



Esta obra está bajo una [Licencia  
Creative Commons Atribución-  
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/)

Vea una copia de esta licencia en  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**Aplicación de carbón activado de cáscara de “coco” y cascarilla de “arroz”  
para la biorremediación de suelos contaminados por gasolina, distrito y  
provincia de Moyobamba - 2018**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental**

**AUTOR:**

**Jean Anthony Lizana Carrasco**

**ASESOR:**

**Blgo. M. Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación**

**Código N° 6053818**

**Moyobamba – Perú**

**2019**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

## FACULTAD DE ECOLOGÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**Aplicación de carbón activado de cáscara de “coco” y cascarilla de “arroz”  
para la biorremediación de suelos contaminados por gasolina, distrito y  
provincia de Moyobamba - 2018**

**AUTOR:**

**Jean Anthony Lizana Carrasco**

**Sustentada y aprobada el 17 de diciembre del 2019, por los siguientes jurados:**

.....  
**Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza**

**Presidente**

.....  
**Ing. Juan José Pinedo Canta**

**Secretario**

.....  
**Ing. M. Sc. Alfonso Rojas Bardález**

**Miembro**

.....  
**Blgo. M. Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación**

**Asesor**

## Declaratoria de autenticidad

**Jean Anthony Lizana Carrasco**, con DNI N° 73390241, egresado de la Facultad de Ecología, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Aplicación de carbón activado de cáscara de “coco” y cascarilla de “arroz” para la biorremediación de suelos contaminados por gasolina, distrito y provincia de Moyobamba - 2018.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 17 de diciembre del 2019.



.....  
**Bach. Jean Anthony Lizana Carrasco**

DNI N° 73390241



**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres: <i>LIZANA CARRASCO JEAN ANTHONY</i>	
Código de alumno : <i>125139</i>	Teléfono: <i>931671502</i>
Correo electrónico : <i>jeanlizana1995@gmail.com</i>	DNI: <i>73390241</i>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de: <i>ECOLOGÍA</i>
Escuela Profesional de: <i>INGENIERÍA AMBIENTAL</i>

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

**4. Datos del Trabajo de Investigación**

Título : <i>Aplicación de carbón activado de cascara de "coco" y cascarrilla de "arroz" para la biorremediación de suelos contaminados con gasolina, distrito y provincia de Moyobamba - 2018</i>
Año de publicación: <i>2019</i>

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

--

**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma y huella del Autor

## 8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

07 / 10 / 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.  
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e  
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.



Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perca  
Responsable

**\*Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\* Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **Dedicatoria**

*Dedico este trabajo de investigación a mis padres, don Horacio Lizana Lizana y doña Raquel Carrasco Quintos, quienes estuvieron y estarán conmigo en las buenas y en las malas, formando parte de mí en todo momento y brindándome el apoyo necesario para seguir adelante en mis metas personales y profesionales. Asimismo, a mi hermano y amigo Edson Jhair Lizana Carrasco por estar en todo momento conmigo y darme las fuerzas para culminar esta tesis; y como no dedicar este trabajo de investigación a mi querida hermana menor, Patricia Solange Lizana Carrasco, quien con sus bromas y ocurrencias alegre y motiva mis días.*

*El autor*

## **Agradecimiento**

*En primer lugar a Dios por darme la vida y brindarme la familia que tengo, a mis padres por ser guías en el sendero de mi vida, a mis hermanos por darme momentos que me motivan a seguir adelante, a mis amigos de la promoción de egreso 2017-I por formar parte de mi vida los 5 años de estudio que estuve en la prestigiosa Universidad Nacional de San Martín, también a mis amigos de toda la vida (Marco, Lleral, David, Jhonatan, Cristian, Edson, Luis Edmundo, Frank, Jorge Eduardo, etc.) por ser parte de mis aventuras que nunca olvidaré; y como no agradecer a los profesores de la Facultad de Ecología – UNSM por brindarme los consejos necesarios y contribuir en mi los conocimientos que tengo hoy en día; agradecer de igual manera al Blgo. M.Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación por aceptar ser mi asesor de tesis y apoyarme en el desarrollo de este proyecto de investigación; asimismo, agradezco a todas las personas que pasaron y pasaran por mi vida y que contribuyen en la realización de mi como persona con principios y valores, que aporta conocimientos a la sociedad para bien del desarrollo sostenible y el futuro de nuestros hijos.*

*El autor*



## Índice general

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento .....	vii
Índice general .....	viii
Índice de tablas .....	x
Índice de figuras .....	xi
Índice de fotografías .....	xii
Resumen .....	xiii
Abstract.....	xiv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I.....	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1. Antecedentes de la investigación.....	3
1.2. Bases teóricas.....	6
1.2.1. Suelo .....	6
1.2.2. Hidrocarburos .....	10
1.2.3. Biorremediación de suelos.....	13
1.2.4. Carbón activado, Cascarilla de “arroz” y <i>Helianthus annuus</i> “girasol” .....	20
1.3. Definición de términos básicos.....	24
CAPÍTULO II.....	27
MATERIAL Y MÉTODOS .....	27
2.1. Materiales e insumos .....	27
2.2. Equipos .....	27
2.3. Tipo y nivel de investigación.....	27
2.4. Diseño de la investigación .....	27
2.5. Área total y Muestra .....	30
2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	31
2.7. Procedimiento .....	33
2.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	35

CAPÍTULO III .....	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
3.1. Resultados.....	37
3.1.1. Determinación de la concentración de TPH; F1 (C6-C10) en los diferentes tratamientos.....	37
3.1.2. Variaciones en el crecimiento del indicador <i>Helianthus annuus</i> “girasol” en relación a los diferentes tratamientos.....	39
3.1.3. Análisis de la influencia de los tratamientos en el desarrollo vegetal del “girasol” <i>Helianthus annuus</i> . .....	46
3.1.4. Resultados finales .....	51
3.2. Comprobación de la hipótesis.....	54
3.3. Discusión de resultados .....	57
CONCLUSIONES.....	60
RECOMENDACIONES .....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
ANEXOS .....	68

## Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de la contaminación de suelos y aguas. ....	9
Tabla 2. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de compuestos orgánicos para suelo ...	10
Tabla 3. Plantas con potencial de reducir la concentración de hidrocarburos en el suelo...	20
Tabla 4. Clasificación taxonómica. ....	22
Tabla 5. Dosificación por tratamiento .....	29
Tabla 6. Croquis de diseño de la distribución de tratamientos .....	29
Tabla 7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	33
Tabla 8. Resultados de la concentración inicial de TPH; F1 (C6-C10) por tratamiento...	37
Tabla 9. Resultado final de la concentración de TPH; F1 (C6-C10) por tratamiento. ....	38
Tabla 10. Concentración de TPH; F1 (C6-C10) inicial y final del experimento y porcentaje de reducción de TPH; F1 (C6-C10). ....	38
Tabla 11. Análisis de la propiedades físicas – químicas del suelo. ....	39
Tabla 12. Evolución de la altura en centímetros (cm) del “girasol” en el tratamiento T1. .	41
Tabla 13. Evolución de la altura en centímetros (cm) del “girasol” del tratamiento T2. ....	42
Tabla 14. Evolución de la altura en centímetros (cm) del “girasol” del tratamiento T3. ....	43
Tabla 15. Evolución de la altura en centímetros (cm) del “girasol” del tratamiento T4. ....	44
Tabla 16. Evolución promedio de la altura en centímetros (cm) del “girasol”. ....	45
Tabla 17. Altura de planta de “girasol” en centímetros (cm) antes de ser cultivada. ....	46
Tabla 18. Prueba Tukey de los datos de la altura de <i>Helianthus annuus</i> “girasol”. ....	47
Tabla 19. Promedio de peso seco foliar en gramos (g) para los tratamientos evaluados. ...	48
Tabla 20. Prueba Tukey de datos del peso seco foliar de <i>Helianthus annuus</i> “girasol”. ..	49
Tabla 21. Promedio de peso seco radicular en gramos (g) para los tratamientos evaluados.....	49
Tabla 22. Prueba de Tukey de los datos del peso seco radicular (g) de “girasol”.....	50
Tabla 23. Concentración de TPH; F1 (C6-C10) y su relación con promedios de la altura, peso seco foliar y peso seco radicular de <i>Helianthus annuus</i> “girasol” en los diferentes tratamientos. ....	51
Tabla 24. Análisis estadístico descriptivo de los parámetros. ....	54
Tabla 25. Análisis ANOVA para los tres parámetros .....	55
Tabla 26. Prueba Tukey – comparaciones múltiples.....	56

## Índice de figuras

Figura 1. Diagrama triangular de clasificación de suelos (USDA) .....	7
Figura 2. Patrón de muestreo rejillas regulares (15 rejillas) para muestra representativa ...	30
Figura 3. Rejillas regulares para la obtención de suelo contaminado para los tratamientos.....	31
Figura 4. Resultados de mediciones (en cm) realizadas cada 5 días. ....	40
Figura 5. Evolución del crecimiento del “girasol” del tratamiento T1.....	41
Figura 6. Evolución del crecimiento del “girasol” del tratamiento T2.....	42
Figura 7. Evolución del crecimiento del “girasol” del tratamiento T3.....	43
Figura 8. Evolución del crecimiento del “girasol” del tratamiento T4.....	44
Figura 9. Evolución promedio del crecimiento del girasol por tratamiento. ....	45
Figura 10. Altura final en centímetros (cm) de planta de “girasol” por tratamiento. ....	46
Figura 11. Peso seco foliar en gramos (g) de <i>Helianthus annuus</i> “girasol”.....	48
Figura 12. Peso seco radicular en gramos (g) de <i>Helianthus annuus</i> “girasol”.....	50
Figura 13. Altura final promedio de <i>Helianthus annuus</i> “girasol” en centímetros (cm)...	52
Figura 14. Promedio de peso seco foliar en gramos (g) de <i>Helianthus annuus</i> “girasol”. ...	52
Figura 15. Promedio de peso seco foliar en gramos (g) de <i>Helianthus annuus</i> “girasol”. ...	53

## Índice de fotografías

Fotografía 1. Semillas de “girasol” en almacigo. ....	70
Fotografía 2. Carbón activado de cáscara de “coco” y compost de cascarilla de “arroz” ...	70
Fotografía 3. Preparación del suelo contaminado .....	71
Fotografía 4. Cooler y cadena de custodia .....	71
Fotografía 5. Toma de Muestras de suelo contaminado .....	72
Fotografía 6. Macetas con suelo contaminado con gasolina .....	72
Fotografía 7. Medición de la altura de girasol .....	73
Fotografía 8. Recolección de datos en la ficha de recolección.....	73
Fotografía 9. Evolución del Crecimiento de <i>Helianthus annuus</i> “girasol”. ....	74
Fotografía 10. Parte foliar y radicular del “girasol” luego de ser cultivado.....	74
Fotografía 11. Preparación de las muestras para ser introducidas a la estufa. ....	75
Fotografía 12. Estufa. ....	75
Fotografía 13. Pesado de la parte foliar y radicular de la planta “girasol”.....	76



## Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo determinar si la aplicación de carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco” y el compost de cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz” ayudan en la biorremediación de un suelo contaminado por gasolina, teniendo como indicador el crecimiento, peso seco foliar y radicular de *Helianthus annuus* “girasol”. Para confirmar o descartar si la aplicación de carbón activado de cáscara de “coco” y el compost de cascarilla de “arroz” ayudan en la remoción de la concentración de TPH; F1(C6-C10) de un suelo contaminado por gasolina, se instaló el experimento en una huerta ubicada en el Jr. San Carlos S/N del distrito de Moyobamba en el año 2019, aplicando el modelo de Diseño Completamente al Azar (DCA) con 3 repeticiones y 5 tratamientos, sumando un total de 15 maceteros experimentales con capacidad de 9kg, donde luego se aplicó al suelo contaminado por gasolina el carbón activado de cáscara de “coco” y compost de cascarilla de “arroz” en diferentes dosis; asimismo, se observó las variaciones en crecimiento, peso seco foliar y radicular de la planta indicadora *Helianthus annuus* “girasol”, el cual fue sembrado y controlado por un periodo de 70 días. Los resultados obtenidos en la investigación indican que la aplicación de sustratos orgánicos como el carbón activado de cáscara de “coco” y el compost de cascarilla de “arroz” reducen de manera considerable la concentración de inicial de TPH; F1 (C6-C10). Luego de comparar los tratamientos, se concluyó que el tratamiento T2 constituido por suelo contaminado por gasolina y carbón activado de cáscara de “coco” es el que mejor resultados de descontaminación del suelo tiene, puesto que la concentración inicial fue de 73 mg de TPH; F1 (C6-C10)/Kg MS y el cual disminuyó a 0,3 mg de TPH; F1 (C6-C10)/Kg MS, que representa una remoción del 99,59 %; asimismo, en este tratamiento el crecimiento promedio del indicador fue de 54,50 cm, su peso seco foliar fue de 9,96 g y su peso seco radicular fue de 1,04 g, siendo este tratamiento el más recomendable de usar para la biorremediación de un suelo contaminado por gasolina.

**Palabras clave:** Biorremediación, Total de Hidrocarburos de Petróleo, carbón activado, cascarilla de “arroz”, *Helianthus annuus* “girasol”, gasolina.

## Abstract

This research aimed to determine if the application of *Cocos nucifera L.* “coconut” shell activated carbon and *Oryza sativa L.* “rice” husk compost helps in the bioremediation of soils polluted with petrol, having as an indicator the growth, dry leaf weight and dry root weight of *Helianthus annuus* "sunflower".

To confirm or rule out if the application of *Cocos nucifera L.* "coconut" shell activated carbon and *Oryza sativa L.* "rice" husk compost helps in the removal of the TPH concentration; F1 (C6-C10) of a soil polluted with petrol, the experiment was installed in an orchard of a house located on Jirón San Carlos S / N in Moyobamba city 2019, applying the model of Completely Randomized Design with 3 repetitions and 5 treatments, adding a total of 15 experimental pots with a capacity of 9 kilograms, where the “coconut” shell activated carbon and “rice” husk compost were added in different amounts to the soil polluted with petrol; also, the variations in growth, dry leaf weight and dry root weight of the *Helianthus annuus* “sunflower” indicator plant were observed, which was sown and controlled for a period of 70 days.

The results of the research indicate that the application of organic substrates such as "coconut" shell activated carbon and "rice" husk compost considerably reduces the initial concentration of TPH; F1 (C6-C10). After comparing the treatments, it was concluded that the T2 treatment which contained soil polluted with petrol and “coconut shell” activated carbon has the best result of soil remediation, since the initial concentration was 73 mg of TPH; F1 (C6-C10) / Kg MS and which decreased to 0,3 mg of TPH; F1 (C6-C10) / Kg MS, and it, in turn, represents a 99,59% removal of the TPH concentration; likewise, in this treatment the average growth of the indicator was 54,50 cm, its dry leaf weight was 9,96 g and its dry root weight was 1,04 g, being this treatment the most recommendable to use for bioremediation of a soil polluted with petrol

**Keywords:** Bioremediation, Total Petroleum Hydrocarbons, activated carbon, “rice” husk, *Helianthus annuus* "sunflower", petrol.



## Introducción

A nivel mundial la industria del petróleo y sus derivados como la gasolina, son esenciales para diferentes actividades (grifos, industrias y otros), ya que se considera fuente esencial de energía en la mayoría de países como el de Perú, y aunque este no es el principal productor de hidrocarburos genera una mayor contaminación comparada con el país de Colombia, principal productor en la región Sudamérica según la Sociedad Peruana de Hidrocarburos.

En el País sobre estos suelos contaminados, no existe información estadística oficial sobre la ubicación y extensión de áreas afectadas y su disposición adecuada de los productos y residuos de la industria de los derivados del petróleo, a pesar de la tarea ardua del Ministerio de Energía y Minas (MEM), autoridad ambiental nacional para este sector junto al Ministerio del Ambiente (MINAM).

En ese sentido, los derrames de derivados del petróleo tienen efectos negativos para el ambiente ya que puede afectar no solo a los suelos, sino también a la napa freática contaminando así las aguas subterráneas. Por lo tanto se deben evitar, mitigar, prevenir y restaurar las ocurrencias de derrames de hidrocarburos.

Viendo este panorama, se puede afirmar que es un problema social y ambiental que requiere del conocimiento de procesos y técnicas para la restauración y descontaminación de áreas afectadas por estos derrames y que además sean tecnologías de bajo costo y accesibles.

Este trabajo de investigación buscó una alternativa de biorremediación a los suelos contaminados con gasolina utilizando para ello carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco” y compost de cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz”, teniendo como indicador a *Helianthus annuus* “Girasol”, con la problemática descrita anteriormente nos formulamos la siguiente interrogante: ¿La aplicación de carbón activado de cáscara de “coco” y el compost de cascarilla de “arroz” ayudan en la biorremediación de suelos contaminado por gasolina?

Este proyecto de investigación se basó en evaluar los diferentes tratamientos para determinar si ayudan al proceso de la biorremediación de estos suelos contaminados por gasolina, y como objetivo general fue el de evaluar la aplicación de carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco” y compost de cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz” en la biorremediación de suelos contaminados por gasolina y como objetivos específicos fueron determinar la

concentración de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) después de haber sido cultivado con *Helianthus annuus* “girasol”, determinar las variaciones en el crecimiento del indicador *Helianthus annuus* “girasol” en relación a los diferentes tratamientos y determinar si la aplicación de carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco” y compost de cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz” tienen influencia en el desarrollo vegetal de *Helianthus annuus* “girasol”

Por ello, realizar este tipo de investigaciones es necesario ya que los tratamientos fisicoquímicos están más establecidos actualmente, sin embargo, su empleo no permite una degradación completa de los contaminantes y además, requieren una alta inversión. Al emplear una técnica biológica se presenta una situación inversa. Los contaminantes son biodegradados y los costos de implementación son bajos. Por esta razón, existe una tendencia creciente a emplear tratamientos biológicos como el que se implementó en la ejecución de este proyecto de investigación.

En ese sentido, si la aplicación de carbón activado de cascara de *Cocos nucifera L.* “coco” y compost de cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz” se lleva a un nivel de manera in situ, se estará dando un logro importante en el avance de utilizar residuos y tecnologías limpias efectivas en la descontaminación de suelos.

En cuanto a términos económicos, esta investigación se justificó ya que existen muchos métodos de biorremediación de suelos contaminados, pero en este se empleó un bajo costo y tuvo un nivel de efectividad bastante aceptable.

Este informe del proyecto de investigación está estructurado con tres capítulos, cada uno de los cuales está enfocado en los siguientes aspectos:

**Capítulo I:** Contiene los antecedentes internacionales, nacionales, locales y el marco teórico de la investigación.

**Capítulo II:** Contiene los materiales y métodos empleados en el proceso de la investigación.

**Capítulo III:** Contiene los resultados obtenidos durante toda la investigación, interpretación, análisis de los resultados, y la discusión de los resultados.

Finalmente se presentan las conclusiones obtenidas del proyecto de investigación, recomendaciones y anexos donde contiene el panel fotográfico del desarrollo del proyecto de investigación y los resultados obtenidos de los análisis de TPH; F1 (C6-C10).

