SHAN, S., YANG, C., ZHANG, C. y ZHOU, X., La comparación de materia orgánica disuelta en hidrocarros y biocarros de estiércol de cerdo. *Science of The Total* [en línea], 2020. [Consulta: 22 septiembre 2021]. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.137423. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720309335>.

SORETIRE, AA, OSHIOBUGIE, AA, THANNI, B.M., BALOGUN, S.A. y EWETOLA, J.M., Bioremediation of soil contaminated with crude oil using fresh and decomposed animal manure. *Nigerian Journal of Biotechnology* [en línea], vol. 34, no. 1, pp. 12-18. 2017. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/njb/article/view/168109>.

SORIANO, María, Conductividad eléctrica del suelo. [en línea]. Valencia: s.n., 2018. pp. 10. [Consulta: 6 octubre 2021]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/105110/Soriano - Conductividad eléctrica del suelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

STADLER-KAULICH, Noemi y PERTEGUER, Alejandro Hernando, Más Allá de la Agroforestería El Biocarbón Activado y la Madera Rameal Fragmentada: utilización y preparación en Mollesnejta Beyond Agroforestry Activated Biocarbon and Fragmented Rameal Wood: use and preparation in Mollesnejta. *ACTA NOVA* [en línea], vol. 8, no. 572-592, pp. 1683- 0768. 2018. [Consulta: 24 septiembre 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000200006&lng=es&tlng=.

TARAZONA, Jhoselin Milagritos y SOTO, Anggy, *Revisión y análisis de los tratamientos biológicos y físico en la recuperación de suelos contaminados por petróleo crudo* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana Unión. 2020. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU_f2a98adf380c0a90b95a6a601f7667d9.

TENELANDA-PATIÑO, Daniel, CRESPO-SÁNCHEZ, Patricio y MOSQUERA-ROJAS, Giovanni, Umbrales en la respuesta de humedad del suelo a condiciones meteorológicas en una ladera Altoandina. *Maskana* [en línea], vol. 9, no. 2, pp. 53-65. 2018. ISSN 13906143. DOI 10.18537/mskn.09.02.07. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18537/mskn.09.02.07>.

TOCHUKWU, K., NNAJI, Nnabueze, EJIKE, Kenneth y UZOMA, Chukwudi, Excrementos de cerdo: un potencial bioestimulador candidato para la biorremediación de suelos contaminados con gasóleo. *Revista internacional de* [en línea], vol. 4, no. 6, pp. 2456-1878. 2019. [Consulta: 22 septiembre 2021]. DOI 10.22161/ijeab.46.44. Disponible en: <https://ijeab.com/detail/pig-droppings-a-potential-biostimulatory-candidate-for-bioremediation-of-diesel-oil-polluted-soil/>.

TRÖGL, J., ESUOLA, CO, KŘÍŽENECKÁ, S. y KURÁŇ, P., Biodegradación de altas concentraciones de hidrocarburos alifáticos en el suelo de una refinería de

petróleo: implicaciones para la aplicabilidad de nuevas cepas actinobacterianas. *Ciencias Aplicadas* [en línea], vol. 8, pp. 1-12. 2018. [Consulta: 22 septiembre 2021]. DOI 10.3390/app8101855. Disponible en: <https://www.mdpi.com/348728>.

UBA, B.O., OKOYE, E.L., AZUANICHIE, T. y NWORAH, O.M., Biostimulatory effect of organic and inorganic nutrients on soil biological indicators in diesel contaminated soil. *Revista actual de* [en línea], vol. 3, no. 6, pp. 121-135. 2018. [Consulta: 22 septiembre 2021]. DOI 10.31248/JBBD2018.087. Disponible en: <https://doi.org/10.31248/JBBD2018.087>.

USESE, A.I., Efficacy of poultry litter as a source of nutrient for the bioremediation of total petroleum hydrocarbon contaminated tropical bunkering site. *Unilag Journal of Medicine*, vol. 6, no. 2, pp. 59-76. 2018.