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Antecedentes de la investigación

#### **Antecedentes internacionales**

Trujillo y Ramírez (2011) en su trabajo de investigación titulado “Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos en Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Medellín, Colombia” concluyen que la biorremediación es un proceso que emplea una serie de reacciones bioquímicas para convertir la estructura de los hidrocarburos en componentes menos tóxicos; asimismo, este proceso tiene como ventaja el de no generar corriente de residuos y que inclusive después de suspendido el tratamiento, dadas las condiciones en que se efectúa, se espera un proceso de atenuación natural en el que además de la reducción de hidrocarburos, se reducen las poblaciones bacterianas; luego, indica que la biorremediación es la vía más efectiva para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos, en contraste con alternativas más costosas como la incineración.

Toledo y Torres (2009) en su proyecto de investigación titulado “Aplicación de procesos biológicos con medida de remediación para recuperar suelos Limo-Arcillosos contaminados con gasolina” de la Universidad Politécnica del Litoral Guayaquil -Ecuador, concluyen que los parámetros de Total de Hidrocarburos de Petróleo (TPH) en un suelo contaminado con gasolina presentaron una disminución considerable luego de adicionarle aserrín y humus, demostrando que al adicionar materia orgánica y con la adecuada oxigenación el proceso de biorremediación se realiza con mayor efectividad y mucho más rápido.

Torres y Zuluoga (2009) en su proyecto de investigación denominado “Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos” de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, concluyen que en general, la contaminación de suelos por productos, compuestos o desechos orgánicos de la industria petrolera puede ser tratada y recuperada ecológicamente con la biorremediación, basada en la estimulación de los microorganismos para adecuación de los factores abióticos. Así mismo podría indicarse que en suelos de textura contrastantes como los arcillosos y arenosos, deben emplearse acondicionadores



orgánicos como estiércol, ceniza, carbón, aserrines, etc. que permitan mejorar la estructura de la mezcla para favorecer así la biorremediación.

### **Antecedentes nacionales**

Muñoz y Pacheco (2017) en su trabajo de investigación titulada “Colonias bacterianas presentes en el estiércol de gallinas blancas de la cepa leghorn responsables de la biodegradación de petróleo en suelos contaminados” de la Universidad Wiener de Lima - Perú., concluyen que se evidenció que la reducción de los hidrocarburos de petróleo fue mejor con el tratamiento B3 (Aserrín de roble, Estiércol de gallina y Semilla de trigo) en comparación a los demás tratamientos B1 (Semilla de Trigo) y B2 (Semilla de Trigo y Estiércol de gallina); asimismo, en esta investigación se demostró el proceso de biodegradación de hidrocarburos de petróleo, donde se alcanzó tasas de remoción de 91,1 % de hidrocarburos totales donde el mejor tratamiento fue el B3 que contenía la semilla de *Triticum aestivum* “Trigo”, aserrín de roble y estiércol de la gallina blanca de la cepa “leghor”.

Cárdenas (2017) en su trabajo de investigación titulada “Biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo por bioestimulación con Cachaza y Guano de Islas en suelos de la Refinería Conchan-Petroperú, Lima, 2017” recomienda utilizar el método de rejillas regulares para obtener las muestras representativas para realizar los análisis de Total de Hidrocarburos Presentes de acuerdo a la guía de muestreo de suelos contaminados del MINAM.

Flores y Benites (2015) en su proyecto de investigación denominado “Efecto de estiércol de cuy, porcino y vacuno en la biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburo de diésel en terrarios”. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. Facultad de Ciencias Biológicas. Lambayeque, Perú. Concluyen que el estiércol de cuy, porcino y vacuno incrementaron la biorremediación del suelo contaminado con hidrocarburos de diésel en terrarios, destacando el estiércol de cuy más nutrientes con 81,7 % de eficiencia en la biorremediación.

Buendía (2012) en su proyecto de investigación: “Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante compost de aserrín y estiércoles” concluye que los suelos contaminados con hidrocarburos, tratados con aserrín y estiércoles orgánicos en promedio

disminuyó 22,5 % del contenido de hidrocarburos en el suelo. Empleando solo estiércol disminuyó solamente 16,5% y usando solamente aserrines disminuyó 9,6%. Los suelos contaminados tratados con estiércol orgánico más aserrines, utilizados como sustratos para la planta del maíz, tuvieron en promedio 36,80 cm de altura de planta, en comparación a los tratamientos de suelos contaminados usando solamente estiércol un promedio de 24,48 cm y utilizando solamente aserrín un promedio de 22,14 cm.

Bustamante (2007) en su trabajo de investigación titulado “Remediación de suelos y aguas subterráneas por hidrocarburos en los terminales de Mollendo y Salaverry de la costa peruana” de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú, señala que los impactos ambientales producidos por derrames o contaminación por hidrocarburos son muy significativos y esto es como consecuencia del mal manipuleo, pérdida por rotura de tanques y por conexiones defectuosas.

### **Antecedentes locales**

Fernández (2018) en su proyecto de tesis titulado “Biorremediación con *Penicillium spp*, *Phanerochaete spp* y *Trichoderma spp* de suelos contaminados con DTT, Moyobamba – 2016”, concluye que la biorremediación suele descontaminar suelos de manera significativa, siendo el género *Phanerochaetes spp* el más eficiente con 85 % de descontaminación, seguido del género *Trichoderma spp* con 75 % y *Penicillium spp* con 65 %; asimismo, recomienda seguir investigando en temas de descontaminación de suelos como parte de la formación y el que hacer del ingeniero ambiental, ya que los suelos en la actualidad son fuente de vida para la supervivencia de las futuras generaciones, si estos se ven afectados por contaminantes que siguen persistiendo a pesar de que estos fueron introducidos años atrás, en un futuro sufriremos de escasez de recursos alimenticios.

Terrones (2014) en su proyecto de tesis titulado “Determinación de la eficiencia del carbón activado obtenido experimentalmente a partir de residuos agrícolas del Alto Mayo” concluye que durante el proceso de adsorción, se determinó que la eficiencia del carbón activado de la cascara de “coco” es de 85,34%, asimismo recomienda sensibilizar a la población en general sobre las utilidades del carbón activado especialmente durante los procesos de purificación de gases, aguas y suelos contaminados.

## 1.2. Bases teóricas

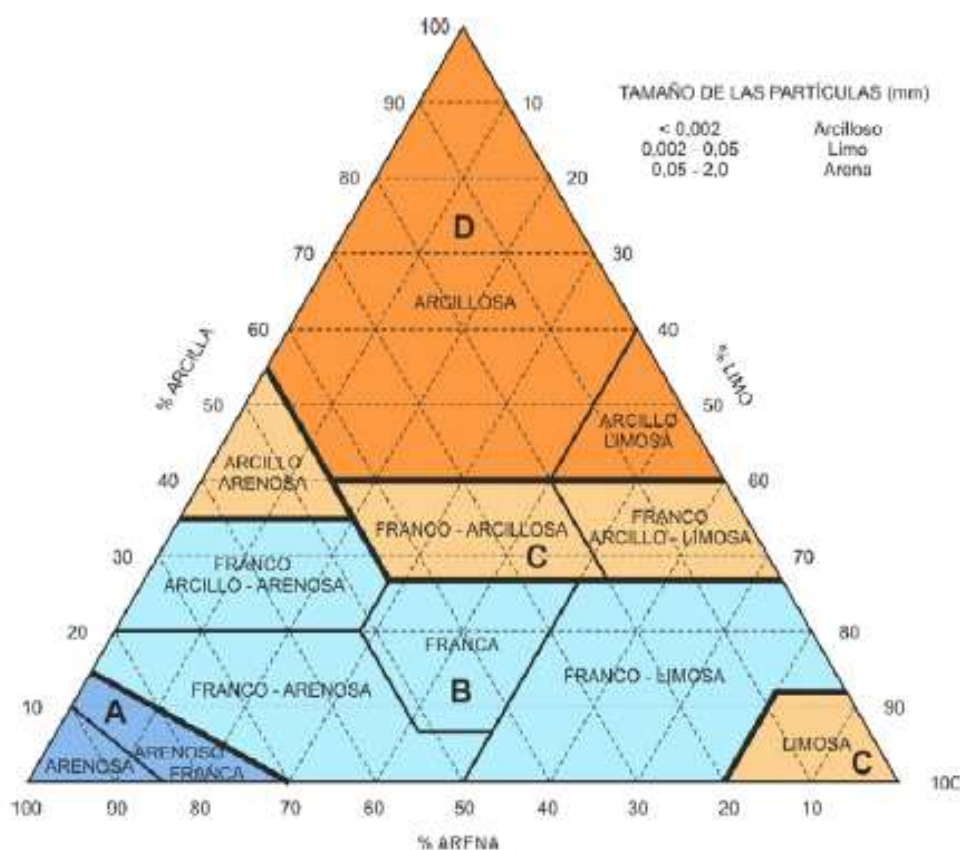
### 1.2.1. Suelo

El suelo es el conjunto de partículas minerales, producto de la desintegración mecánica o de la descomposición química de rocas preexistentes, estos pueden ser residuales o transportados, según se les encuentre en el mismo lugar en que se han generado o en un lugar diferente. El transporte por aire y agua y la sedimentación en esos dos medios constituyen el mecanismo que da lugar a un suelo transportado. (Rico y Del Castillo, 2005)

#### **Clasificación de los Suelos**

Los suelos se clasifican según el tamaño de sus partículas, considerando tres componentes principales: arcilla, limo y arena. En general, la clasificación según tamaño de partículas está basada en el análisis granulométrico por tamizado, método ASTM D422 (American Society for Testing and Materials), en donde la arcilla pasa por un tamiz de 0,002 mm (2  $\mu$ m), los limos quedan retenidos en el tamiz de 0,002 mm pero pasan a través del tamiz de 0,05 mm y las arenas quedan retenidas en el tamiz de 0,05 mm, aunque pasan a través del de 2 mm. Aquellas partículas que quedan retenidas en el tamiz de 2 mm se clasifican como grava o piedra. (Das, 2001).

Las cantidades de arena, limo y arcilla en un suelo determinado, definen el grupo al que pertenece dicho suelo. Se suele emplear un triángulo de texturas para la clasificación de un suelo (Figura 1) según el tamaño del grano, dicho triángulo ha sido diseñado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA).



**Figura 1.** Diagrama triangular de clasificación de suelos (USDA)

La USDA (1975) indica que tanto arena como grava son consideradas como partículas gruesas en comparación con limos y arcillas, las cuales se clasifican como partículas finas. Los suelos con predominio del contenido de arena suelen tener una cantidad de retención de agua baja y una permeabilidad alta, por lo que tienen una buena aireación y drenaje. Los suelos con altos contenidos en limos, suelen tener problemas de formación de costras, lo cual resulta en una alta escorrentía superficial. Asimismo, aquellos suelos con predominio del contenido de limo y arcillas suelen ser cohesivos y tienen una capacidad de retención de agua alta y una baja permeabilidad, lo que supone velocidades de infiltración y aireaciones bajas.

### **Contaminación del suelo**

La contaminación de los suelos se da principalmente por la acumulación de los metales pesados, que en pequeñas cantidades son beneficiosos y sirven como nutrientes del suelo, los metales pesados se encuentran principalmente en la actividad

minera y en los procesos de combustión e incineración de las refinerías. Cuando el detrimento de los suelos sobrepasa el límite de tolerancia del mismo, éste se sobreesatura, deteriorándose y perdiendo su capacidad de auto regenerarse y sus propiedades, las cuales directa o indirectamente permiten la supervivencia de la flora y fauna y por ende de los seres humanos debido a la biomagnificación. (Eweiss, 1999)

### **Causantes de la contaminación del suelo**

Antes de que existieran las regulaciones referentes al manejo y disposición final de los desechos peligrosos era frecuente que las industrias acumularan los residuos peligrosos en sus instalaciones para luego depositarlos en tanques o contenedores cuando eran residuos líquidos y en caso de residuos sólidos los almacenaban generalmente a la intemperie sin protecciones, es así que el almacenamiento de combustible bajo tierra se convirtió en una práctica habitual para ahorrar espacio y por seguridad de los habitantes pero al paso del tiempo siendo depósitos metálicos sufrieron corrosión ocasionando fugas y provocando contaminación en las áreas aledañas a los depósitos. Los residuos industriales no tipificados como peligrosos depositados en tiraderos de basura y sitios no adecuados conllevaron a la contaminación de grandes extensiones de suelo y por consecuencia a los cuerpos hídricos. (Eweis, 1999).

Eweis (1999) también indica que un ejemplo de contaminación por la mala disposición de los residuos considerados tóxicos es lo sucedido en la comunidad de Lathrop, California, donde vertieron el residuo obtenido al aclarar un depósito de fabricación del pesticida dibromocloro propano (DBCP) el cual según las investigaciones es cancerígeno y un esterilizador masculino.



**Tabla 1***Clasificación de la contaminación de suelos y aguas.*

<b>Tipo de compuestos</b>	<b>Tamaño efectivo D10 (mm)</b>	<b>Capacidad de dispersión</b>	<b>Efectos tóxicos</b>
Compuestos químicos de la agricultura	Industrias manufactureras, distribuidores de compuestos químicos, granjas, aeropuertos destinados a vuelos de fumigación.	Generalmente baja	Enfermedades del sistema nervioso, cáncer
Gasolina y diésel	Estaciones de servicio, bases militares, refinerías.	De baja a moderada	Daños al sistema nervioso, cáncer.
Pinturas	Vertederos municipales	De moderada a alta	Envenenamiento, daños al sistema nervioso, cáncer.
Disolventes	Industrias de la electrónica, talleres de automoción.	De moderada a alta	Daño a nervios, toxicidad, cáncer.
Hidrocarburos Policíclicos aromáticos (HPA)	Fabricación de gas de hulla	De baja a moderada	Cierto número de HPA es conocido, o se sospecha que son cancerígenos.

Fuente: Eweis, 1999

**Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo**

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo son aplicables a todo proyecto y actividad, cuyo desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia. (MINAM, 2011).

**Tabla 2***Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de compuestos orgánicos para suelo*

N°	Parámetros	Usos de Suelo			Método de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial Parques	Suelo Comercial/Industrial/ Extractivos	
<b>I</b>	<b>Orgánicos</b>				
<b>1</b>	Benceno (mg/Kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B EPA 8021-B
<b>2</b>	Tolueno (mg/Kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B EPA 8021-B
<b>3</b>	Etilbenceno (mg/Kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B EPA 8021-B
<b>4</b>	Xileno (mg/Kg MS)	11	11	11	EPA 8260-B EPA 8021-B
<b>5</b>	Naftaleno (mg/Kg MS)	0,1	0,6	0,22	EPA 8260-B
<b>6</b>	Fracción de Hidrocarburos F1(C6-C10) (mg/Kg MS)	200	200	500	EPA 8015-B
<b>7</b>	Fracción de Hidrocarburos F1(C10-C28) (mg/Kg MS)	1200	1200	5000	EPA 8015-M
<b>8</b>	Fracción de Hidrocarburos F1(C28-C40) (mg/Kg MS)	3000	3000	6000	EPA 8015-D
<b>9</b>	Benzo(a) pireno (mg/Kg MS)	0,1	0,7	0,7	EPA 8270-D
<b>10</b>	Bifenilos policlorados - PCB (mg/Kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8270-D
<b>11</b>	Aldrin (mg/Kg MS)	2	4	10	EPA 8270-D
<b>12</b>	Endrin (mg/Kg MS)	0,01	0,01	0,01	EPA8270-D
<b>13</b>	DDT (mg/Kg MS)	0,7	0,7	12	EPA 8270-D
<b>14</b>	Heptacloro (mg/Kg MS)	0,01	0,01	0,01	EPA8270-D

Fuente: MINAM, 2017

**1.2.2. Hidrocarburos**

Los hidrocarburos forman el grupo más sencillo de compuestos orgánicos y, como su nombre indica, están constituidos solamente por elementos carbono e hidrógeno, compuestos básicos de la química orgánica. Y en su estructura aparecen exclusivamente enlaces carbono – carbono y carbono–hidrógeno. (Klages, 1968).

**Tipos de hidrocarburos**

Klages (1968) señala que el grupo más sencillo es el de las parafinas, en cuya estructura fundamental de átomos de carbono existen solamente enlaces sencillos C-C y constituyen, en sentido propio, la columna vertebral de la química orgánica; el

mismo autor indica que justo a estos se conocen otros hidrocarburos, las cuales contienen enlaces múltiples carbono-carbono y a los que llaman hidrocarburos no saturados, finalmente bajo la denominación de hidrocarburos aromáticos se comprenden un tercer grupo de hidrocarburos, los cuales pueden considerarse derivados del benceno.

Asimismo, Klages (1968) señala que constituye un subgrupo de hidrocarburos no saturados, pero a causa de sus especiales propiedades, tan diferentes de las de otros compuestos saturados, y que por lo tanto se le considera una clase especial de compuesto denominado hidrocarburos alifáticos.

Por otro lado Jiménez (2017) indica que los hidrocarburos pueden ser acíclicos (cadena abierta, saturados – alcanos- o insaturados – alquenos y alquinos) o cíclicos (cadena cerrada, saturados – cicloalcanos-, insaturados – cicloalquenos y cicloalquinos- o aromáticos o bencénicos).

### **Hidrocarburos en el suelo**

Morgan y Watkinson (1989) señalan que cuando los hidrocarburos ingresan al suelo por la filtración o derrame de un tanque de almacenamiento de petróleo o de un oleoducto, ocurren diferentes procesos que influyen en el destino de estos compuestos en el suelo. Los hidrocarburos pueden propagarse lateralmente en la superficie del suelo o pueden penetrar verticalmente por efecto de la fuerza de gravedad y la capilaridad. En el primer caso se favorece la volatilización de los componentes de bajo peso molecular pero se incrementa el área contaminada y la foto oxidación de los hidrocarburos a compuestos polares más tóxicos. En el segundo caso, a mayor profundidad (lixiviación) se reduce la disponibilidad de oxígeno para la biodegradación y se incrementa el riesgo de contaminar la napa freática. La gran mayoría de hidrocarburos tiene un desplazamiento vertical en los suelos, a excepción de aquellos donde las condiciones climáticas favorecen su saturación con agua o su congelamiento. El mismo autor indica que dentro de los compuestos peligrosos más comúnmente involucrados en emergencias ambientales, se encuentran el petróleo y sus derivados (gasolinas, combustóleo, diesel), agroquímicos, gas LP y natural, entre otros.

El paso de los hidrocarburos a través de la matriz del suelo (lixiviación) depende a su vez de la textura del suelo y la solubilidad de los hidrocarburos en agua. En suelos arcillosos la migración de partículas es más rápida que en suelos francos, dado que los primeros tienen una mayor porosidad (Morgan et al., 1989).

En ese sentido, Jimenez (2017) indica que un derrame de hidrocarburos en el suelo, provoca una serie de cambios en sus propiedades fisicoquímicas, cambios que son progresivos y que por lo tanto deben ser detenidos (por ejemplo mediante biorremediación) para impedir impactos negativos mayores a largo plazo.

### **Total de Hidrocarburos de petróleo (TPH)**

Se usan para describir una gran familia de varios cientos de compuestos químicos originados de petróleo crudo. El petróleo crudo es usado para manufacturar productos de petróleo, los que pueden contaminar el ambiente. Debido a que hay muchos productos químicos diferentes en el petróleo crudo y en otros productos de petróleo, no es práctico medir cada uno en forma separada. Sin embargo, es útil medir la cantidad total de TPH en un sitio. (ATSDR, 1998)

Los TPH son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos. Los científicos han dividido a los TPH en grupos de hidrocarburos de petróleo que se comportan en forma similar en el suelo o el agua. Estos grupos se llaman fracciones de hidrocarburos de petróleo. Cada fracción contiene muchos productos químicos individuales. (ATSDR, 1998)

### **La Gasolina**

Son mezclas de productos hidrocarbonados y aditivos químicos como alcoholes (etanol) y éteres (MTBE: metil tert-butil éter). Las gasolinas presentan una mayor movilidad a través del suelo que los hidrocarburos medianamente destilados (diésel, el kerosene, combustible para aviones, entre otros) y los aceites pesados (lubricantes). Esta alta movilidad se debe principalmente a que sus componentes poseen un bajo peso molecular (moléculas constituidas de cuatro a diez átomos de carbono). El bajo peso molecular (C<sub>6</sub> – C<sub>10</sub>) conlleva a una baja viscosidad, una

alta volatilidad y una solubilidad moderada en agua. Para el caso de derrames nuevos con gasolinas, se puede determinar la presencia de un alto porcentaje de hidrocarburos aromáticos convirtiéndose en productos de mayor solubilidad y toxicidad (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno - BTEX). Debido a que los BTEX poseen una alta volatilidad, solubilidad y biodegradabilidad, son los primeros eliminados de la mezcla de la pluma. Contrariamente, para el caso de derrames antiguos con gasolinas, se puede detectar una baja concentración de BTEX, transformándose en productos más pesados, de menor solubilidad y degradabilidad. En consecuencia, el producto se torna viscoso, relativamente denso, menos volátil, y menos móvil que en caso de derrames recientes de gasolinas. (USEPA, 1997).

### **Impacto de los Hidrocarburos en las especies vegetales**

Montoya et al. (2002) indica que las unidades vegetales con visibles restos de derivados de petróleo (como la gasolina), ya sea en la superficie de la planta o restos subsuperficiales en el suelo próximo a la vegetación, presentan algunos indicios de menor capacidad de producción de semillas. Este impacto potencial se produce en aquellas especies que fueron afectadas por el derrame en pleno estado de floración, lo cual pudo determinar una maduración incompleta y menor viabilidad de las semillas. La consecuencia de este impacto será la potencial afectación de la capacidad natural de reproducción y propagación por vía sexual de las semillas afectadas.

#### **1.2.3. Biorremediación de suelos**

Berkelley (2011) menciona que la biorremediación es el uso de seres vivos para restaurar ambientes contaminados.

Por otra parte, según Ortiz et. Al (2007), la biodegradación asistida, es el proceso por el cual microorganismos indígenas o inoculados (Bacterias y hongos) metabolizan los contaminantes orgánicos del suelo. En este proceso los contaminantes orgánicos, son biotransformados porque generalmente los microorganismos pueden utilizarlos para su propio crecimiento como fuente de carbono y energía y, en el caso de que no sean capaces de crecer a partir de ellos, pueden seguir transformándose si se les



aporta un sustrato de crecimiento alternativo o cosustrato. Para el crecimiento de los microorganismos es necesaria la presencia de donadores y aceptores de electrones, una fuente de carbono y nutrientes (N, P, K, S, Mg, Ca, Mn, Fe, Zn, Cu y elementos traza). El proceso más básico del metabolismo microbiano es la transferencia de electrones desde un sustrato donante hasta un sustrato aceptor.

Ortiz et. Al (2007) también señala que los electrones son necesarios para oxidar (reducir) los compuestos orgánicos, que son la fuente de carbono, a la forma química utilizada por los constituyentes celulares y para generar la energía necesaria que posibilite la síntesis y el mantenimiento de la biomasa.

No todos los compuestos de petróleo se degradan con la misma facilidad por los microorganismos del suelo. Se tiene las siguientes generalizaciones para la biodegradación de hidrocarburos: Los compuestos alifáticos de cadena lineal (parafinicos) se degradan más fácilmente que los compuestos aromáticos.

Los hidrocarburos saturados son más fáciles de degradar que los insaturados. Las cadenas simples de hidrocarburos alifáticos insaturados son más fáciles de degradar que las cadenas ramificadas. La introducción de ramificaciones en la molécula de hidrocarburo reduce la biodegradación. La presencia de enlaces C-C dobles o triples dificulta la degradación. Los compuestos aromáticos simples se degradan por diferentes aperturas del anillo aromático. La incorporación de halógenos disminuye la degradabilidad por estabilización del anillo aromático (Ortiz et. Al 2007).

Cañaz y Jerez (2003) menciona que la actividad biológica de los microorganismos altera la estructura molecular de los hidrocarburos de petróleo en diversos grados. Cuando la descomposición del compuesto orgánico lleva a la formación de una forma intermedia menos tóxica ocurre una biotransformación. Cuando se logra la descomposición a dióxido de carbono, agua y compuestos celulares se logra la mineralización. Ambas reacciones se producen durante la biodegradación.

Cañaz y Jerez (2003), indican que los suelos contaminados contienen una gran cantidad de microorganismos que pueden incluir un número de bacterias y hongos capaces de utilizar hidrocarburos.

## **Factores del proceso de biorremediación**

Los principales factores que determinan el proceso de degradación son:

**Oxígeno (O<sub>2</sub>).** La disponibilidad de oxígeno es necesaria para la bio-oxidación de los compuestos orgánicos. Las reacciones de oxidación son las de mayor importancia en la biodegradación de los hidrocarburos. Las condiciones aeróbicas se logran mediante el volteo mecánico de los suelos con maquinaria agrícola, evitando de esta manera que se formen zonas saturadas de agua por riego excesivo. El volteo de los suelos no solo introduce oxígeno al suelo sino que además redistribuye los nutrientes, contaminantes y microorganismos, favoreciendo la degradación de los contaminantes. La frecuencia de aireación del suelo dependerá del tipo de suelo y la concentración de contaminantes. (USEPA, 1995)

**Humedad (H).** La humedad es necesaria para el crecimiento adecuado de los microorganismos del suelo pero a su vez una excesiva humedad puede reducir la disponibilidad de oxígeno. Durante las operaciones propias de un biorremediación los suelos pueden perder humedad por evaporación por lo que es necesario regar periódicamente las celdas de tratamiento. La USEPA (1995) recomienda mantener la humedad del suelo en el rango de 40% a 85% de la capacidad de campo.

**Potencial de hidrogeno (pH).** Para mantener el crecimiento de los microorganismos degradadores de hidrocarburos, el pH del suelo debe tener valores en el rango de 6 - 8 (USEPA, 2003). Valores de pH mayores a 6,5 minimizan la solubilización y migración de los metales pesados y proveen las condiciones óptimas para la biodegradación. Si los suelos tuvieran valores de pH muy bajos se sugiere emplear cal como material encalante.

**Temperatura (T).** La temperatura tiene una influencia importante en la tasa de degradación de los hidrocarburos, debido a que el crecimiento y la actividad metabólica de los microorganismos están en función de la misma. La USEPA (2003) indica que en el rango de 10 a 45°C, la actividad microbiana se duplica cada 10 °C, siendo el rango óptimo para el proceso de biorremediación.

**Nutrientes.** Los microorganismos requieren de nutrientes inorgánicos como nitrógeno y fósforo para mantener su crecimiento. En general, se recomienda agregar nutrientes usando fertilizantes agrícolas comerciales como urea, nitrato de amonio o

superfosfato triple. Dichos compuestos pueden adicionarse en solución junto con el riego o en forma seca incorporándose mediante el volteo de los suelos con la maquinaria agrícola. La dosificación de nitrógeno y fósforo se realiza en función de la concentración de contaminante de acuerdo a una relación que vincula C: N: P y que varía según los autores. La USEPA (2003) sugiere una relación 100:1, 10:1, 1:0,5.

**Textura del suelo.** Según Guerrero (2001), La textura del suelo afecta la permeabilidad, el contenido de humedad y la densidad del suelo. Para asegurar que la disponibilidad de oxígeno, la distribución de nutrientes y el contenido de humedad se mantengan en rangos efectivos para la biodegradación es importante conocer la textura, la estructura y composición de los suelos.

### **Tipos de biorremediación**

**Degradación enzimática.** Este tipo de degradación consiste en el empleo de enzimas en el sitio contaminado con el fin de degradar las sustancias nocivas. Estas enzimas se obtienen en cantidades industriales a partir de bacterias que las producen naturalmente, o por bacterias modificadas genéticamente que son comercializadas por las empresas biotecnológicas. La descontaminación se logra gracias a la capacidad natural de los organismos antes mencionados de transformar moléculas orgánicas en sustancias más pequeñas, que resultan menos tóxicas. (Sánchez, 2000).

**Remediación microbiana.** Se refiere al uso de microorganismos directamente en el foco de la contaminación. Estos microorganismos pueden existir en ese sitio o provenir de otros ecosistemas, en cuyo caso deben ser inoculados en el sitio contaminado. Cuando no es necesaria la inoculación de microorganismos, suelen administrarse nutrientes, como nitrógeno, con el fin de acelerar el proceso de degradación.

Hay bacterias y hongos que pueden degradar con relativa facilidad petróleo y sus derivados, benceno, tolueno, acetona, pesticidas, herbicidas, éteres, alcoholes simples, entre otros. También pueden degradar, aunque parcialmente, otros compuestos químicos como el arsénico, el selenio, o el cromo. Los metales pesados como uranio, cadmio y mercurio no son biodegradables, pero las bacterias pueden

concentrarlos de tal manera de aislarlos para que sean eliminados más fácilmente. Estas características también pueden lograrse por ingeniería genética. (Martínez, 1998).

**Fitorremediación.** Es el uso de plantas para limpiar ambientes contaminados y constituye una estrategia muy interesante, debido a la capacidad que tienen algunas especies vegetales de absorber, acumular y/o tolerar altas concentraciones de contaminantes como metales pesados, compuestos orgánicos y radioactivos, etc.

Las ventajas que ofrece la fitorremediación frente a los procesos descritos anteriormente son el bajo costo y la rapidez con que pueden llevarse a cabo ciertos procesos degradativos.

Según la planta y el agente contaminante, la fitorremediación puede producirse por acumulación del contaminante en las partes aéreas de la planta; absorción, precipitación y concentración del contaminante en raíces; reducción de la movilidad del contaminante para impedir la contaminación de aguas subterráneas o del aire; desarrollo de bacterias y hongos que crecen en las raíces y degradan contaminantes (este es el caso de mayor utilización para la limpieza de contaminación mediante hidrocarburos); captación y modificación del contaminante para luego liberarlo a la atmósfera con la transpiración y captación y degradación del contaminante para originar compuestos menos tóxicos. (Glynn y Heinke, 1999).

### **Tipos de biorremediación según la técnica utilizada**

**Biodisponibilidad.** Es la facilidad de que los compuestos químicos presentes en el suelo, puedan ser absorbidos o metabolizados por receptores humanos o ecológicos o estar disponibles para la interacción con sistemas biológicos. Las características microbianas de mayor importancia en la biodisponibilidad de los contaminantes orgánicos presentes en el suelo, son las de tipo morfológico, fisiológico y adaptaciones de comportamiento de células sencillas y poblaciones, y fenómenos asociados con la dinámica y ecología de comunidades naturales. Las adaptaciones morfológicas comprenden el tamaño y forma de las células, que les permiten desplazarse en la matriz del suelo y acceder a los microporos. Estos procesos de movilización para alcanzar un sustrato, se logran mediante el desarrollo de estructuras de elevadas dimensiones fractales, para un mejor aprovechamiento del

espacio tridimensional que contiene el sustrato. Las adaptaciones fisiológicas incluyen la adquisición de sistemas de asimilación de alta afinidad para el contaminante, los cuales permiten al microorganismo llevar a cabo procesos de transferencia y desorción de un contaminante más rápido que otros. Otra característica importante es la capacidad de los microorganismos de co-utilizar los contaminantes con otros sustratos de carbón, debido a que los compuestos químicos que entran al ambiente a bajas concentraciones, no son lo suficientemente impactantes para causar la evolución de nuevas rutas catabólicas. Otra interacción de importancia es la síntesis y secreción de moléculas de superficie activas, la cual es una adaptación fisiológica a la baja bioaccesibilidad. La quimiotaxis es una adaptación del comportamiento que le permite a los microorganismos, localizar fuentes de contaminantes e incrementar su biodisponibilidad mediante el movimiento en dirección a un gradiente superior. (Semple, 2007).

**Bioestimulación.** Es el proceso de biorremediación que consiste en proveer las condiciones adecuadas a los organismos autóctonos para acelerar el proceso biodegradativo. Suele consistir en la adición de nutrientes para equilibrar el medio (una fuente de carbono, nitrógeno, fósforo, etc., fácilmente asimilables) y en el control de variables físico-químicas claves, como la humedad, la concentración de oxígeno (u otros oxidantes) o la temperatura. (Castillo, 2005)

**Bioaumentación.** Es la práctica de incrementar la población de bacterias nativas de un ecosistema con la adición de bacterias adaptadas selectivamente, las cuales han sido desarrolladas para aumentar los rangos de reducción orgánica o proporcionar la habilidad de degradar compuestos previamente considerados como difíciles o no biodegradables. Dicha técnica no sustituye la población de bacterias existentes, pero aumenta su habilidad de responder a ciertas situaciones o degradar compuestos de la corriente de desechos, dando como resultado una mejora del tratamiento.

La bioaumentación posibilita controlar la naturaleza de la biomasa, y garantiza que el tipo de microorganismos más idóneo esté presente en el suelo en cantidad suficiente para degradar en forma efectiva y eficiente los residuos contaminantes y reducirlos a sus componentes básicos (dióxido de carbono y agua). (Miller, 1996).

**Inoculación.** Este método es una forma de tratamiento in situ (en el lugar) y se refiere a tratar el suelo contaminado sin removerlo (excavarlo). En este caso los minerales, nutrientes y a menudo los organismos son agregados dentro del piso a través de pozos, galerías de infiltración u otras formas, que facilitan que el proceso de degradación se realice en el sitio donde está la contaminación.

La mezcla periódica y la adición de más nutrientes (o organismos) permite asegurar homogeneidad mientras se airea la tierra. Esta práctica se conoce a menudo como cultivo de la tierra, pues los microorganismos son susceptibles de ser “cultivados”, para facilitar la degradación de material contaminado.

El tratamiento también se puede realizar ex situ (fuera del lugar) y se refiere a la excavación del lugar y el tratamiento de la tierra en un área apartada donde se agregan nutrientes minerales y microorganismos externos (si es el caso), seguido de una buena mezcla para asegurar la distribución a través de toda la tierra. (Di Paola, 2010).

La biorremediación se puede realizar in situ o ex situ. En el tratamiento in situ (también conocido como biorremediación intrínseca) se puede estimular la actividad degradativa de los organismos que están presentes en el lugar contaminado a través del suministro de nutrientes (bioestimulación), o también es posible añadir organismos con propiedades específicas para degradar el contaminante (bioaumentación). (Di Paola, 2010).

### **Especies reductoras de la concentración de hidrocarburos en el suelo**

En áreas muy contaminadas se produce una selección de especies, surgiendo individuos de una misma especie tolerantes a la presencia de contaminantes que incluso, a niveles bajos de contaminación, tienen la capacidad de crecer y reducir las concentraciones de hidrocarburos y otros contaminantes.

Frick et al (1999) menciona que entre algunas plantas que pueden crecer en suelos con hidrocarburos de petróleo encontramos diferentes especies arbustivas, gramíneas, leguminosas, etc. pero que no presentan necesariamente un crecimiento y desarrollo adecuado. En el caso de las leguminosas su capacidad de fijar nitrógeno es su principal ventaja. Hay que añadir que en el caso de *Helianthus annuus* (Girasol), este también es tolerante a diferentes metales pesados como plomo, cobre, etc.

Las plantas que crecen en suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo pueden reducir la concentración de estos contaminantes mediante tres mecanismos: degradación, contención o transferencia (Frick et al. 1999).

Alkorta et al. (2001). Concluye que la densidad de bacterias presentes en la rizosfera es dos a cuatro veces mayor que en otras zonas del suelo. La biodegradación en la rizosfera también se estimula por la mayor aireación y contenido de humedad que brindan las raíces, así como, por la liberación de enzimas en los exudados radiculares.

**Tabla 3**

*Plantas con potencial de reducir la concentración de hidrocarburos en el suelo.*

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Pasto	<i>Agropyron smithi</i>	Col	<i>Festusca arundinacea</i>
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Soya	<i>Glycine max</i>
<b>Girasol</b>	<i>Helianthus annuus</i>	Trigo	<i>Triticum sp.</i>

Fuente: Frick et al., 1999

#### 1.2.4. Carbón activado, Cascarilla de “arroz” y *Helianthus annuus* “girasol”

##### **El Carbón activado y la cascarilla de “arroz”**

Rodríguez y Molina (1994) refiere que el carbón activado es un material de carbón que se prepara para que tenga una elevada superficie interna y así poder adsorber (retener sobre su superficie) una gran cantidad de compuestos muy diversos, tanto en fase gaseosa como en disolución. El mismo autor menciona que la elevada capacidad de eliminación de sustancias se debe a la alta superficie interna que posee, porosidad y distribución de tamaño de poros juegan un papel importante. Por otra parte, el carbón activado tiene escasa especificidad ante un proceso de retención, es un adsorbente “universal”.

No obstante, por su naturaleza apolar y por el tipo de fuerzas implicadas en el proceso de adsorción, retendrá preferentemente moléculas apolares y de alto volumen molecular (hidrocarburos, fenoles, colorantes). De ahí que más de 190.000 Tm/año (de las 375.000 producidas) se destinen a la eliminación de contaminantes procedentes de sectores muy variados, tanto en fase gas (sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, vapores de gasolinas) como líquida (aguas potables, industriales y residuales, tintorerías).



Finalmente, Rodríguez y Molina (1994) indican que cuando la sustancia a eliminar tiene una polaridad apreciable, bajo volumen molecular y está muy diluida en aire la retención a temperatura ambiente por el carbón sólo es efectiva si se impregna con reactivos específicos o se aprovechan las propiedades catalíticas del carbón. De esta manera, tras la adsorción se producen unas reacciones químicas que transforman los productos tóxicos en inertes que se desorben o quedan retenidos en la porosidad del carbón.

Los beneficios de la materia orgánica como la cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz” son:

- a) Son fuente de carbono y nitrógeno para los microorganismos.
- b) Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal.
- c) Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.
- d) Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.
- e) Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.
- f) Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos.

Los beneficios de la materia orgánica en los suelos son:

- a) Efectos en las condiciones físicas del suelo: mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua.
- b) Los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues entre sus efectos se pueden mencionar:
- c) Controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

- d) La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción.

### ***Helianthus annuus* “Girasol”**

El “girasol” es una planta nativa de América al igual que la mayor parte de los miembros del género *Helianthus*. Con la llegada del hombre americano, el “girasol” fue utilizado como alimento por los nativos, quienes también lo utilizaron como pigmento para pintarse el cuerpo en ceremonias religiosas y para decorar vasijas. Cuando el cultivo de esta especie se desarrolló, fue utilizado como calendario de caza y decían que cuando los girasoles estaban altos y en floración, los búfalos estaban gordos y que la carne era buena (Taboada, 2004).