VELÁSQUEZ, Johana, Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 151-167. 2017. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6285716>.

VIZUETE-GARCÍA, Ricardo, PASCUAL, Alina, TACO, Carlos y MORALES, María, Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos a base de bacterias utilizadas como bioproductos. *scielo.org.co* [en línea], vol. 17, no. 1, pp. 177-187. 2020. [Consulta: 22 septiembre 2021]. DOI DOI: 10.22507/rli.v17n1a19. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-44492020000100177&script=sci_abstract&tlng=en.

ZHANG, Chao, WU, Daoji y REN, Huixue, Bioremediation of oil contaminated soil using agricultural wastes via microbial consortium. *nature.com* [en línea], vol. 10, pp. 1-8. 2020. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-66169-5>.

ZHU, X., CHEN, B., ZHU, L., AMBIENTAL, B. Xing-Contaminación y 2017, Undefined, Efectos y mecanismos de las interacciones biocarbón-microbio en la mejora del suelo y la remediación de la contaminación: una revisión. *Elsevier* [en línea], pp. 96-115. 2017. [Consulta: 22 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026974911632228X>.

ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz de operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición/ unidades
V.D: Biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados.	Es aquel cuyas características físicas, químicas o biológicas han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes peligrosos de origen humano, en concentración tal que comparten un riesgo para la salud humana o el medio ambiente. (Martínez y Pérez, 2007).	La variable biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados será mediada mediante las propiedades químicas, físicas y biológicas.	Parámetros físicos.	temperatura	°C
				Humedad gravimétrica	%
				Densidad aparente	g/cm ³
			Parámetros químicos.	Potencial de hidrógeno	Ácido/base
				Potencial redox	mv
				Materia orgánica	%
				Nitrógeno	%
				Carbono/nitrógeno	Adimensional
				Conductividad eléctrica	mS/cm
				Carbono orgánico total	%
Capacidad de intercambio catiónico	meq/100g				
V.I: Biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> , estiércol de porcino y gallinaza.	El biocarbón se compone principalmente del carbono mineralizado (> 50 %) que permanece en el suelo por un periodo de 1000-2000 años, contiene la mayoría de los nutrientes que la biomasa contiene en su forma original y pirolizada (Balta, 2019). Abono orgánico del ganado porcino que contiene un conjunto de nutrientes que favorecen en la mejora de las características físicas y químicas del suelo (Benavides y Plasencia, 2012). Abono orgánico de las aves de corral que contiene un conjunto de nutrientes que favorecen en la mejora de las características físicas y químicas del suelo (Benavides y Plasencia, 2012).	La variable biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> , estiércol de porcino y gallinaza será medida mediante las características físicas, microbiológicas, dosis óptima y el tiempo óptimo.	Características fisicoquímicas.	Temperatura	°c
				Potencial de hidrógeno	Ácido/base
				Potencial Redox	Mv
			Características microbiológicas de estiércol de porcino y gallinaza.	Ceniza	%
				Análisis microbiológico	ufc/100ml

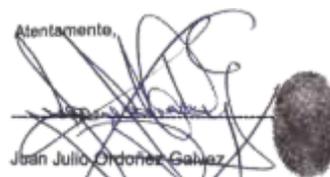
Anexo N° 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable dependiente	Tipo
¿Cuál es el efecto del biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> , estiércol de porcino y gallinaza para la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados?	Determinar el efecto del biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> , estiércol de porcino y gallinaza para la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados.	El biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> y estiércol de porcino y gallinaza son eficientes en la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados. TPH	Biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados	Aplicada Enfoque Cuantitativo Nivel
Problema Específico	Objetivos específicos	Hipótesis Específicos	Dimensiones	Descriptivo.
¿Cuáles son los parámetros físicos del suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo tras la aplicación del biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> y estiércol de porcino y gallinaza?	Determinar los parámetros físicos del suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo tras la aplicación del biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> y estiércol de porcino y gallinaza.	La adición de del biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> y estiércol de porcino y gallinaza influyen sobre los parámetros físicos de químicos de suelos contaminados con hidrocarburos totales de petróleo.	Parámetros físicos Parámetros químicos	Diseño Experimental
¿Cuál son los parámetros físicos del suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo tras la aplicación del biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> y estiércol de porcino y gallinaza?	Determinar los parámetros químicos del suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo tras la aplicación del biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> y estiércol de porcino y gallinaza.	La adición de del biocarbón activado de la pepa de <i>persea americana</i> y estiércol de porcino y gallinaza influyen sobre los parámetros químicos de suelos contaminados con hidrocarburos totales de petróleo	Variable independiente Biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> , estiércol de porcino y gallinaza. Dimensiones características fisicoquímicas características microbiológicas de estiércol de porcino y gallinaza.	Población 10 talleres mecánicos. Muestra 51 kilos de suelos

Anexo N° 4: Ubicación y recolección de muestra

Ficha 2: Ubicación y recolección de muestra						
Biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> , estiércol de porcino y gallinaza para la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados.						
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		Calidad y gestión de los recursos naturales				
FACULTAD		Ingeniería ambiental				
RESPONSABLE		Munaila Torres, Rodney Adair y Rojas Llantoy, Jhoenet Mirella				
ASESOR		Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales				
DATOS DEL LUGAR						
LUGAR		DISTRITO		FECHA		
PROVINCIA		DEPARTAMENTO				
DATOS DE PUNTOS DE MUESTREO						
N° DE MUESTRA	COORDENADAS UTM		FECHA	HORA DE LA TOMA DE MUESTRA	PESO DE LA MUESTRA (KG)	OBSERVACIONES
	N	E				
m1						
M2						
M3						
.						
M30						


 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213829

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

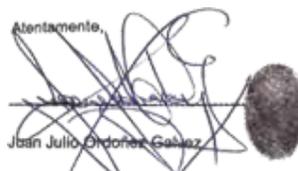


 DR. BENITES ALFARO GONZALES
 Ing. Químico
 INGENIERO ESPECIALISTA
 Colegio Químico PERUANO
 CP-71290

Anexo N° 5: Formato de parámetros físicos y químicos del suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo tras la aplicación del biocarbón activado de pepa de *Persea americana* y estiércol de porcino y gallinaza

Ficha 3: Parámetros físicos Y químicos del suelo contaminado con hidrocarburos totales de petróleo tras la aplicación del biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> y estiércol de porcino y gallinaza.										
TÍTULO				Biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> , estiércol de porcino y gallinaza para la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados.						
LINEA DE INVESTIGACION				Calidad y gestión de los recursos naturales						
FACULTAD				Ingeniería ambiental						
REALIZADO POR:				Munaila Torres, Rodney Adair Y Rojas Llantoy, Jhoenet Mirella						
ASESOR				Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales						
CÓDIGO	Temperatura	Humedad gravimétrica	Densidad aparente	Potencial de hidrógeno	Materia orgánica	Nitrógeno	Carbono/nitrógeno	Conductividad eléctrica	Carbono organito total	Capacidad de intercambio catiónico
	°C	%	g/cm ³	Ácido/base	%	%	Adimensional	mS/cm	%	meq/100g


 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213829

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

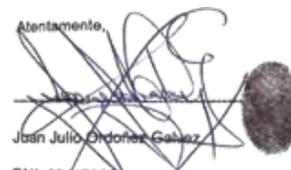


 BENITES ALFARO ELMER GONZALES
 Reg. CIP N° 213829
 Ingeniero Ambiental
 CP 72200

Anexo N° 6: Formato de características fisicoquímicas del biocarbón activado de pepa de *Persea americana*, estiércol de porcino y gallinaza