**Clasificación taxonómica:** El género *Helianthus* pertenece a la familia *Asteraceae* y se le ha considerado desde 10 hasta 200 especies. Sin embargo, solo se reconocen 67, de las cuales 11 son especies anuales. El girasol silvestre se distribuye a lo largo de la región y se encuentra en altitudes que van de 0 a 2500 msnm (Taboada, 2004).

**Tabla 4**

*Clasificación taxonómica.*

<b>Reino</b>	<b>Vegetal</b>
<b>División</b>	<i>Angiospermae</i>
<b>Clase</b>	<i>Dicotiledónea</i>
<b>Orden</b>	<i>Esterales</i>
<b>Familia</b>	<i>Asteraceae</i>
<b>Género</b>	<i>Helianthus</i>
<b>Especie</b>	<i>Helianthus annuus</i>

Fuente: (Cronquist, 1988)

**Raíces:** La raíz del “girasol” es pivotante; se forma por un eje principal dominante y abundantes raíces secundarias. El conjunto forma un fuerte sistema radical que puede alcanzar hasta 4 metros de profundidad. Este sistema ha sido objeto de números estudios que han puesto de manifiesto la avidez que tiene por la humedad por los distintos tipos de suelo. La raíz crece con mayor rapidez que la parte aérea al iniciarse al desarrollo de la planta. Durante la fase, de 4 a 5 pares de hojas alcanzan una profundidad de 50 a 70 cm. Y llegan al crecimiento máximo en la floración.

Normalmente, la longitud de la raíz principal sobrepasa la altura del talo. La profundidad a la cual se desarrolla la red de raicillas depende de las condiciones climáticas: si hay sequía, llega a la mayor profundidad; si hay humedad, se acercan a la superficie del suelo (Ortegon, 1993).

**Tallo:** El tallo es erecto, vigoroso y cilíndrico. Tiene el interior macizo. Al llegar a la madurez se inclina en la parte terminal a consecuencia del peso de la inflorescencia. La superficie exterior es rugosa, azucarada y vellosa. La altura de las variedades aceiteras es entre 60 y 220 cm. El diámetro varía entre 2 y 6 cm, con mayor grosor en la parte inferior del tallo. En las variedades mejoradas los tallos no exhiben ramificación debido a que esta característica es nociva en los tipos de “girasol” para aceite (Ortegon, 1993).

**Hojas:** Las hojas son alternas, grandes, trinervadas, muy pecioladas, de forma variables, acuminadas, dentadas, con vellosidad áspera en el haz y el envés. La posición de las hojas en tallo es la siguiente: en los primeros 2 o 3 pares son apuestas y los demás son alternas. El número de hojas por planta varía entre 12 y 40, según las condiciones del cultivo y las peculiaridades individuales de la variedad. En función de la fertilidad del suelo, la superficie foliar de una planta madura abarca de 3000 a 6000 cm<sup>2</sup>, y el contenido de clorofila es aproximadamente 16,5 mg/10 g de hojas frescas (Ortegon, 1993).

**Inflorescencia:** La inflorescencia (llamada capitulo o cabeza) está formada por un numero de flores que fluctúa entre 500 y 1500. Su borde se compone de brácteas protectoras que forman el involucre. El conjunto toma la forma de un disco que constituye el receptáculo. El receptáculo es un disco plano, cóncavo o convexo, el cual tiene insertadas las flores en la cara superior y las brácteas en el borde. En plena floración es semicarnoso y succulento. En el receptáculo hay dos tipos de flores: liguladas y tubulosas.

Las flores liguladas son estériles y se componen de un ovario rudimentario, un cáliz igual rudimentario y una corola transformada, semejante a un pétalo; suman de 30 a 70; están dispuestas radialmente en una o dos filas; tienen una longitud de 6 a 10 cm. Y una anchura de 2 a 3 cm; son de color amarillo-dorado, amarilloclaro y amarillo-anaranjado. Las flores tubulosas son fértiles, pues llevan los órganos de

reproducción; cada una se compone de cáliz, corola, androceo y gineceo; están dispuestas en arcos espirales que parten del exterior al centro de los discos. (Ortegon, 1993).

**Semilla – Fruto:** Una vez fecunda la flor, el ovario se transforma en fruto y el ovulo en semilla. En botánica el fruto del “girasol” se llama aquenio, el cual es seco, indehiscente y se compone por el pericarpio y la semilla. Comúnmente se le denomina “semilla” o “grano”. El pericarpio (cascara) es seco, fibroso y está separado de la semilla (almendra) a la cual protege. Su color puede ser blanco, estriado (negro y blanco), negro, pardo o rojizo, pero los más comunes son el estriado y el negro. El espesor de la cascara cambia con las variedades. Por lo general, la semilla de las variedades aceiteras es negra y tiene aproximadamente un 25% de cascara (Ortegon, 1993).

### 1.3. Definición de términos básicos

**Ambiente:** Es el conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos, de origen natural o antropogénico, que rodean a los seres vivos y determinan sus condiciones de existencia. (MINAM, 2016).

**Biorremediación:** La biorremediación es una técnica para limpiar suelos contaminados de una forma muy práctica ya que se usan a los mismos microorganismos que viven en el suelo y el subsuelo. (Iturbe, 2010).

**Biodegradación:** es una descomposición orgánica por microorganismos en la que los materiales pueden transformarse en sustancias más simples, caso de contribuir al reciclaje de nutrientes o a la eliminación de contaminantes en la naturaleza. (Gómez & Sáiz, 2013).

**Carbón activado:** El carbón activado puede ayudar a eliminar sustancias indeseables y toxinas, tanto elementos químicos, fármacos, metales pesados, aditivos alimentarios y en general tóxicos. Procede de bosques y raíces de bosques calcinados, aunque puede estar elaborado de turba, carbón, madera, cáscara de coco o petróleo.

A diferencia del carbón natural, el carbón activo contiene gas, lo que hace que sea muy poroso. Estos poros son los que le dan la acción al carbón vegetal. (Manahan, 2007)

**Compost:** El compostaje es un proceso mediante el cual diversos sustratos orgánicos se descomponen y estabilizan debido a la acción de una población mixta de microorganismos, obteniéndose un producto final denominado compost, orgánicamente estable, libre de patógenos y semillas de malezas que puede ser aplicado de manera eficiente al suelo para mejorar sus propiedades (Haug, 1993).

**Fitorremediación:** conjunto de métodos para degradar, asimilar, metabolizar o detoxificar metales pesados y compuestos orgánicos por medio de utilización de plantas. (Mentaberry, 2011).

**Fracción de hidrocarburos o hidrocarburos fracción ligera:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre cinco y diez átomos de carbono (C5 a C10). Los hidrocarburos fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasavión, gasolvente, gasolinas, gas nafta. (MINAM, 2014)

**Gasolina:** Es una mezcla de hidrocarburos alcánicos procedente de la fracción de punto de ebullición 40-180°C del petróleo. La calidad de la gasolina depende de que hidrocarburos predominan en la mezcla. (Weininger y Stermitz, 1988)

**Hidrocarburo:** Son sustancias orgánicas cuya molécula está constituida solamente por átomos de hidrogeno y carbono, pueden ser gaseosos, líquidos o sólidos (MINAM, 2014).

**Materia orgánica:** Está formada por dos tipos de materiales que son restos de animales y vegetales en diferentes fases de descomposición y el humus resultante de las reacciones entre nuevas sustancias formadas. La descomposición de materiales orgánicos ocurre por medio de mineralización y humificación. (García et al, 2007)

**Rejillas regulares:** En el plano se trazan rejillas con líneas paralelas y perpendiculares equidistantes, permitiendo que todas las celdas tengan las mismas dimensiones. El tamaño de las celdas depende del detalle requerido, entre más detalle se requiera las celdas son más pequeñas. Se marca un punto en cada celda, ya sea al centro o en las intersecciones, pero en todas las celdas los puntos deben quedar en el mismo lugar. (MINAM, 2014).

**Suelo:** Es un recurso vivo, dinámico, compuesto de partículas de minerales de diferentes tamaños, materia orgánica y numerosas especies de microorganismos morfológica y fisiológicamente distintos. (Paul y Clark, 1996).

**Contaminación de suelos:** 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).

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **2.1. Materiales e insumos**

01 par de botas.

Materiales de escritorio (cuaderno, lapicero y hojas bond).

15 Maceteros.

10 pares de guantes quirúrgicos.

01 cinta métrica.

01Mandil.

3 kg de compost de Cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz”.

3kg de carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco”.

150 kg de Suelo contaminado por gasolina.

#### **2.2. Equipos**

01 Calculadora.

01 Balanza analítica.

01 Estufa.

01 Laptop.

01 Impresora.

#### **2.3. Tipo y nivel de investigación**

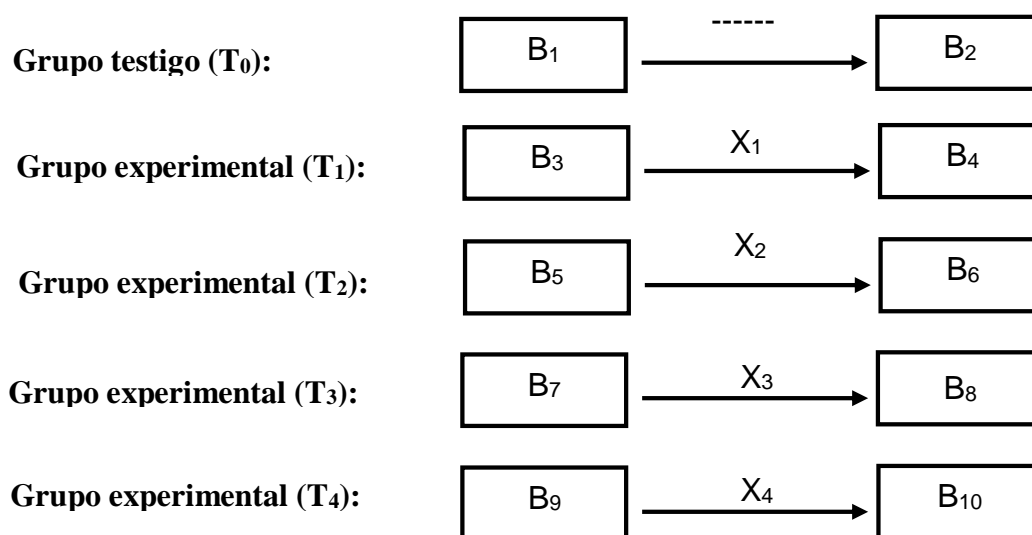
De acuerdo a la orientación: Aplicada

De acuerdo a la técnica de contrastación: Explicativa – Experimental

#### **2.4. Diseño de la investigación**

Se utilizó el diseño de pre-prueba - post-prueba adaptado por el autor para poder definir el análisis de datos, donde la variable “estimulo” se aplicó en magnitudes diferentes para cada grupo, uno de los cuales, el testigo por antonomasia no recibió estímulo alguno. Este diseño confirió mayor validez y confiabilidad al estudio, ya que permitió establecer variaciones concomitantes expresables, la mayor parte de veces en fórmulas matemáticas.

Diagrama del diseño:



Donde:

T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>: Suelos contaminados con gasolina.

B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>7</sub>, B<sub>9</sub>: Medición de parámetros TPH; F1 (C6-C10) antes del proceso de biorremediación.

X<sub>1</sub>: *Helianthus annuus* “Girasol”

X<sub>2</sub>: *Helianthus annuus* “Girasol” + Carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco”

X<sub>3</sub>: *Helianthus annuus* “Girasol” + Carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco” + Cascarrilla de *Oryza sativa L.* “arroz”

X<sub>4</sub>: *Helianthus annuus* “Girasol” + Cascarrilla de *Oryza sativa L.* “arroz”

B<sub>2</sub>, B<sub>4</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>8</sub>, B<sub>10</sub>: Medición de los parámetros (altura, peso seco foliar y radicular, número de hojas de *Helianthus annuus* “girasol” y TPH; F1 (C6-C10)) después del proceso de biorremediación.

Se utilizó el diseño en bloques al azar DBCA, donde hubo 5 tratamientos y 3 repeticiones, utilizando macetas experimentales con capacidad de 9kg.

La dosificación por maceta fue con carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco”, compost de cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz”, suelo contaminado por gasolina, y como indicador se utilizó *Helianthus annuus* “girasol” en los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> de acuerdo a la bibliografía y metodología recomendada por Buendía (2012).



**Tabla 5***Dosificación por tratamiento*

Descripción	TRATAMIENTOS				
	T0	T1	T2	T3	T4
Suelo Contaminado por gasolina (kg)	9,000	9,000	8,500	8,500	8,500
Carbón activo de cáscara de <i>Cocos nucifera L.</i> “coco”(kg)	0,000	0,000	0,500	0,250	0,000
Compost de Cascarilla de <i>Oryza sativa L.</i> “arroz” (kg)	0,000	0,000	0,000	0,250	0,500
Planta de <i>Helianthus annuus</i> “girasol”	0	1	1	1	1

Fuente: Elaboración del autor

**Tabla 6***Croquis de diseño de la distribución de tratamientos*

TRATAMIENTO	REPETICIÓN 01	REPETICIÓN 02	REPETICIÓN 03
T0	T0 <sub>1</sub>	T0 <sub>2</sub>	T0 <sub>3</sub>
	SC (TESTIGO)	SC (TESTIGO)	SC (TESTIGO)
T1	T1 <sub>1</sub>	T1 <sub>2</sub>	T1 <sub>3</sub>
	SC + PLANTA	SC + PLANTA	SC + PLANTA
T2	T2 <sub>1</sub>	T2 <sub>2</sub>	T2 <sub>3</sub>
	SC+CAR+PLANTA	SC+CAR+PLANTA	SC+CAR+PLANTA
T3	T3 <sub>1</sub>	T3 <sub>2</sub>	T3 <sub>3</sub>
	SC+CAR+CAS+PLAN	SC+CAR+CAS+PLAN	SC+CAR+CAS+PLAN
	TA	TA	TA
T4	T4 <sub>1</sub>	T4 <sub>2</sub>	T4 <sub>3</sub>
	SC+CAS+PLANTA	SC+CAS+PLANTA	SC+CAS+PLANTA

Fuente: Elaboración del autor

**Leyenda:**

T: Tratamiento

SC: Suelo Contaminado por gasolina

CAR: Carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco”.CAS: Compost de cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz”.

## 2.5. Área total y Muestra

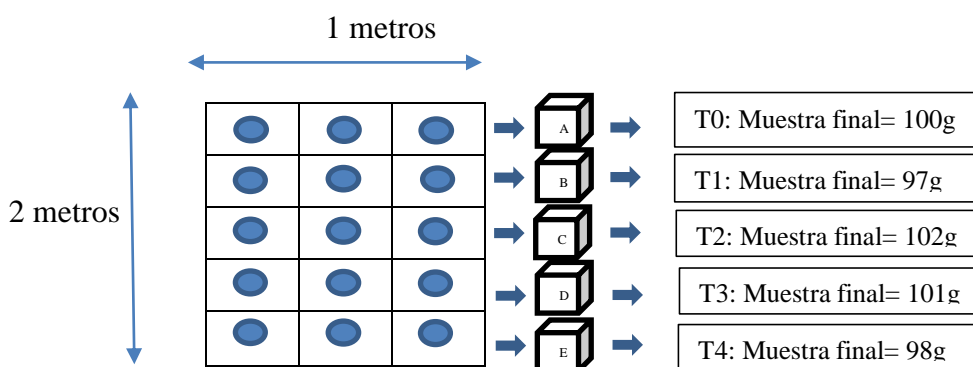
### Área total

El área total de estudio estuvo conformada por un suelo el cuál fue contaminado con gasolina (simulando así un derrame por gasolina), dicha área total se ubicó en el Jr. San Carlos S/N (ver ubicación del proyecto). El área total tuvo unas dimensiones de 1x2 metros y 10 cm de profundidad; asimismo, su superficie fue de 2 m<sup>2</sup> y un perímetro de 6 metros.

### Muestra

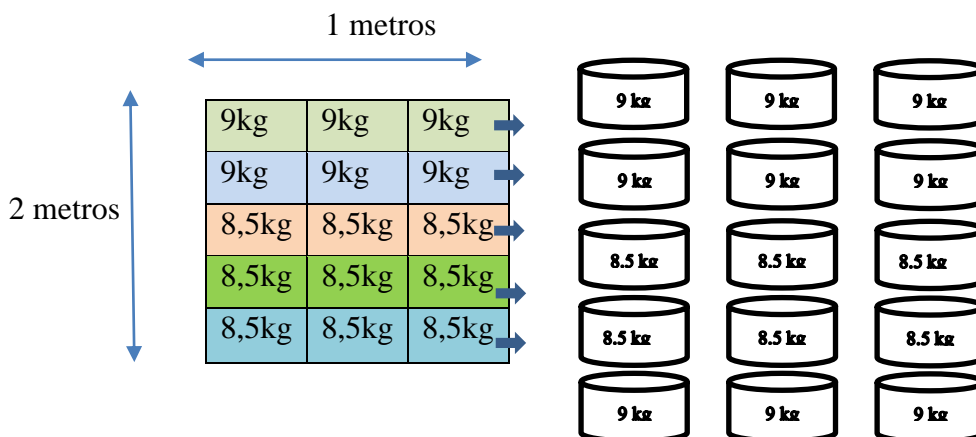
La muestra se obtuvo siguiendo el patrón de muestreo con distribución homogénea, tal como lo indica la Guía para muestreos de suelos del MINAM. El patrón elegido para el muestreo fue el de rejillas regulares las cuales trazan unas líneas paralelas equidistantes que permiten que las celdas tengan las mismas dimensiones.

El área poblacional se dividió en 15 celdas con medidas de 0,333x0,40 metros. De cada celda se tomó una muestra representativa de suelo contaminado que en promedio fue de 393,2 g, posteriormente por fila se obtuvo un promedio de 1179 g de muestra para los 5 tratamientos, luego se utilizó el método de cuarteo 2 veces por muestra, para obtener una muestra final que en promedio fue de 100 gramos, la cual fue enviada al laboratorio de AGQ Labs para su análisis de concentración inicial de TPH; F1 (C6-C10).



**Figura 2.** Patrón de muestreo rejillas regulares (15 rejillas) para muestra representativa. (Fuente: Guía de Muestreo de Suelo (MINAM)).

Para los maceteros, se utilizó de cada rejilla la cantidad de 8500 g en promedio de suelo contaminado haciendo un total de 120 kg en promedio utilizado para las 15 unidades experimentales.



**Figura 3.** Rejillas regulares para la obtención de suelo contaminado para los tratamientos. (Fuente: Guía de Muestreo de Suelo (MINAM)).

## 2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### Técnicas de recolección de datos:

**Selección de área.** El área para la ubicación del proyecto de biorremediación de suelos contaminados por gasolina, se seleccionó en una huerta de una vivienda del Jr. San Carlos S/N – Moyobamba, donde se dio las condiciones necesarias para el desarrollo del proyecto.

**Observación en campo, experimental y sistemática.** Permitió recabar información in situ de la evolución de la especie indicadora *Helianthus annuus* “Girasol” en el suelo contaminado, se consideró el crecimiento, peso seco radicular y peso seco foliar.