Ficha 4: Características fisicoquímicas del biocarbón activado de la pepa de <i>Persea americana</i> , estiércol de porcino y gallinaza.				
TÍTULO		Biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> , estiércol de porcino y gallinaza para la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados.		
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		Calidad y gestión de los recursos naturales		
FACULTAD		Ingeniería ambiental		
REALIZADO POR:		Munaila Torres, Rodney Adair Y Rojas Llantoy, Jhoenet Mirella		
ASESOR		Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales		
CÓDIGO	Temperatura	Potencial de hidrógeno	Potencial Redox	Ceniza
	°C	Ácido/base	Mv	%


 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213829

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

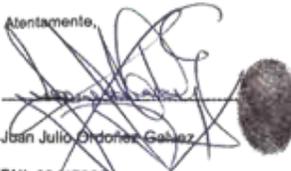


 DR. BENITES ALFARO ELMER
 Ing. Químico
 Investigador Científico
 Centro de Estudios y Programas
 CEP 71290

Anexo N° 7: Características microbiológicas del estiércol de porcino y gallinaza

Ficha 5: Características microbiológicas del estiércol de porcino y gallinaza.	
TÍTULO	Biocarbón activado de pepa de <i>Persea americana</i> , estiércol de porcino y gallinaza para la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados.
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y gestión de los recursos naturales
FACULTAD	Ingeniería ambiental
REALIZADO POR:	Munaila Torres, Rodney Adair Y Rojas Llantoy, Jhoenet Mirella
ASESOR	Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales
CÓDIGO	Análisis Microbiológico
	Ufc/100ml


 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213829

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308



 BENITES ALFARO ELMER GONZALES
 Ing. Químico
 Investigador CONCYTEC
 Oficina: Avenida PUNTAERENAS
 CP: 71200

Anexo N° 8: Validación de Instrumentos de recolección de datos

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO I

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellido y Nombre: Mendoza Aplaya, Luis Fernando.
1.2. Especialidad o línea de investigación:
1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadenas de custodia
1.4. Autor(es) de Instrumento: Murillo Torres, Rodney Adair y Rojas Lantay, Jhoenet Miriel

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	Está formulado con lenguaje comprensible.																			X
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.																			X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.																			X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.																			X
5. SUFFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.																			X
6. INFERENCIALIDAD	Está adecuado para utilizar las variables de la Hipótesis.																			X
7. CONFIABILIDAD	Se respalda e fundamenta los métodos y/o científicos.																			X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.																			X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.																			X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.																			X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 93%

Una 15 de octubre del 2021

Luis Fernando Mendoza Aplaya
Luis Fernando MENDOZA APLAYA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 21329

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO II

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellido y Nombre: Mendoza Aplaya, Luis Fernando.
1.2. Especialidad o línea de investigación:
1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características físico-químicas del biochar obtenido de la paja de arroz americana, es método de porción y galletina.
1.4. Autor(es) de Instrumento: Murillo Torres, Rodney Adair y Rojas Lantay, Jhoenet Miriel

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	Está formulado con lenguaje comprensible.																			X
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.																			X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.																			X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.																			X
5. SUFFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.																			X
6. INFERENCIALIDAD	Está adecuado para utilizar las variables de la Hipótesis.																			X
7. CONFIABILIDAD	Se respalda e fundamenta los métodos y/o científicos.																			X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.																			X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.																			X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.																			X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 93%

Una 15 de octubre del 2021

Luis Fernando Mendoza Aplaya
Luis Fernando MENDOZA APLAYA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 21329

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO III

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellido y Nombre: Mendoza Aplaya, Luis Fernando.
1.2. Especialidad o línea de investigación:
1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características físico-químicas del biochar obtenido de la paja de arroz americana, es método de porción y galletina.
1.4. Autor(es) de Instrumento: Murillo Torres, Rodney Adair y Rojas Lantay, Jhoenet Miriel