**Diseño de los tratamientos.** Para el diseño de los tratamientos se empleó la metodología recomendada por Buendía (2012) en su trabajo de investigación sobre biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos.

**Muestreo de suelo.** Se realizó según el Protocolo de Monitoreo de la calidad del suelo; el tipo de muestreo fue en rejillas, en el cual se trazaron líneas paralelas y perpendiculares equidistantes permitiendo que todas las celdas tengan las mismas dimensiones. Se marcó un punto en cada celda (en el centro de la celda) para luego realizar muestreo y se realizó el método de cuarteo en promedio dos veces (hasta obtener la muestra representativa de 100g

en promedio para los 5 tratamientos); el muestreo de suelo se realizó dos veces, la primera fue antes de introducir el suelo contaminado a los maceteros y la segunda fue después de cosechar al *Helianthus annuus* “girasol”.

**Análisis físico y ensayo de laboratorio.** Se midieron 7 parámetros en el análisis físico las cuales fueron (Textura, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica, NPK, Capacidad de intercambio catiónico), realizado en el laboratorio de Análisis de Suelo del Proyecto Especial Alto Mayo en la ciudad de Nueva Cajamarca; y el análisis de la concentración de TPH; F1 (C6-C10), se realizó en el laboratorio de AGQ Labs de la ciudad de Lima.

#### **Instrumentos de recolección de datos:**

**Envases rotulados para muestras.** Permitió la recolección de las muestras identificadas con su cadena de custodia que fueron enviadas al laboratorio de AGQ Labs.

**Ficha de muestreo/Cadena de custodia.** Documento que recogió la información levantada en campo, que incluye la técnica de muestreo que se utilizó, condiciones del punto de muestreo y breve descripción de las muestras tomadas (según la Guía de Muestreo de suelos del MINAM)

**Cooler:** Fue usado para conservar las muestras a temperatura ambiental y trasladar al laboratorio.

**Tablas/ Ficha de recolección de datos:** Permitió registrar datos en campo y resultados obtenidos en laboratorio.

**Tabla 7***Técnicas e instrumentos de recolección de datos.*

<b>Etapa</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Resultado</b>
<b>Reconocimiento del problema de investigación</b>	Revisión Bibliográfica	Registro de toma de datos( Apuntes)	Conocimiento de la realidad problemática.
<b>Selección de población y muestra en área de estudio.</b>	Observación en campo y revisión bibliográfica. Muestreo por Rejillas regulares.	Guía de muestreo de suelos (MINAM). Cadena de custodia. Ficha de recolección de datos.	Determinación de la población y de la muestra.
<b>Caracterización de las muestras.</b>	Análisis de Laboratorio.	Equipos de Laboratorio AGQ Labs.	Determinación del nivel inicial de contaminación por TPH; F1 (C6-C10) del suelo.
<b>Siembra del indicador girasol (<i>Helianthus annuus</i>)</b>	Observación en campo	Ficha de recolección de datos	Determinación de la variación en la altura de planta, peso seco foliar y peso seco radicular por tratamiento.
<b>Análisis final de los tratamientos</b>	Análisis de Laboratorio.	Ficha de recolección de datos obtenidos en Laboratorio	Determinación de la concentración final de TPH; F1 (C6-C10).
<b>Análisis estadístico de los resultados.</b>	Análisis Estadístico – ANVA – Prueba de Tukey.	Microsoft Excel e IBM SPSS Statistics 23	Resultado de análisis estadístico.

Elaboración del autor.

*Fuente:*

## 2.7. Procedimiento

### **Ambientación del lugar donde se realizó la ejecución del proyecto.**

Se acondicionó el lugar utilizando materiales de la zona y con mallas de color verde para proteger de animales y/o plagas en un espacio de una huerta ubicada en el Jr. San Carlos S/N cuadra 3 de la ciudad de Moyobamba, departamento de San Martín, donde se le dieron las condiciones necesarias.

### **Muestreo de suelos y análisis inicial de TPH; F1 (C6-C10).**

El suelo se obtuvo por el sector del peaje Moyobamba - IIRSA Norte, ubicada por la carretera Moyobamba – Tarapoto, se trajo en 5 sacos aproximadamente, se acondicionó en el lugar donde se realizó el proyecto y se le contaminó con 10 litros de gasolina. Posteriormente al suelo se le acondiciono adecuadamente (ver anexos). Se tomaron las muestras del suelo contaminado por gasolina, utilizando una palana plana, se extrajeron las muestras utilizando el patrón de rejillas regulares homogéneas, depositando las muestras en una manta de polietileno para su homogenización (en total fueron 5 muestras obtenidas). Luego la muestra compuesta fue dividida por el método de cuarteo (en promedio de dos veces) hasta obtener una muestra representativa de 100 g, que fueron recogidos en un envase de vidrio de 40 ml. Posteriormente fueron enviados al Laboratorio de AGQ Labs de la ciudad de Lima para el análisis de la concentración inicial de TPH; F1 (C6-C10).

Para introducir el suelo contaminado por gasolina a los maceteros, se necesitaron de aproximadamente 8.5 kg por cada rejilla, posteriormente se hizo las mezclas correspondientes de acuerdo a lo señalado anteriormente en la dosificación por tratamientos.

También se extrajo una muestra representativa de 1000 gr para realizar el análisis de caracterización físico- químico del suelo en el laboratorio del Proyecto Especial Alto Mayo -PEAM, ubicado en la ciudad de Nueva Cajamarca.

### **Instalación del experimento.**

Antes de empezar la instalación del experimento se procedió a sembrar las semillas de *Helianthus annuus* “Girasol” en una almaciguera, que luego de 15 días de germinados fueron trasplantadas a los maceteros a razón de 1 planta/macetero, a excepción de T0.

Para la instalación del experimento se procedió a la dosificación de los 5 tratamientos tal y como se muestra en las Tablas 5 y 6. Como planta indicadora se utilizó a *Helianthus annuus* “Girasol”, por ser una planta tolerante a los hidrocarburos de petróleo y otros.

Durante el periodo que duró el experimento, se procedió a regar al “girasol” con agua de río para lo cual se controló el riego cada 10 días.

### **Medición de crecimiento del Girasol.**

Cada 5 días después de iniciado el experimento se procedió a medir la altura de la planta, desde la base del tallo; asimismo, al final del experimento se determinó el peso seco foliar, para lo cual se colectaron las hojas y tallos, llevándose a una estufa del Laboratorio de Biología y Química de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto y colocados a 60 grados centígrados por 3 días en bolsas de papel molde debidamente rotuladas, para determinar el peso seco foliar (hojas y tallos) de cada uno de los tratamientos, mediante una balanza analítica. Asimismo, se determinó el peso seco radicular de los tratamientos, para lo cual se extrajo las raíces, y posteriormente se limpiaron con abundante agua, finalmente fueron colocados en la estufa a 60 °C por 3 días en bolsas de papel molde debidamente rotuladas. Luego se utilizó la balanza analítica para obtener el peso seco radicular.

### **Análisis de TPH; F1 (C6-C10) final.**

Concluido el experimento y luego de haber cosechado al *Helianthus annuus* “girasol” se procedió a realizar el segundo muestreo, para ello se preparó las muestras de cada tratamiento para que se pueda realizar el análisis de laboratorio y determinar el nivel de concentración final de hidrocarburos totales de petróleo TPH; F1 (C6-C10).

## **2.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Los datos obtenidos y recolectados a través de la observación, análisis de laboratorio, y otras fuentes del presente estudio, fueron procesados y analizados de manera automatizada utilizando el software estadístico IBM SPSS Statistics 23 (ANOVA - Prueba de Tukey).

Los datos de eficiencia fueron calculados mediante fórmulas matemáticas y presentados mediante tablas y gráficos estadísticos de todas las observaciones realizados para facilitar su interpretación.

Para el análisis de la eficiencia en la biorremediación del suelo contaminado por gasolina, parámetro de TPH; F1 (C6-C10) se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{eficiencia en remoción: } \frac{\text{Concentración}_{\text{entrada}} - \text{Concentración}_{\text{salida}}}{\text{Concentración}_{\text{entrada}}} \times 100$$

Fuente: Medina *et al.*, (2015), pág. 40.

La concentración de los parámetros de TPH; F1 (C6-C10) evaluado obtenido antes de la aplicación del tratamiento y post prueba de experimentación fueron comparadas para determinar cuál tratamiento tuvo los mejores resultados.



## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. Determinación de la concentración de TPH; F1 (C6-C10) en los diferentes tratamientos.

###### **Análisis inicial de la concentración de TPH; F1 (C6-C10).**

De acuerdo a la muestra representativa, los resultados del análisis inicial de la concentración de TPH; F1 (C6-C10) realizado en el laboratorio de AGQ Labs, se presenta en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Resultados de la concentración inicial de TPH; F1 (C6-C10) por tratamiento.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Composición</b>	<b>mg TPH; F1 (C6-C10)/ kg PS</b>
<b>T0</b>	SC	127
<b>T1</b>	SC + PLANTA	122
<b>T2</b>	SC + PLANTA+CAR	73
<b>T3</b>	SC+ PLANTA + CAR+CAS	117
<b>T4</b>	SC + PLANTA+CAS	172

Fuente: AGQ Labs

De los resultados del análisis inicial para determinar la concentración de TPH; F1 (C6-C10), se aprecia que los tratamientos tienen niveles iniciales entre 73 - 172 mg/Kg PS.

###### **Análisis final de la concentración de TPH; F1 (C6-C10).**

Los resultados del análisis final de laboratorio de la concentración de TPH; F1 (C6-C10) se muestran en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Resultado final de la concentración de TPH; F1 (C6-C10) por tratamiento.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Composición</b>	<b>mg TPH; F1 (C6-C10)/ kg PS</b>
<b>T0</b>	SC	13
<b>T1</b>	SC + PLANTA	5
<b>T2</b>	SC + PLANTA+CAR	0,3
<b>T3</b>	SC+ PLANTA + CAR+CAS	0,7
<b>T4</b>	SC + PLANTA+CAS	0,9

Fuente: AGQ Labs

En la Tabla 9, se observa que los tratamientos T2, T3 y T4 han reducido de manera considerada la concentración de TPH; F1 (C6-C10) en comparación a los diferentes tratamientos.

**Análisis del porcentaje de remoción de la concentración de TPH; F1 (C6-C10) por tratamiento después de haber sido cultivado con *Helianthus annuus* “girasol”.**

Se presenta la Tabla 10 donde se muestra las concentraciones de TPH; F1 (C6-C10) iniciales y finales, así como el porcentaje de remoción.

**Tabla 10**

*Concentración de TPH; F1 (C6-C10) inicial y final del experimento y porcentaje de reducción de TPH; F1 (C6-C10).*

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosificación</b>	<b>TPH; F1 (C6-C10) Inicial (mg/kg PS)</b>	<b>TPH; F1 (C6-C10) Final (mg /kg PS)</b>	<b>% de remoción</b>
<b>T0</b>	SC	127	13	89,76
<b>T1</b>	SC+PLANTA	122	5	95,90
<b>T2</b>	SC+CAR+PLANTA	73	0,3	99,59
<b>T3</b>	SC+CAS+CAR+PLANTA	117	0,7	99,40
<b>T4</b>	SC+CAS+PLANTA	172	0,9	99,48
<b>Promedio del % de remoción de TPH; F1 (C6-C10)</b>				<b>96,83</b>

Fuente: Elaboración del autor.

Según la tabla 10, el tratamiento T2 obtuvo el primer lugar por tener un mayor valor de remoción que fue de 99,59%, de igual manera el siguiente que tuvo un mayor valor de remoción fue el tratamiento T4 con 99,48%.

### **Análisis de las propiedades físicas-químicas del suelo.**

**Tabla 11**

*Análisis de la propiedades físicas – químicas del suelo.*

<b>Propiedades</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores</b>	<b>Interpretación</b>
<b>Clase Textural</b>	----	Franco Arenoso	Textura media
<b>pH 1:1</b>	----	8,20	Moderadamente básico
<b>Densidad Aparente</b>	mg/ml	1,64	
<b>N</b>	%	0,031	Bajo
<b>P</b>	Ppm	16,20	Moderado
<b>K</b>	ppm	59,74	Alto
<b>CIC Total</b>	Meq/100	9,49	Medio

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelo PEAM – Nueva Cajamarca.

De acuerdo a la Tabla 11, se aprecia que el suelo es franco arenoso y además podemos decir que tiene buenas características físicas y químicas, una alta concentración de fósforo (P) y potasio (K).

### **3.1.2. Variaciones en el crecimiento del indicador *Helianthus annuus* “girasol” en relación a los diferentes tratamientos.**

#### **Medición de la altura de “girasol” en un periodo de 70 días.**

A continuación se presenta los resultados de las mediciones, que fueron medidas cada 5 días en un periodo de 70 días, los tratamientos medidos fueron T1, T2, T3 y 4, con 3 repeticiones por tratamiento.

1 INICIAL				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	10.00	9.00	9.00	9.33
T2	11.00	11.00	9.00	10.33
T3	10.00	9.00	12.00	10.33
T4	11.00	12.00	13.00	12.00

2 05 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	10.50	9.50	9.50	9.83
T2	13.50	13.00	11.00	12.50
T3	11.50	11.00	13.50	12.00
T4	13.50	14.00	14.50	14.00

3 10 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	11.00	10.50	11.00	10.83
T2	17.00	15.00	13.50	15.17
T3	13.00	13.00	15.00	13.67
T4	15.00	16.00	16.00	15.67

4 15 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	12.00	11.50	12.50	12.00
T2	22.00	20.00	16.50	19.50
T3	18.00	18.50	21.00	19.17
T4	21.50	20.50	19.50	20.50

5 20 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	13.50	12.50	14.00	13.33
T2	26.00	22.00	19.50	22.50
T3	21.00	21.50	24.00	22.17
T4	25.00	21.50	22.00	22.83

6 25 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	16.50	14.00	17.50	16.00
T2	31.00	25.50	23.50	26.67
T3	24.50	25.50	29.00	26.33
T4	28.50	23.50	24.50	25.50

7 30 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	17.50	14.50	20.00	17.33
T2	36.00	28.00	26.50	30.17
T3	27.50	27.00	34.00	29.50
T4	31.00	26.00	26.00	27.67

8 35 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	18.50	16.00	22.50	19.00
T2	40.00	31.50	28.00	33.17
T3	28.50	30.50	36.00	31.67
T4	32.00	28.50	28.50	29.67

9 40 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	20.50	17.50	23.50	20.50
T2	44.50	33.50	31.00	36.33
T3	30.50	33.00	39.00	34.17
T4	34.50	30.50	33.00	32.67

10 45 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	22.00	18.00	26.00	22.00
T2	47.50	37.50	33.50	39.50
T3	33.00	37.00	42.00	37.33
T4	38.50	33.50	34.50	35.50

11 50 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	23.00	19.50	27.50	23.33
T2	51.00	40.00	37.50	42.83
T3	34.50	40.50	45.00	40.00
T4	41.00	35.50	35.50	37.33

12 55 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	23.00	21.00	29.50	24.50
T2	57.50	41.50	40.00	46.33
T3	37.50	45.00	46.50	43.00
T4	44.50	39.50	37.50	40.50

13 60 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	23.50	23.00	31.50	26.00
T2	60.50	44.50	44.00	49.67
T3	40.00	49.00	48.50	45.83
T4	49.00	43.00	40.00	44.00

14 65 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	24.00	25.00	32.50	27.17
T2	62.50	49.50	47.00	53.00
T3	41.00	49.50	49.00	46.50
T4	55.00	47.00	41.00	47.67

15 70 DIAS				
	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1	25.00	26.50	33.00	28.17
T2	63.00	51.50	48.00	54.17
T3	41.50	50.00	49.50	47.00
T4	59.00	52.00	44.00	51.67

**Figura 4.** Resultados de mediciones (en cm) realizadas cada 5 días.

En la figura 4, se observa el crecimiento de *Helianthus annuus* “girasol” en un periodo de 70 días, cabe resaltar que estas se hicieron cada 5 días para ver las variaciones. Asimismo, se observa que la mejor evolución de la altura de “girasol” la tuvo el tratamiento T2.

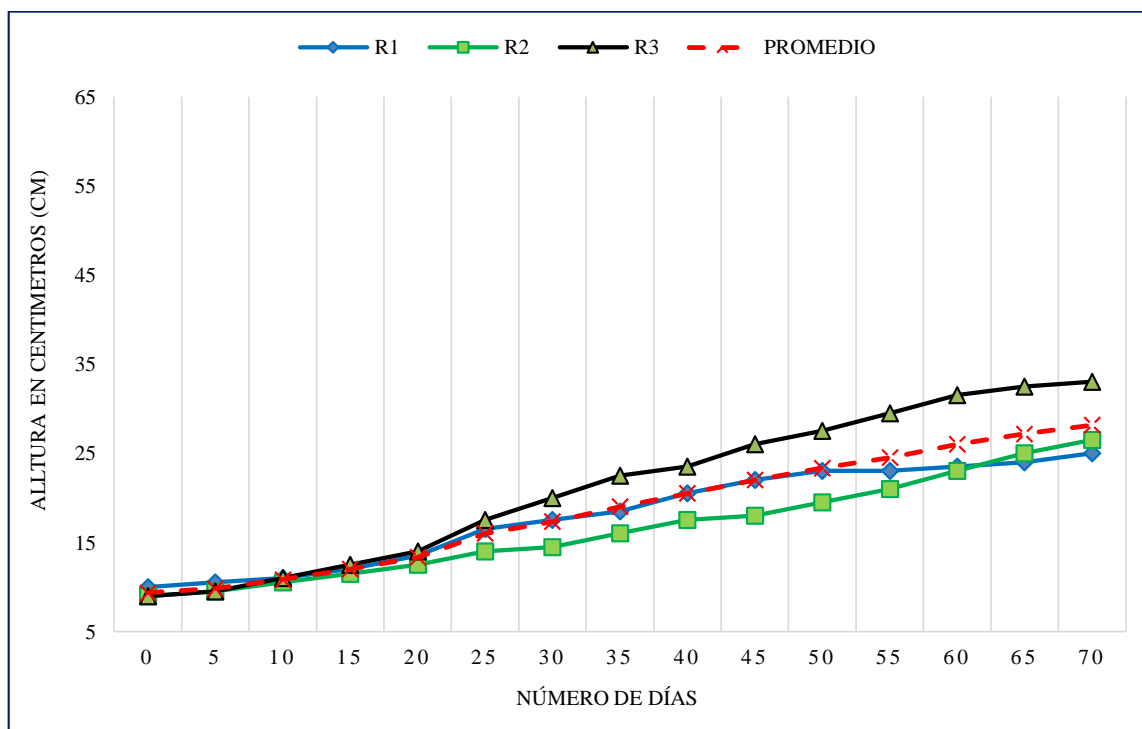
En la figura 5 y en la Tabla 12, se observa la evolución del crecimiento del “girasol” del tratamiento T1 y su promedio, los cuales fueron medidos en un periodo de 70 días.

**Tabla 12**

*Evolución de la altura en centímetros (cm) del “girasol” en el tratamiento T1.*

Días	R1	R2	R3	Promedio
0	10,00	9,00	9,00	9,33
5	10,50	9,50	9,50	9,83
10	11,00	10,50	11,00	10,83
15	12,00	11,50	12,50	12,00
20	13,50	12,50	14,00	13,33
25	16,50	14,00	17,50	16,00
30	17,50	14,50	20,00	17,33
35	18,50	16,00	22,50	19,00
40	20,50	17,50	23,50	20,50
45	22,00	18,00	26,00	22,00
50	23,00	19,50	27,50	23,33
55	23,00	21,00	29,50	24,50
60	23,50	23,00	31,50	26,00
65	24,00	25,00	32,50	27,17
70	25,00	26,50	33,00	28,17

Fuente: Ficha de recolección de datos.



**Figura 5.** Evolución del crecimiento del “girasol” del tratamiento T1.

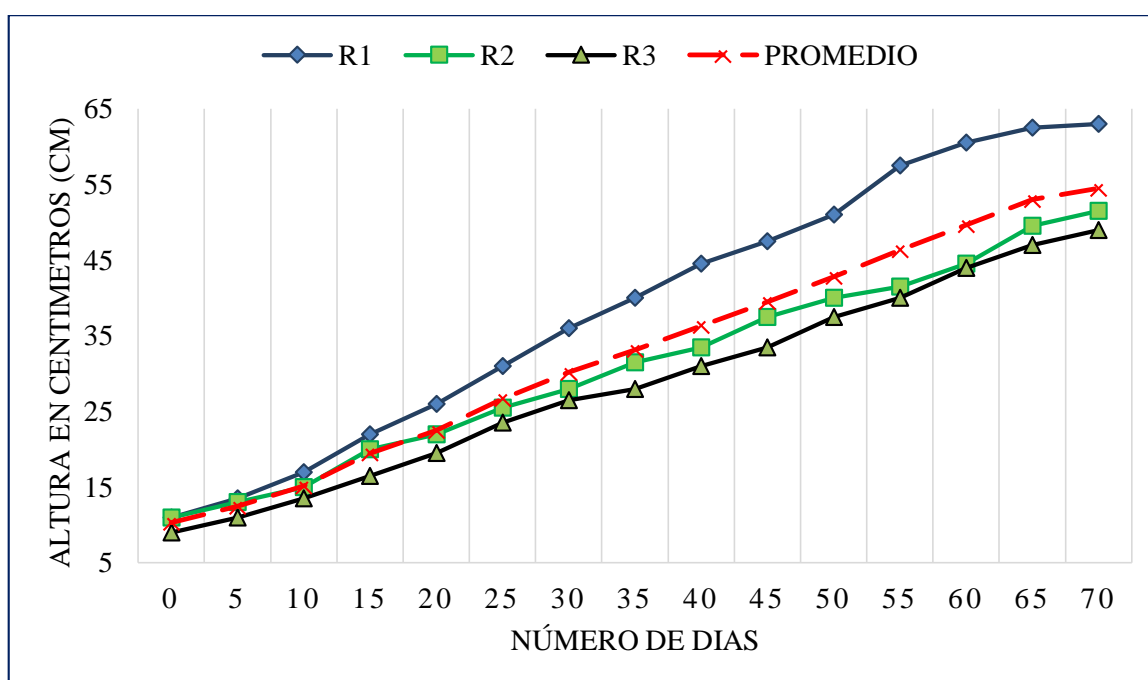
En la figura 6 y Tabla 13, se observa la evolución del crecimiento de *Helianthus annuus* “girasol” del tratamiento T2 y su promedio.

**Tabla 13**

*Evolución de la altura en centímetros (cm) del “girasol” del tratamiento T2.*

Días	R1	R2	R3	Promedio
0	11,00	11,00	9,00	10,33
5	13,50	13,00	11,00	12,50
10	17,00	15,00	13,50	15,17
15	22,00	20,00	16,50	19,50
20	26,00	22,00	19,50	22,50
25	31,00	25,50	23,50	26,67
30	36,00	28,00	26,50	30,17
35	40,00	31,50	28,00	33,17
40	44,50	33,50	31,00	36,33
45	47,50	37,50	33,50	39,50
50	51,00	40,00	37,50	42,83
55	57,50	41,50	40,00	46,33
60	60,50	44,50	44,00	49,67
65	62,50	49,50	47,00	53,00
70	63,00	51,50	48,00	54,17

Fuente: Ficha de recolección de datos.



**Figura 6.** Evolución del crecimiento del “girasol” del tratamiento T2.

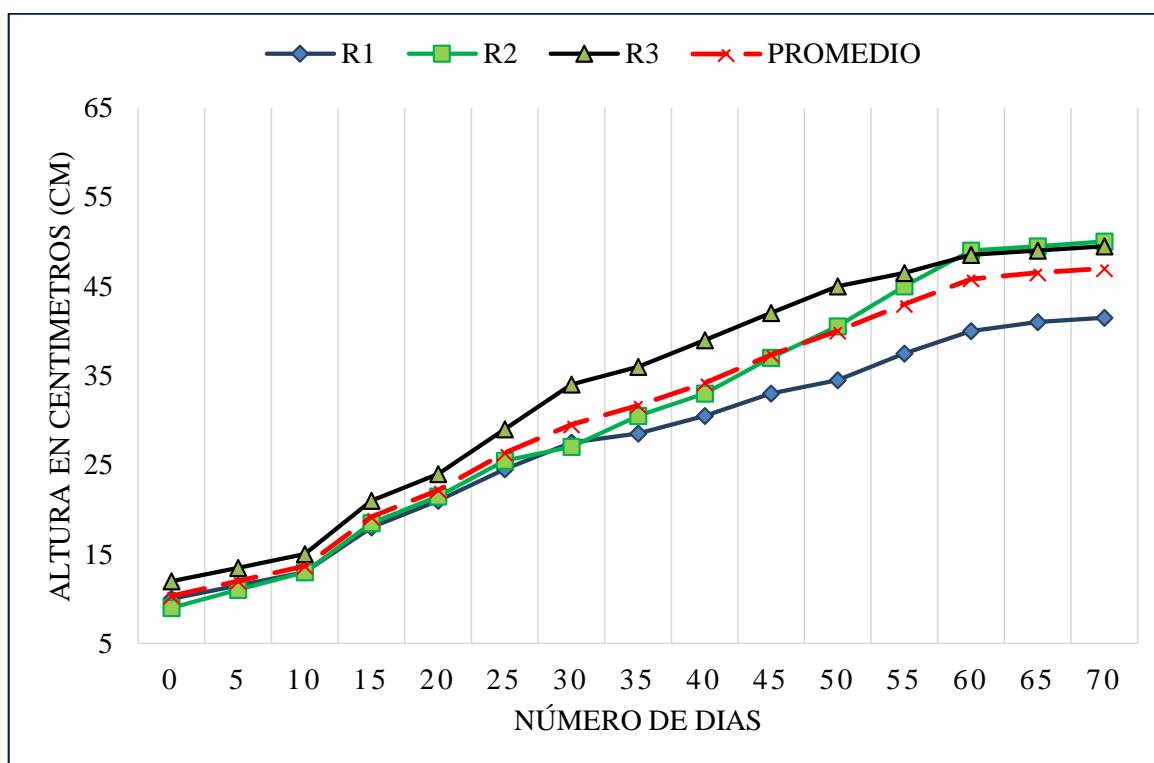
En la Tabla 14 y figura 7, se observa la evolución del crecimiento de *Helianthus annuus* “girasol” del tratamiento T3 y su promedio.

**Tabla 14**

*Evolución de la altura en centímetros (cm) del “girasol” del tratamiento T3.*

Días	R1	R2	R3	Promedio
0	10,00	9,00	12,00	10,33
5	11,50	11,00	13,50	12,00
10	13,00	13,00	15,00	13,67
15	18,00	18,50	21,00	19,17
20	21,00	21,50	24,00	22,17
25	24,50	25,50	29,00	26,33
30	27,50	27,00	34,00	29,50
35	28,50	30,50	36,00	31,67
40	30,50	33,00	39,00	34,17
45	33,00	37,00	42,00	37,33
50	34,50	40,50	45,00	40,00
55	37,50	45,00	46,50	43,00
60	40,00	49,00	48,50	45,83
65	41,00	49,50	49,00	46,50
70	41,50	50,00	49,50	47,00

Fuente: Ficha de recolección de datos.



**Figura 7.** Evolución del crecimiento del “girasol” del tratamiento T3.

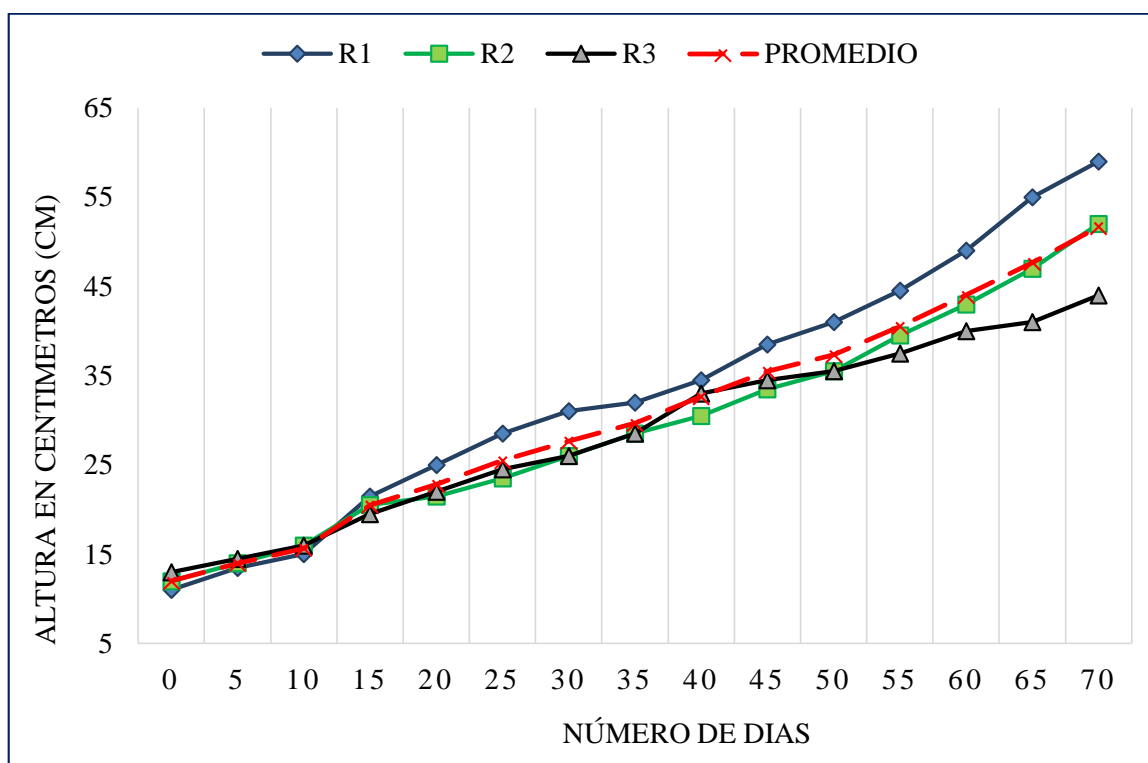
Como resultado de las mediciones en 70 días realizadas a la planta de *Helianthus annuus* “girasol” en el tratamiento T4, se tiene la Tabla 15 y figura 8:

**Tabla 15**

*Evolución de la altura en centímetros (cm) del “girasol” del tratamiento T4.*

Días	R1	R2	R3	Promedio
0	11,00	12,00	13,00	12,00
5	13,50	14,00	14,50	14,00
10	15,00	16,00	16,00	15,67
15	21,50	20,50	19,50	20,50
20	25,00	21,50	22,00	22,83
25	28,50	23,50	24,50	25,50
30	31,00	26,00	26,00	27,67
35	32,00	28,50	28,50	29,67
40	34,50	30,50	33,00	32,67
45	38,50	33,50	34,50	35,50
50	41,00	35,50	35,50	37,33
55	44,50	39,50	37,50	40,50
60	49,00	43,00	40,00	44,00
65	55,00	47,00	41,00	47,67
70	59,00	52,00	44,00	51,67

Fuente: Ficha de recolección de datos.



**Figura 8.** Evolución del crecimiento del “girasol” del tratamiento T4.



### Promedios del crecimiento de *Helianthus annuus* “girasol” por tratamiento.

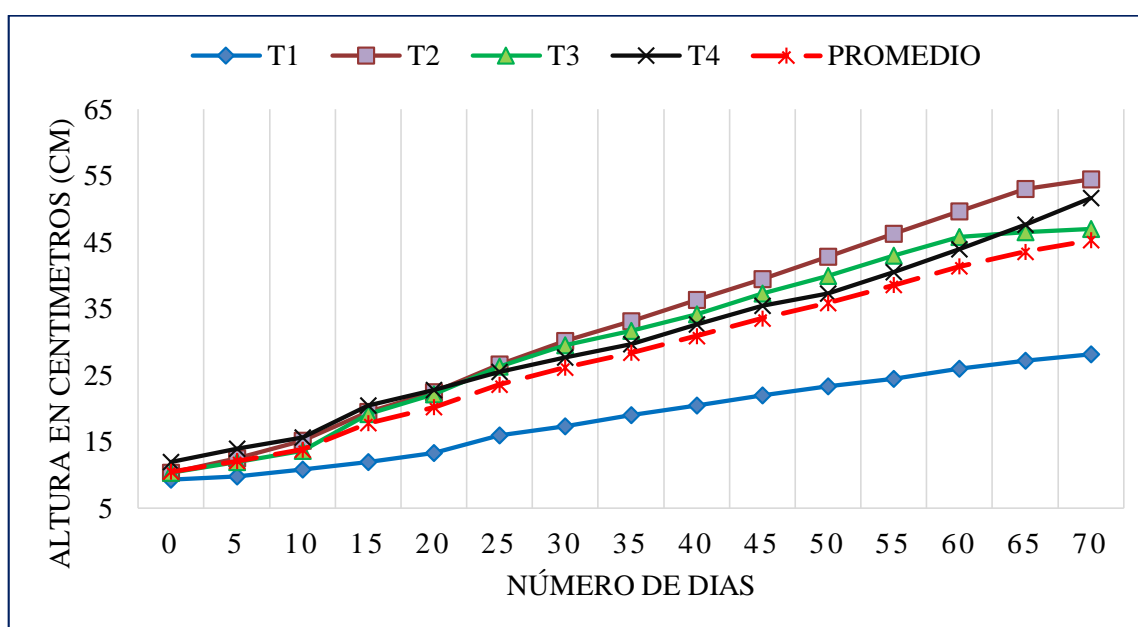
En la Tabla 16 y figura 9, se presentan los promedios de la evolución del crecimiento de “girasol” por tratamiento en el periodo de 70 días; asimismo, se visualiza el promedio general del crecimiento del “girasol” por todos los tratamientos observados.

**Tabla 16**

*Evolución promedio de la altura en centímetros (cm) del “girasol”.*

Días	Prom. T1	Prom. T2	Prom. T3	Prom. T4	Promedio General
0	9,33	10,33	10,33	12,00	10,50
5	9,83	12,50	12,00	14,00	12,08
10	10,83	15,17	13,67	15,67	13,83
15	12,00	19,50	19,17	20,50	17,79
20	13,33	22,50	22,17	22,83	20,21
25	16,00	26,67	26,33	25,50	23,63
30	17,33	30,17	29,50	27,67	26,17
35	19,00	33,17	31,67	29,67	28,38
40	20,50	36,33	34,17	32,67	30,92
45	22,00	39,50	37,33	35,50	33,58
50	23,33	42,83	40,00	37,33	35,88
55	24,50	46,33	43,00	40,50	38,58
60	26,00	49,67	45,83	44,00	41,38
65	27,17	53,00	46,50	47,67	43,58
70	28,17	54,17	47,00	51,67	45,25

Fuente: Ficha de recolección de datos.



**Figura 9.** Evolución promedio del crecimiento del girasol por tratamiento.

### 3.1.3. Análisis de la influencia de los tratamientos en el desarrollo vegetal de *Helianthus annuus* “girasol”.

#### Análisis de la altura final de la planta de “girasol” antes de ser cultivada.

Como resultado de las mediciones realizadas a la planta de *Helianthus annuus* “girasol” antes de ser cultivadas en el tratamiento, se tiene la siguiente Tabla 17.

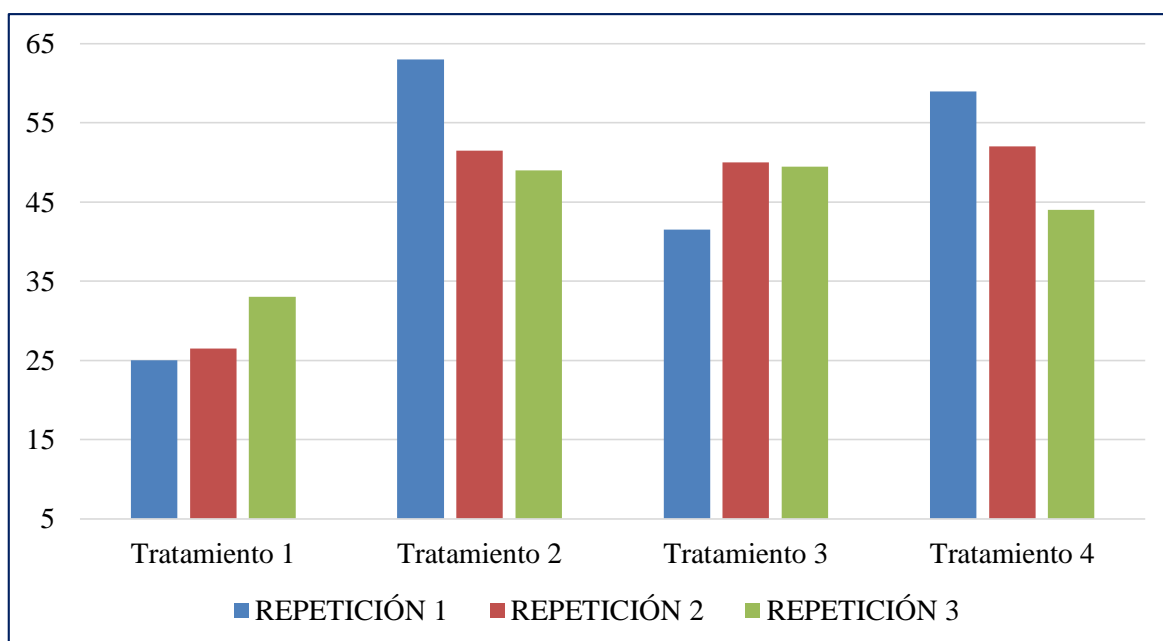
**Tabla 17**

*Altura de planta de “girasol” en centímetros (cm) antes de ser cultivada.*

Tratamiento	Repeticion			Promedio (cm)
	R1	R2	R3	
<b>T1</b>	25,00	26,50	33,00	28,17
<b>T2</b>	63,00	51,50	48,00	54,17
<b>T3</b>	41,50	50,00	49,50	47,00
<b>T4</b>	59,00	52,00	44,00	51,67

Fuente: Ficha de recolección de datos.

De la Tabla 17, donde se registra la altura de planta (cm), se evidencia que el tratamiento T2 tuvo un crecimiento promedio final de 54,17 cm, el cuál supera a los demás tratamientos. A continuación se presenta la siguiente figura, el cuál agrupa los demás tratamientos.