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	Está formulado con lenguaje comprensible.																			X
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.																			X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.																			X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.																			X
5. SUFFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.																			X
6. INFERENCIALIDAD	Está adecuado para utilizar las variables de la Hipótesis.																			X
7. CONFIABILIDAD	Se respalda e fundamenta los métodos y/o científicos.																			X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.																			X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.																			X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.																			X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 93%

Una 15 de octubre del 2021

Luis Fernando Mendoza Aplaya
Luis Fernando MENDOZA APLAYA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 21329

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO IV

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellido y Nombre: Mendoza Aplaya, Luis Fernando.
1.2. Especialidad o línea de investigación:
1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características físico-químicas del biochar obtenido de la paja de arroz americana, es método de porción y galletina.
1.4. Autor(es) de Instrumento: Murillo Torres, Rodney Adair y Rojas Lantay, Jhoenet Miriel

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	Está formulado con lenguaje comprensible.																			X
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.																			X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.																			X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.																			X
5. SUFFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.																			X
6. INFERENCIALIDAD	Está adecuado para utilizar las variables de la Hipótesis.																			X
7. CONFIABILIDAD	Se respalda e fundamenta los métodos y/o científicos.																			X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.																			X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.																			X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.																			X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 93%

Una 15 de octubre del 2021

Luis Fernando Mendoza Aplaya
Luis Fernando MENDOZA APLAYA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 21329

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 8

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellido y nombre: María Rosa Díaz García
- 1.2. Representante a favor de la validación
- 1.3. Nombre del instrumento a validar o someter a validación: **Protocolo de Atención de Emergencias en el caso de accidentes de tránsito y/o incendios en el campus de la UPEL**
- 1.4. Área(s) de aplicación: **Área de Tránsito, Área de Bomberos, Área de Mantenimiento**

2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIO	INDICADORES	ACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE					NO ACEPTABLE						
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
1. CLARIDAD	El documento sea claro y conciso																	X
2. OBJETIVIDAD	El documento sea claro y preciso																	X
3. ACTUALIDAD	El documento se revise y se actualice cada 6 meses																	X
4. COHERENCIA	El documento sea claro																	X
5. EFECTIVIDAD	Toda la información sea relevante																	X
6. VERIFICABILIDAD	El documento sea claro de entender y aplicable																	X
7. COMPLETUDIN	El documento sea claro y preciso																	X
8. ECONOMÍA	El documento sea claro y preciso																	X
9. EFECTIVIDAD	El documento sea claro y preciso																	X
10. PERTINENCIA	El documento sea claro y preciso																	X

3. OPINIÓN DE APLICACIÓN

- El instrumento sea claro
- El instrumento sea preciso
- El instrumento sea aplicable

4. PROMEDIO DE VALIDACIÓN

80

80% UN A FAVOR DE LA VALIDACIÓN

[Firma]

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 9

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellido y nombre: María Rosa Díaz García
- 1.2. Representante a favor de la validación
- 1.3. Nombre del instrumento a validar o someter a validación: **Protocolo de Atención de Emergencias en el caso de accidentes de tránsito y/o incendios en el campus de la UPEL**
- 1.4. Área(s) de aplicación: **Área de Tránsito, Área de Bomberos, Área de Mantenimiento**

2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIO	INDICADORES	ACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE					NO ACEPTABLE						
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
1. CLARIDAD	El documento sea claro y conciso																	X
2. OBJETIVIDAD	El documento sea claro y preciso																	X
3. ACTUALIDAD	El documento se revise y se actualice cada 6 meses																	X
4. COHERENCIA	El documento sea claro																	X
5. EFECTIVIDAD	Toda la información sea relevante																	X
6. VERIFICABILIDAD	El documento sea claro de entender y aplicable																	X
7. COMPLETUDIN	El documento sea claro y preciso																	X
8. ECONOMÍA	El documento sea claro y preciso																	X
9. EFECTIVIDAD	El documento sea claro y preciso																	X
10. PERTINENCIA	El documento sea claro y preciso																	X

3. OPINIÓN DE APLICACIÓN

- El instrumento sea claro
- El instrumento sea preciso
- El instrumento sea aplicable

4. PROMEDIO DE VALIDACIÓN

80

80% UN A FAVOR DE LA VALIDACIÓN

[Firma]

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 10

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellido y nombre: María Rosa Díaz García
- 1.2. Representante a favor de la validación
- 1.3. Nombre del instrumento a validar o someter a validación: **Protocolo de Atención de Emergencias en el caso de accidentes de tránsito y/o incendios en el campus de la UPEL**
- 1.4. Área(s) de aplicación: **Área de Tránsito, Área de Bomberos, Área de Mantenimiento**

2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIO	INDICADORES	ACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE					NO ACEPTABLE						
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
1. CLARIDAD	El documento sea claro y conciso																	X
2. OBJETIVIDAD	El documento sea claro y preciso																	X
3. ACTUALIDAD	El documento se revise y se actualice cada 6 meses																	X
4. COHERENCIA	El documento sea claro																	X
5. EFECTIVIDAD	Toda la información sea relevante																	X
6. VERIFICABILIDAD	El documento sea claro de entender y aplicable																	X
7. COMPLETUDIN	El documento sea claro y preciso																	X
8. ECONOMÍA	El documento sea claro y preciso																	X
9. EFECTIVIDAD	El documento sea claro y preciso																	X
10. PERTINENCIA	El documento sea claro y preciso																	X

3. OPINIÓN DE APLICACIÓN

- El instrumento sea claro
- El instrumento sea preciso
- El instrumento sea aplicable

4. PROMEDIO DE VALIDACIÓN

80

80% UN A FAVOR DE LA VALIDACIÓN

[Firma]

Anexo N° 9: Certificado de análisis de laboratorio



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-10830

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-38219
CÓDIGO DEL CLIENTE:				01-M1
COORDENADAS:				E:8546378
UTM WGS 84:				N:0585414
PRODUCTO:				SUELOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				01-09-2021 03:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Hidrocarburos Totales de Petróleo Fracción 2 (>C10-C28) (*)	mg/Kg MS	4,93	10,00	9 825,80

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

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

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

*: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SÓLICITADO POR : MIRELLA, ROJAS LLANTOY

Procedencia de muestra : Taller de mecánica Jesús Nazareno - Ayacucho

Recepción de muestra : Lima, 08 de Setiembre del 2021

Caracterización de suelo inicial por HPT

Muestra	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno Acido/base	Conductividad Eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial Redox mv
SCHPT - I	18.5	7.67	1038	282.6

Muestra	HPT mg/kg	Humedad gravimétrica %	Materia Organica %	Carbono Orgánico total %
SCHPT - I	10,041	7	8.1	4.70

Muestra	Arena %	Limo %	Arcilla %	CIC meq/100g	Densidad aparente g/cm^3
SCHPT - I	15.32	11.52	73.16	24.23	2.60

Métodos: Potenciométrico, Soxhlet, físico, Walkley & Black, Acetato de Amonio pH7-1N, Cilindro, Bouyoucos.

Lima, 16 de Setiembre del 2021


MSC. Atilio Mendoza Rojas
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 : MIRELLA, ROJAS LLANTOY

Procedencia de muestra : Taller de mecánica Jesús Nazareno - Ayacucho

Recepción de muestra : Lima, 26 de Setiembre del 2021

Análisis de los Tratamientos de suelo por HPT

Primera fase

FASE 1	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno acido/base	Conductividad Eléctrica mS/cm	Potencial Redox mv
F1- 1(7%)	20.0	7.18	1.72	-391
F1- 2(7%)	20.0	7.15	1.65	-382
F1- 3(7%)	20.0	7.17	1.69	-362
F1- 1(10%)	20.0	7.31	2.01	-330
F1- 2(10%)	20.0	7.35	1.86	-350
F1- 3(10%)	20.0	7.37	2.10	-360
F1- 1(15%)	20.0	7.49	2.63	-348
F1- 2(15%)	20.0	7.55	2.67	-369
F1- 3(15%)	20.0	7.53	2.16	-349