**Figura 10.** Altura final en centímetros (cm) de planta de “girasol” por tratamiento.

### Interpretación de altura de *Helianthus annuus* “girasol”.

Según la prueba de Tukey (ver Anexo 5), los resultados del análisis estadístico se muestran en la Tabla 18.

**Tabla 18**

*Prueba Tukey de los datos de la altura de Helianthus annuus “girasol”.*

Tratamiento	mg TPH;F1(C6-C10)/ kg PS	Altura de planta		
		Promedio (cm)	S	CV (%)
<b>T1</b>	5	28,17	4,25	15,10
<b>T2</b>	0,3	54,50	7,47	13,70
<b>T3</b>	0,7	47,00	4,77	10,15
<b>T4</b>	0,9	51,67	7,51	14,53
<b>ANVA</b>				<b>13,37</b>
<b>TRATAMIENTO</b>	F		P	
	11,029		0,003	

Fuente: Elaboración del autor.

La Tabla 18, de la prueba estadística de Tukey indica que en la variable altura de planta, los tratamientos T2, T3 y T4 resultaron significativos en comparación a los demás tratamientos, sin embargo de los 3 tratamiento significativos, T2 es altamente significativo con un coeficiente variación de 13,70%. Obtenida del cociente de desviación estándar que fue de 7,47 entre el promedio de altura de planta que fue de 54,50 multiplicada por 100.

Visto lo anterior, resulta indispensable aclarar que un buen parámetro para evaluar la concentración de TPH en suelos contaminados es la altura de planta, dado que el carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco” y la cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz” permiten obtener un mejor crecimiento de *Helianthus annuus* “girasol”.

### Análisis del peso seco foliar de *Helianthus annuus* “girasol”.

Del experimento realizado se procedió a realizar la medición del peso seco foliar lo cual se refleja en la Tabla 19.

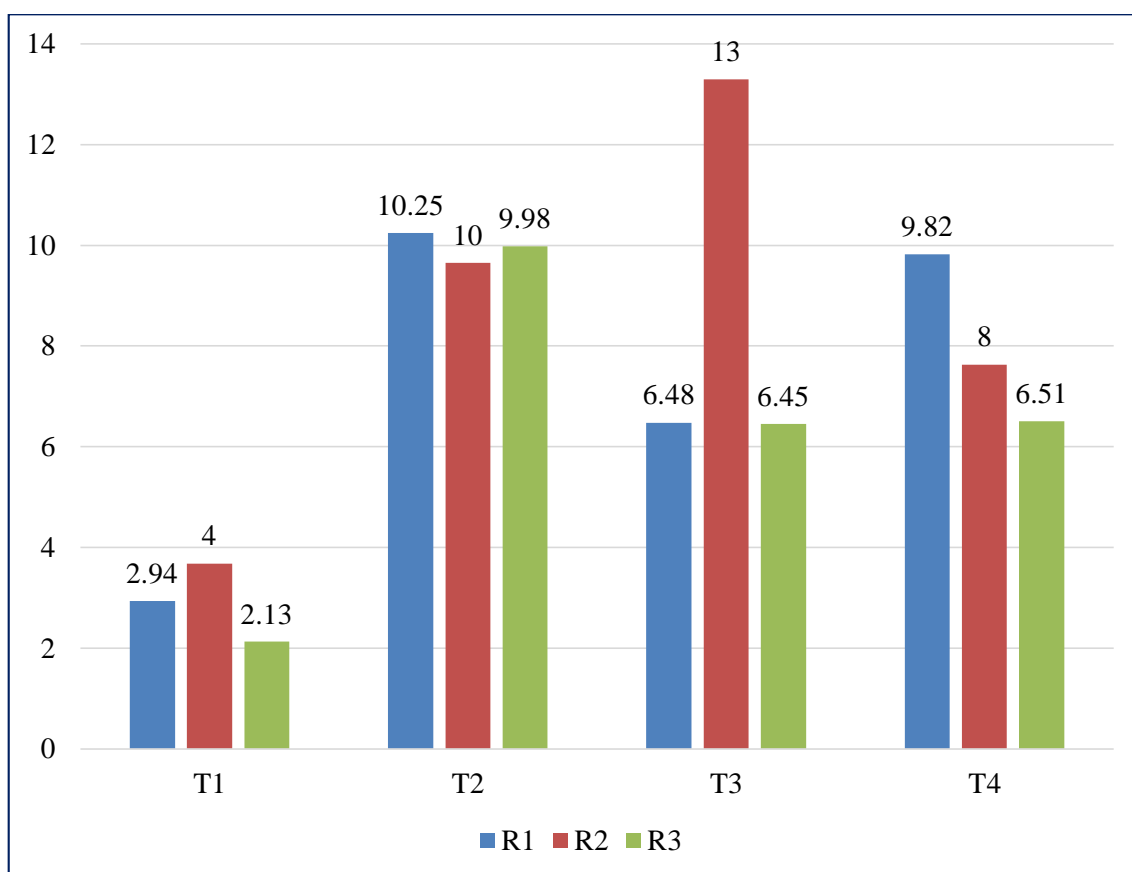
**Tabla 19**

*Promedio de peso seco foliar en gramos (g) para los tratamientos evaluados.*

Tratamiento	Repetición			Promedio (g)
	R1	R2	R3	
T1	2,94	3,68	2,13	2,92
T2	10,25	9,65	9,98	9,96
T3	6,48	13,30	6,45	8,74
T4	9,82	7,63	6,51	7,99

Fuente: Ficha de recolección de datos.

El análisis de promedios del peso seco foliar (g), que se aprecia en la Tabla 19, el tratamiento T2 (suelo contaminado más carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco”) obtuvo el mayor peso seco foliar/maceta equivalente promedio, equivalente a 9,96 gramos, superior a todos los demás tratamientos. Lo cual se presenta en la figura 11.



**Figura 11.** Peso seco foliar en gramos (g) de *Helianthus annuus* “girasol”.

### Interpretación del peso seco foliar del “girasol”.

Según la prueba de Tukey (ver Anexo 05), los resultados del análisis estadístico se muestran en la Tabla 20.

**Tabla 20**

*Prueba Tukey de los datos del peso seco foliar de **Helianthus annuus** “girasol”.*

Tratamiento	mg TPH;F1(C6-C10)/ kg PS	Peso seco foliar		
		Promedio (g)	S	CV (%)
T1	5	2,92	0,78	26,54
T2	0,3	9,96	0,30	3,01
T3	0,7	8,74	3,95	45,15
T4	0,9	7,99	1,68	21,08
ANVA				<b>23,95</b>
TRATAMIENTO	F		P	
	6,032		0,019	

Fuente: Elaboración del autor.

En la Tabla 20, la prueba estadística de Tukey nos indica que en la variable peso seco foliar, el tratamiento T2 (suelo contaminado más carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco”), presenta una alta significación estadística resultando mejor que todos los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,01%. Obtenida del cociente de la desviación estándar (0,30) entre el promedio de peso seco foliar (9,96 g) multiplicada por 100.

### Análisis del peso seco radicular de la planta de *Helianthus annuus* “girasol”.

Del experimento realizado se procedió a realizar la medición del peso seco radicular lo cual se refleja en la siguiente tabla:

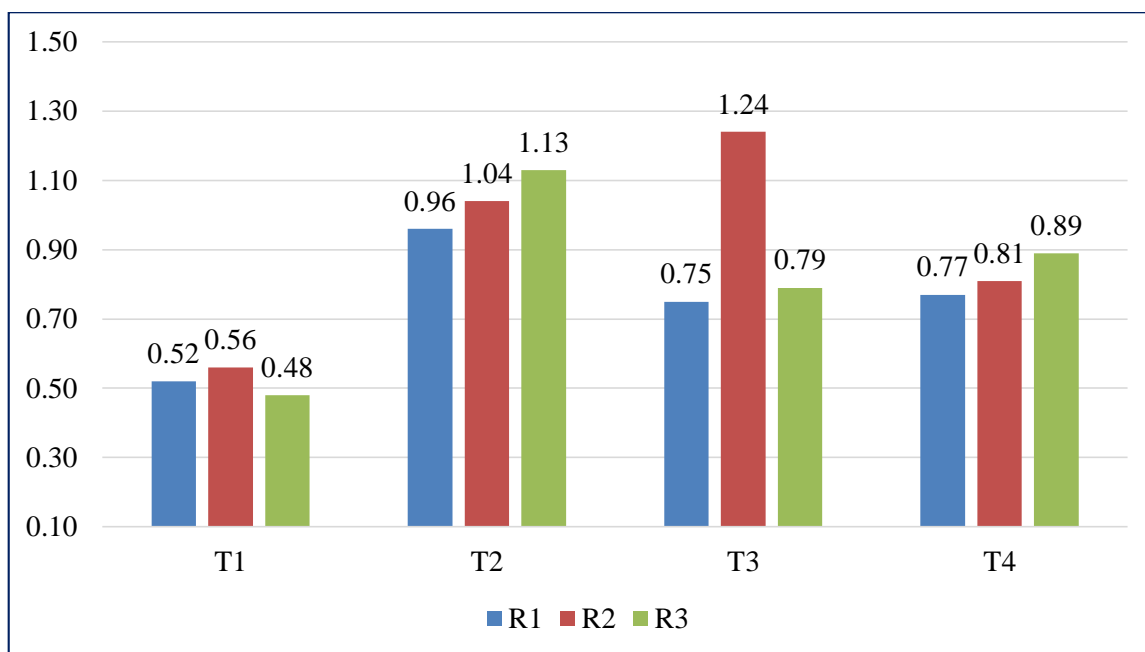
**Tabla 21**

*Promedio de peso seco radicular en gramos (g) para los tratamientos evaluados.*

Tratamiento	Repetición			Promedio (g)
	R1	R2	R3	
T1	0,52	0,56	0,48	0,52
T2	0,96	1,04	1,13	1,04
T3	0,75	1,24	0,79	0,93
T4	0,77	0,81	0,89	0,82

Fuente: Ficha de recolección de datos.

De acuerdo al análisis de promedios de peso seco radicular (g), que se aprecia en la Tabla N° 21. El tratamiento T2 (suelo contaminado más carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco”) obtuvo el mayor promedio de peso seco radicular de *Helianthus annuus* “girasol”, el cual fue de 1,04 g. Resultando mejor que los otros tratamientos, la cual se presenta en la siguiente figura:



**Figura 12.** Peso seco radicular en gramos (g) de *Helianthus annuus* “girasol”.

### Interpretación del peso seco radicular de *Helianthus annuus* “girasol”.

Según la prueba de Tukey (Ver Anexos), los resultados del análisis estadístico se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22

*Prueba de Tukey de los datos del peso seco radicular (g) de “girasol”*

Tratamiento	mg TPH;F1(C6-C10)/ kg PS	Peso seco radicular		
		Promedio (g)	S	CV (%)
T1	5	0,52	0,040	7,69
T2	0,3	1,04	0,085	8,15
T3	0,7	0,93	0,272	29,35
T4	0,9	0,82	0,061	7,4089
ANVA				13,15
TRATAMIENTO	F	P		
	6,974	0,013		

Fuente: Elaboración del autor.

Según la Tabla 22, la prueba de Tukey nos indica que para la variable peso seco radicular, el tratamiento T2, estadísticamente es altamente significativo, con un coeficiente de variación de 8,15% Obtenida del cociente de la desviación estándar (0,085) entre el promedio de peso seco radicular (1,04) multiplicada por 100.

### 3.1.4. Resultados finales

A continuación en la Tabla 23 se presenta los resultados obtenidos de la concentración de TPH; F1 (C6-C10) en los diferentes tratamientos y se analiza su relación con la altura, peso seco foliar y peso seco radicular de *Helianthus annuus* “girasol”.

**Tabla 23**

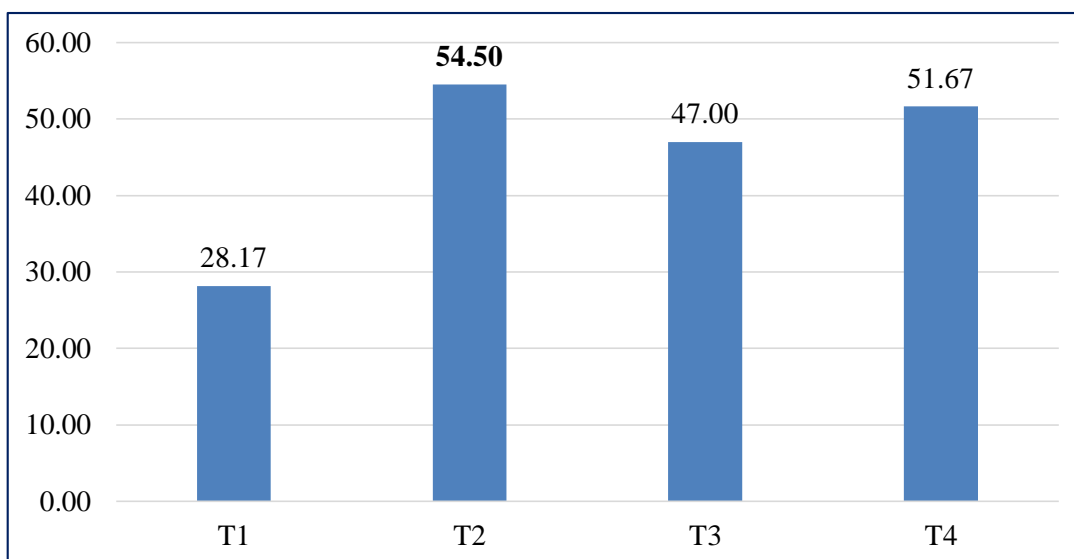
*Concentración de TPH; F1 (C6-C10) y su relación con promedios de la altura, peso seco foliar y peso seco radicular de Helianthus annuus “girasol” en los diferentes tratamientos.*

Tratamiento	Concentración de TPH (mg TPH;F1(C6-C10)/ kg PS)	Altura de planta (cm)	Peso seco foliar (g)	Peso seco radicular (g)
SC+PLANTA	5	28,17	2,92	0,52
SC+CAR+PLANTA	0,3	54,50*	9,96*	1,04*
SC+CAS+CAR+PLANTA	0,7	47,00	8,74	0,93
SC+CAS+PLANTA	0,9	51,67	7,99	0,82
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>		13,37	23,95	13,15
<b>Significación Estadística del ANVA</b>		(*)	(*)	(*)

Fuente: Elaboración del autor.

En la Tabla 23, luego de realizar el estadístico de Tukey, arroja un coeficiente de variación para la altura de planta de 13,37%, para el peso seco foliar de 23,95%, y para el peso seco radicular de 13,15%, lo cual nos indica que T2, T3 y T4 son más significativas con T1, es decir existe alta significancia estadística para las tres variables evaluadas en estos tratamientos, por lo que se considera que son ideales para evaluar la concentración de TPH; F1 (C6-C10) en tratamientos de biorremediación empleando la planta de *Helianthus annuus* “girasol”.

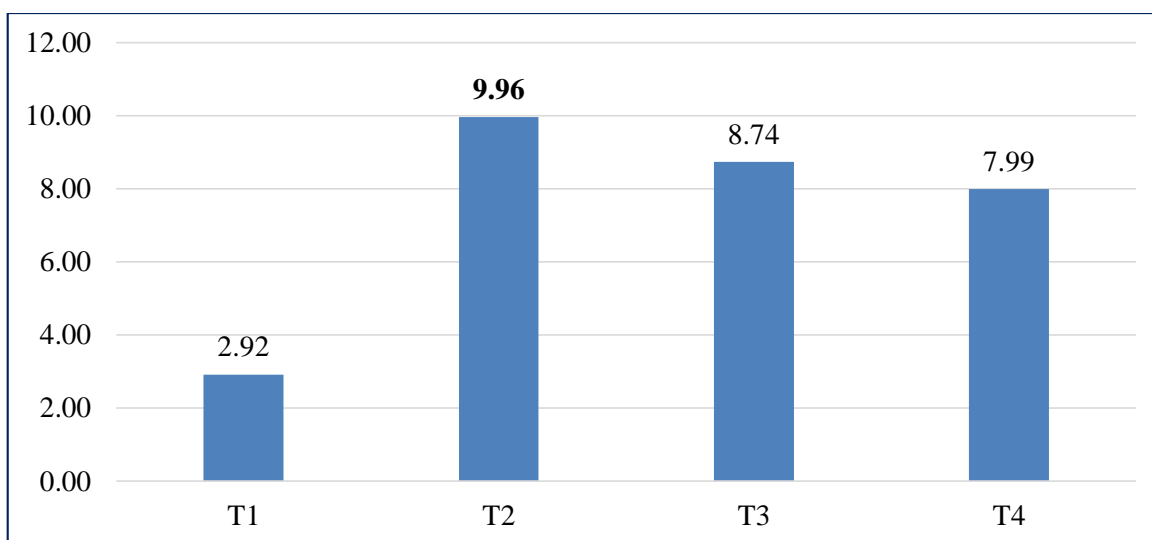
A continuación se presenta la altura promedio de *Helianthus annuus* “girasol” en los tratamientos evaluados.



**Figura 13.** Altura final promedio de *Helianthus annuus* “girasol” en centímetros (cm).

La figura 13, indica que el tratamiento T2 es el que tiene un mayor promedio de altura de *Helianthus annuus* “girasol” con 54,50 cm, asimismo este tratamiento es el que menos concentración de TPH; F1 (C6-C10) obtuvo que es de 0,3 mg, lo cual indica que la altura es un buen indicador para determinar el tratamiento más eficiente. Asimismo, el menor promedio de altura lo registra el tratamiento T1 con 28,17 cm.

Se presenta a continuación el promedio de peso seco foliar de *Helianthus annuus* “girasol” de los tratamientos evaluados.

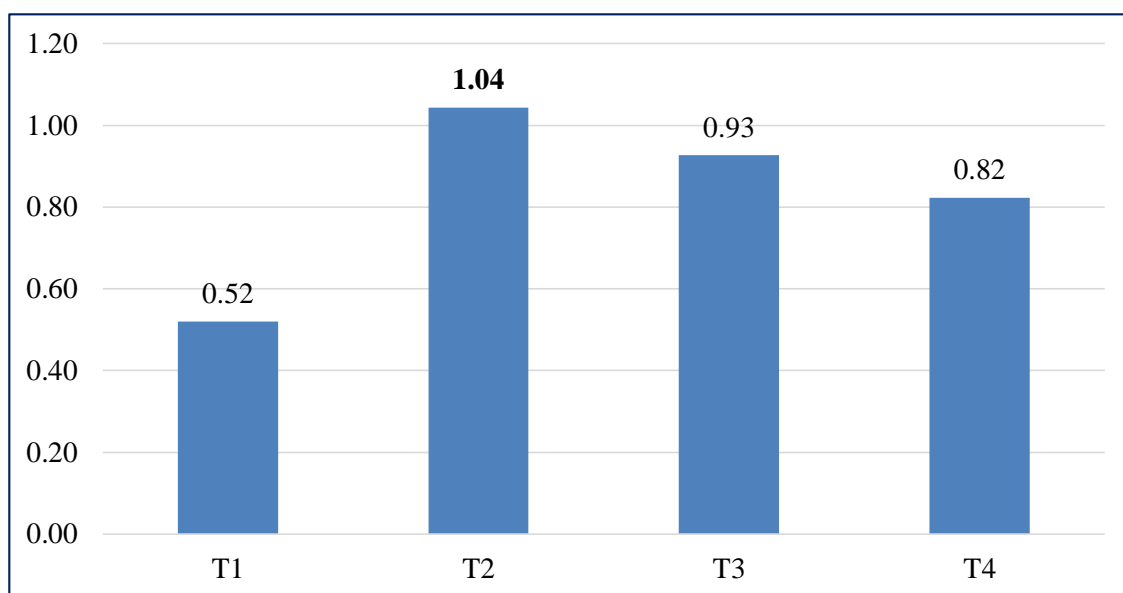


**Figura 14.** Promedio de peso seco foliar en gramos (g) de *Helianthus annuus* “girasol”.



La figura 14, indica que el tratamiento T2 es el que tiene un mayor promedio de peso seco foliar de *Helianthus annuus* “girasol” con 9,96 g, asimismo este tratamiento es el que menos concentración de TPH; F1 (C6-C10) obtuvo que es de 0,3 mg, teniendo un comportamiento similar a la variable de altura de *Helianthus annuus* “girasol” la cual fue de 54,50 cm.