FASE 1	Materia Organica %	Capacidad de Intercambio Catiónico meq/100g	Carbono Orgánico total %	Humedad gravimétrica (%)
F1- 1(7%)	54.9930	82.7769	3.184	20.83
F1- 2(7%)	54.3625	93.1050	3.363	20.46
F1- 3(7%)	55.1879	92.2493	3.192	20.38
F1- 1(10%)	57.4100	94.2346	3.868	22.62
F1- 2(10%)	59.2769	93.1476	3.494	22.40
F1- 3(10%)	50.4865	76.5081	3.704	22.68
F1- 1(15%)	44.4728	75.9594	4.020	22.41
F1- 2(15%)	43.9597	69.3515	4.007	22.66
F1- 3(15%)	48.3723	78.0866	4.212	22.83

Métodos: Potenciométrico, físico, Walkley & Black, Acetato de Amonio pH7-1N.

Av. Túpac Amaru 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

FASE 1	Nitrógeno %	Densidad Aparente g/cm ³	Relación C/N	HPT mgHPT/kg
F1- 1(7%)	0.28	2.84	11.37	7530.3
F1- 2(7%)	0.29	2.82	11.60	7510.7
F1- 3(7%)	0.28	2.80	11.40	7471.5
F1- 1(10%)	0.32	3.08	12.09	8480.0
F1- 2(10%)	0.30	3.09	11.65	8440.0
F1- 3(10%)	0.31	3.10	11.95	8400.0
F1- 1(15%)	0.38	3.27	10.31	9680.0
F1- 2(15%)	0.39	3.37	10.28	9860.0
F1- 3(15%)	0.38	3.40	11.08	9900.0

Métodos: Kjeldahl, Cilindro, Soxhlet, Espectrofotometría UV

Lima, 2 de Octubre del 2021


MSC. Atiño Mendoza Apolaya
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 : MIRELLA, ROJAS LLANTOY

Procedencia de muestra : Taller de mecánica Jesús Nazareno - Ayacucho

Recepción de muestra : Lima, 10 de Octubre del 2021

Análisis de los Tratamientos de suelo por HPT

Segunda fase

FASE 2	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno acido/base	Conductividad Eléctrica mS/cm	Potencial Redox mv
F2- 1(7%)	21.0	7.11	1.048	-124.6
F2- 2(7%)	21.0	7.14	1.049	-128.8
F2- 3(7%)	21.0	7.16	1.040	-123.2
F2- 1(10%)	21.0	7.58	1.180	-230.2
F2- 2(10%)	21.0	7.37	1.086	-231.3
F2- 3(10%)	21.0	7.65	1.079	-236.2
F2- 1(15%)	21.0	7.76	1.265	-285.8
F2- 2(15%)	21.0	7.64	1.292	-290.9
F2- 3(15%)	21.0	7.80	1.348	-300.01

FASE 2	Materia Organica %	Capacidad de Intercambio Catiónico meq/100g	Carbono Orgánico total %	Humedad gravimétrica (%)
F2- 1(7%)	8.0	57.13	4.69	18.82
F2- 2(7%)	8.0	56.09	4.65	18.38
F2- 3(7%)	7.9	55.01	4.62	18.71
F2- 1(10%)	8.3	70.30	4.72	21.18
F2- 2(10%)	8.1	67.08	4.78	21.31
F2- 3(10%)	8.4	68.13	4.91	21.68
F2- 1(15%)	9.1	76.80	5.36	22.06
F2- 2(15%)	9.2	72.54	5.27	22.36
F2- 3(15%)	9.1	71.41	5.19	22.38

Métodos: Potenciométrico, físico, Walkley & Black, Acetato de Amonio pH7-1N

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 : MIRELLA, ROJAS LLANTOY

Procedencia de muestra : Taller de mecánica Jesús Nazareno - Ayacucho

Recepción de muestra : Lima, 25 de Octubre del 2021

Análisis de los Tratamientos de suelo por HPT

Tercera fase

FASE 3	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno acido/base	Conductividad Eléctrica mS/cm	Potencial Redox mv
F3- 1(7%)	20.00	6.44	1.275	-207.6
F3- 2(7%)	20.00	6.54	1.268	-209.4
F3- 3(7%)	20.00	6.68	1.238	-208.7
F3- 1(10%)	20.00	7.28	1.480	-236.1
F3- 2(10%)	20.00	7.35	1.435	-233.4
F3- 3(10%)	20.00	7.45	1.482	-239.6
F3- 1(15%)	20.00	7.50	1.910	-275.4
F3- 2(15%)	20.00	7.59	1.907	-274.8
F3- 3(15%)	20.00	7.49	1.915	-272.6

FASE 3	Materia Organica %	Capacidad de Intercambio Catiónico meq/100g	Carbono Orgánico total %	Humedad gravimétrica (%)
F3- 1(7%)	7.7	24.06	4.54	25.77
F3- 2(7%)	7.0	24.71	4.17	25.89
F3- 3(7%)	6.8	24.26	4.03	25.83
F3- 1(10%)	8.3	30.28	4.88	29.30
F3- 2(10%)	8.4	29.82	4.97	29.70
F3- 3(10%)	8.4	30.02	4.98	29.63
F3- 1(15%)	8.8	34.69	5.22	30.56
F3- 2(15%)	8.6	34.04	5.08	30.65
F3- 3(15%)	9.0	33.82	5.29	30.82

Métodos: Potenciométrico, físico, Walkley & Black, Acetato de Amonio pH7-1N

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

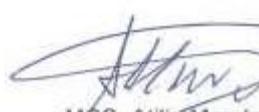
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

FASE 3	Nitrógeno %	Densidad Aparente g/cm ³	Relación C/N	HPT mgTPH/Kg
F3- 1(7%)	0.37	1.31	12.28	4680.0
F3- 2(7%)	0.34	1.32	12.27	4700.0
F3- 3(7%)	0.33	1.33	12.22	4720.0
F3- 1(10%)	0.40	1.72	12.19	4960.0
F3- 2(10%)	0.41	1.75	12.12	4940.0
F3- 3(10%)	0.43	1.78	11.58	4980.0
F3- 1(15%)	0.56	1.89	9.32	5196.7
F3- 2(15%)	0.54	1.94	9.40	5118.2
F3- 3(15%)	0.58	1.92	9.12	5177.1

Métodos: Kjeldahl, Cilindro, Soxhlet, Espectrofotometría UV.

Lima, 03 de Noviembre del 2021


MSC. Atilio Mendoza
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° 10: Tomas Fotográficas

Taller mecánico



Suelo con hidrocarburos



Medición del área de estudio



Desinfección general



Georreferenciación de los puntos



Excavación



Medición de la profundidad



Toma de muestra



Tamizaje de la muestra



Método de cuarteo



Perforación de las macetas



Peso de la muestra



Trituración del biocarbón



Peso de los reductores



Homogenizando la muestra con los reductores



Riego con 500 ml de agua a cada masetero



Muestras acondicionadas

Fase 1



Extracción de la muestra para analizar los parámetros



Se llevó al horno para analizar los parámetros físicos



Se adicionó agua destilada a la muestra



Agitación de las muestras



Fase 2



Se pesó la muestra para analizar los parámetros químicos



Fase 3

Se llevó al horno para analizar los parámetros químicos



Peso de las muestras en la balanza analítica



Placas petris sembradas



Tratamientos concluidos