Se presenta a continuación el promedio de peso seco radicular de *Helianthus annuus* “girasol” de los tratamientos evaluados.



**Figura 15.** Promedio de peso seco foliar en gramos (g) de *Helianthus annuus* “girasol”

En la figura 15, observamos que el comportamiento de la variable del peso seco radicular ha sido similar, en comparación a la variable altura de planta, y peso seco foliar. Por lo que el tratamiento T1 fue el que menor porcentaje de reducción de TPH; F1 (C6-C10) tuvo, asimismo tuvo un menor crecimiento de la planta de *Helianthus annuus* “girasol”, menor peso radicular y foliar. Lo que indica que una planta de *Helianthus annuus* “girasol” no desarrolla adecuadamente en un suelo con una concentración inicial de 122 mg de TPH; F1 (C6-C10)/ Kg de suelo. Sin embargo su escaso crecimiento se debió a que este tratamiento no se le aplicó ningún sustrato que favorezca la degradación de la gasolina y la estimulación del crecimiento de la planta.

### 3.2. Comprobación de la hipótesis.

La prueba estadística desarrollado para validar los resultados obtenidos, se realizó por medio de la prueba estadística de Tukey para ANOVA a través del software IBM SPSS Statistics 23. Si al realizar el ANOVA – prueba de Tukey se obtiene un nivel de significación baja ( $< 0,05$ ) rechazaremos la hipótesis de que en todos los grupos, las medias son iguales.

#### 3.2.1. Hipótesis estadística

Hipótesis nula ( $H_0$ ):  $T_1=T_2=T_3=T_4$

Hipótesis alterna ( $H_1$ ):  $T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$  (Al menos dos tratamientos son diferentes).

#### Obtención de la significancia (p) por parámetros:

Para un nivel de significación de  $\alpha = 5\% = 0,05$  y un nivel de confianza:  $1 - \alpha = 95\% = 0,95$  tenemos la siguiente tabla:

**Tabla 24**

*Análisis estadístico descriptivo de los parámetros.*

Parametros	Trat	N	Media	Desviación Estandar	Error estandar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Peso seco radicular	1	3	0,5200	0,04000	0,02309	0,4206	0,6194	0,48	0,56
	2	3	1,0433	0,08505	0,04910	0,8321	1,2546	0,96	1,13
	3	3	0,9267	0,27209	0,15709	0,2508	1,6026	0,75	1,24
	4	3	0,8233	0,06110	0,03528	0,6716	0,9751	0,77	1,89
	<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>0,8283</b>	<b>0,23859</b>	<b>0,06887</b>	<b>0,6767</b>	<b>0,9799</b>	<b>0,48</b>	<b>1,24</b>
Altura de "girasol"	1	3	28,1667	4,25245	2,45515	17,6030	38,7303	25,00	33,00
	2	3	54,5000	7,46659	4,31084	35,9520	73,0480	49,00	63,00
	3	3	47,0000	4,76970	2,75379	35,1514	58,8486	41,50	50,00
	4	3	51,6667	7,50555	4,33333	33,0218	70,3115	44,00	59,00
	<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>45,3333</b>	<b>11,94939</b>	<b>3,44949</b>	<b>37,7411</b>	<b>52,9256</b>	<b>25,00</b>	<b>63,00</b>
Peso seco foliar	1	3	2,9167	0,77526	0,44760	0,9908	4,8425	2,13	3,68
	2	3	9,9600	0,30050	0,17349	9,2135	10,7065	9,65	10,25
	3	3	8,7433	3,94622	2,27835	-1,0596	18,5463	6,45	13,30
	4	3	7,9867	1,68358	0,97201	3,8044	12,1689	6,51	9,82
	<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>7,4017</b>	<b>3,36566</b>	<b>0,97158</b>	<b>5,2632</b>	<b>9,5401</b>	<b>2,13</b>	<b>13,30</b>

Fuente: Software estadístico IBM SPSS Statistics 23

En la Tabla 24, podemos observar la media, desviación estándar y error estándar de los tratamientos por variable (altura de planta, peso seco foliar y peso seco radicular).

**Tabla 25**

*Análisis ANOVA para los tres parámetros*

Parámetros		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso seco radicular	Entre grupos	0,453	3	0,151	6,974	<b>0,013</b>
	Dentro de grupos	0,173	8	0,022		
	<b>Total</b>	<b>0,626</b>	<b>11</b>			
Altura de "girasol"	Entre grupos	1264,833	3	421,611	11,029	<b>0,003</b>
	Dentro de grupos	305,833	8	38,229		
	<b>Total</b>	<b>1570,667</b>	<b>11</b>			
Peso seco foliar	Entre grupos	86,408	3	28,803	6,032	<b>0,019</b>
	Dentro de grupos	38,197	8	4,775		
	<b>Total</b>	<b>124,605</b>	<b>11</b>			

Fuente: Software estadístico IBM SPSS Statistics 23

En la Tabla 25, se puede observar el análisis estadístico ANOVA realizada por el programa IBM SPSS Statistics 23 como parte de la prueba de Tukey; asimismo, en el nivel de significancia se puede observar la siguiente regla de decisión:

1. Si el Valor p (Sig.)  $\geq 0,05$  se acepta la hipótesis nula ( $H_0: T_1=T_2=T_3=T_4$ ).
2. Si el Valor p (Sig.)  $< 0,05$  se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1= T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$  o Al menos dos tratamientos son diferentes).

**Decisión:** En la Tabla 25, se puede resaltar que el análisis de los parámetros evaluados indica que todos son menores de 0,05 es decir rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna ( $H_1= T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$  o al menos dos tratamientos son diferentes). Ahora, la siguiente cuestión en el análisis estadístico es la de identificar en qué grupos/tratamientos, se han producido las diferencias, es así la prueba Tukey nos ayuda en esta etapa ya que esta se puede considerar a la vez como una técnica de comparaciones múltiple y a la vez de rangos.

Tabla 26

Prueba Tukey – comparaciones múltiples

Variable dependiente	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error Estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite Inferior	Límite superior
Peso Seco Radicular	1	2	-0,52333*	0,12014	0,010	-0,9081	-0,1386
		3	-0,40667*	0,12014	0,039	-0,7914	-0,0219
		4	-0,30333*	0,12014	0,130	-0,6881	0,0814
	2	1	<b>0,52333*</b>	0,12014	0,010	0,1386	0,9081
		3	<b>0,11667</b>	0,12014	0,769	-0,2681	0,5014
		4	<b>0,22000</b>	0,12014	0,327	-0,1647	0,6047
	3	1	0,40667*	0,12014	0,039	0,0219	0,7914
		2	-0,11667	0,12014	0,769	-0,5014	0,2681
		4	0,10333	0,12014	0,825	-0,2814	0,4881
	4	1	0,30333	0,12014	0,130	-0,0814	0,6881
		2	-0,22000	0,12014	0,327	-0,6047	0,1647
		3	-0,10333	0,12014	0,825	-0,4881	0,2814
Altura de "Girasol"	1	2	-26,33333*	5,04838	0,004	-42,5000	-10,1667
		3	-18,83333*	5,04838	0,024	-35,0000	-2,6667
		4	-23,50000*	5,04838	0,007	-39,6667	-7,3333
	2	1	<b>26,33333*</b>	5,04838	0,004	10,1667	42,5000
		3	<b>7,50000</b>	5,04838	0,487	-8,6667	23,6667
		4	<b>2,83333</b>	5,04838	0,941	-13,3333	19,0000
	3	1	18,83333*	5,04838	0,024	2,6667	35,0000
		2	-7,50000	5,04838	0,487	-23,6667	8,6667
		4	-4,66667	5,04838	0,793	-20,8333	11,5000
	4	1	23,50000*	5,04838	0,007	7,3333	39,6667
		2	-2,83333	5,04838	0,941	-19,0000	13,3333
		3	4,66667	5,04838	0,793	-11,5000	20,8333
Peso Seco Foliar	1	2	-7,04333*	1,78412	0,018	-12,7567	-1,3300
		3	-5,82667*	1,78412	0,046	-11,5400	-0,1133
		4	-5,07000*	1,78412	0,083	-10,7834	0,6434
	2	1	<b>7,04333*</b>	1,78412	0,018	1,3300	12,7567
		3	<b>1,21667</b>	1,78412	0,901	-4,4967	6,9300
		4	<b>1,97333</b>	1,78412	0,696	-3,7400	7,6867
	3	1	5,82667*	1,78412	0,046	0,1133	11,5400
		2	-1,21667	1,78412	0,901	-6,9300	4,4967
		4	0,75667	1,78412	0,973	-4,9567	6,4700
	4	1	5,07000*	1,78412	0,083	-0,6434	10,7834
		2	-1,97333	1,78412	0,696	-7,6867	3,7400
		3	-0,75667	1,78412	0,973	-6,4700	4,9567

Fuente: Software estadístico IBM SPSS Statistics 23

Observando la Tabla 26, sobre la comparación de múltiples de la prueba Tukey, nos damos cuenta que el tratamiento T2 es el que ha obtenido mayor significancia respecto a los otros tratamientos, ya que realizando la comparación múltiple, este arroja una diferencia de media de  $> 0,05$  en todas las comparaciones (tanto para altura de planta, peso seco foliar y peso seco radicular); por otra parte, se debe aclarar que los tratamientos T3 y T4, son significativos respecto a T1, esto quiere decir que los tratamientos que fueron dosificados por carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco” y/o cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz” tuvieron resultados mejores respecto al que no se le aplicó ningún sustrato (Testigo).

### 3.3. Discusión de resultados

#### **Sobre la determinación de la concentración de TPH; F1 (C6-C10) en los diferentes tratamientos.**

Los suelos contaminados con hidrocarburos (como la gasolina) que son tratados con algún sustrato orgánico tienden a tener resultados positivos y por ende disminuir la concentración de TPH, tal y como sucedió en la investigación de Buendía (2012) donde el tratamiento más eficiente fue el T3 (Suelo contaminado con hidrocarburos, estiércol de vaca y aserrín de “bolaina”) que tuvo un valor de reducción 25 %. Asimismo, en este experimento se utilizó suelo contaminado con hidrocarburos, donde se tuvo en cuenta el parámetro TPH totales; este puede ser un factor determinante al momento de analizar las muestras de suelo contaminado, puesto que en la presente investigación la reducción máxima fue de 99,59 % obtenida por T2 (carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco”) y lo cual se relaciona con lo descrito por Franzmann et al. (2002) que indica que una biorremediación natural de la gasolina puede darse fácilmente por otros procesos físico-químicos adicionales al evaporarse de manera que disminuya su concentración; asimismo en su trabajo de investigación obtuvo que en el suelo contaminado con gasolina tratado con la bacteria *Pseudomona putida* se logró una biorremediación del 63,27% en 60 días de experimentación y en el suelo contaminado con Gasolina y que presentaba la *Acinetobacter baumannii* presentó una biorremediación del 69,38% en 60 días de experimentación, en cuanto a la biorremediación natural del suelo con la gasolina este fue de tan solo 51,02%; esto también se relaciona con el trabajo realizado por Muñoz y Pacheco (2017), donde se demostró que el proceso de biodegradación de hidrocarburos de petróleo, alcanzó tasas de

remoción de 91,1 % de hidrocarburos totales y en donde el mejor tratamiento fue el B3 que contenía la semilla de *Triticum aestivum* “Trigo”, aserrín de roble y estiércol de la gallina blanca de la cepa leghorn.

Finalmente, todo esto se relaciona con lo descrito por la USEPA (2015) donde indica que los hidrocarburos que en mayor porcentaje se degradan son los hidrocarburos C6 – C10, ello debido a que los hidrocarburos con bajo peso molecular son relativamente fáciles de biodegradar, los hidrocarburos ramificados se degradan lentamente en comparación a los hidrocarburos de cadena lineal, generalmente cuando aumenta el tamaño de la molécula el proceso de biodegradación es más lento.

#### **Sobre las variaciones en el crecimiento del indicador *Helianthus annuus* “girasol” en relación a los diferentes tratamientos.**

Tal y como señala Buendía (2012) en su investigación, donde reportó que el crecimiento de la planta *Zea mays L.* “maíz” se ve afectado por la concentración de hidrocarburos teniendo diferencias significativas en los tratamientos donde se utilizó sustratos orgánicos (estiércoles y aserrines) que fue de un promedio máximo de 49,7 cm de altura de la planta de *Zea mays L.* “maíz” con respecto al tratamiento que no se añadió ningún sustrato orgánico y el cual tuvo un promedio máximo de 5,34 cm de altura de planta de *Zea mays L.* “maíz”; esto coincide con lo realizado en la presente investigación donde hubo diferencia significativa entre los tratamientos T2, T3 y T4 en donde se utilizó sustratos orgánicos como carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco” y compost de cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz” y el cuál tuvo un promedio máximo de crecimiento de 54,50 cm de altura de planta de *Helianthus annuus* “girasol”; asimismo, en el tratamiento T1 en donde no se utilizó ningún sustrato orgánico se obtuvo un promedio máximo de crecimiento de 28,17 cm de altura de planta de *Helianthus annuus* “girasol”.

#### **Sobre el análisis de la influencia de los tratamientos en el desarrollo vegetal de *Helianthus annuus* “girasol”.**

Así como sucedió en el experimento de Chaineau et al. (2014) donde este reportó la presencia de quemaduras, deficiencias fisiológicas y clorosis (coloración amarilla en las

hojas) que crecieron en suelos contaminados por hidrocarburos; lo mismo se evidenció en la presente investigación, donde la planta de *Helianthus annuus* “girasol” tuvo deficiencias notorias en su crecimiento, peso seco foliar y radicular. Ante ello, se debe indicar que hubo diferencias significativas entre tratamientos, es decir al añadir algún sustrato orgánico (como los utilizados en la presente investigación) estos tienen mejores resultados en variables como el crecimiento, respecto a los tratamientos donde no se les añade ningún sustrato orgánico.

## CONCLUSIONES

El tratamiento que obtuvo un mayor porcentaje de remoción en la concentración de TPH; F1 (C6-C10), ha sido el suelo contaminado dosificado con carbón activado de cascara de *Cocos nucifera L.* “coco” (T2), ello debido a que de 73 mg de TPH; F1 (C6-C10)/Kg PS se redujo a una concentración de 0,3 mg de TPH; F1 (C6-C10)/Kg PS, que representa una remoción del 99,59 %. Asimismo, sin utilizar ningún sustrato el tratamiento T0 obtuvo una remoción del 89,76 % de TPH; F1 (C6-C10)/Kg PS.

La especie *Helianthus annuus* “girasol” ha tenido mejores resultados en el crecimiento cuando al suelo contaminado por gasolina se le ha dosificado con carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco” ya que obtuvo un promedio de crecimiento de 54,50 cm de altura de planta de *Helianthus annuus* “girasol”. Usando compost de cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz” tuvo un promedio de 51,67 cm de altura de planta y utilizando la combinación de ambas tuvo un promedio de 47 cm de altura de planta. Por otra parte, sin utilizar ningún sustrato, el crecimiento fue en promedio de 28,17 cm de altura de planta.

Los tratamientos tuvieron influencia en el desarrollo vegetal de la planta de *Helianthus annuus* “girasol” debido a que el suelo contaminado con gasolina tratado con carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco” tuvo un promedio de 9,96 g de peso seco foliar y 1,13g de peso seco radicular, usando compost de cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz” tuvo un promedio de 7,99 g peso seco foliar y 0,82 g peso seco radicular, utilizando la combinación de los dos sustratos tuvo un promedio 8,74 g de peso seco foliar y 0,93 g de peso seco radicular. Asimismo, sin utilizar ningún sustrato tuvo un promedio de 2,92 g de peso seco foliar y 0,52 g de peso seco radicular.



## RECOMENDACIONES

Se recomienda a las instituciones públicas y privadas del sector hidrocarburos el uso de sustratos orgánicos como el carbón activado de cáscara de *Cocos nucifera L.* “coco” y compost de cascarilla de *Oryza sativa L.* “arroz” para la biorremediación de suelos contaminados con derivados del petróleo ya que estos tienen buenos resultados, son de bajo costo y fácil manejo.

Se recomienda a las instituciones públicas y privadas, implementar programas de gestión ambiental que incluyan el adecuado manejo de suelos contaminados con hidrocarburos, utilizando para ello técnicas de biorremediación como las utilizadas en la presente investigación.

Se recomienda a los investigadores aplicar la metodología utilizada en posteriores evaluaciones y considerar otras variables en la planta indicadora como el área foliar, la relación entre peso seco foliar y peso seco radicular, altura de planta, longitud de raíz y otras de importancia para identificar el comportamiento de la planta en un suelo contaminado.

Se recomienda a los estudiantes universitarios de las carreras de Ingeniería Ambiental y/o afines, realizar una prueba piloto con los compuestos utilizados en la presente investigación, para demostrar la eficiencia a mayor escala en suelos contaminados por hidrocarburos, usando como indicador una planta resistente a contaminantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENCIA para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). *Reseña Toxicológica de Hidrocarburos totales de petróleo (TPH)*. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública. 1998. Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts123.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts123.html)
- ALKORTA, I. y GARBISU, C. *Phytoremediation of organic contaminación in soils. Bioresource Technology*. Vol. 79:273-276. 2001. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00016-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00016-5)
- BERKELLEY. *Laboratorio de biorremediación*. Estados Unidos de Norte América - EE.UU. 2011.
- BUENDIA, Hildebrando. *Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante compost de aserrín y estiércoles*. Tesis (Magíster en Geografía). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 2012.
- BUSTAMANTE, José. *Remediación de suelos y aguas subterráneas por hidrocarburos en los terminales de Mollendo y Salavarry de la costa peruana*. Tesis (Título Profesional). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. 2007.
- CAÑAZ, J. y JEREZ, T. *Aislamiento e identificación de hongos con capacidad degradadora de hidrocarburos. Biorremediación fase III*. Universidad de Santander. Bucaramanga, Colombia. 2003.
- CARDENAS, Paul. *Biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo por bioestimulación con Cachaza y Guano de Islas en suelos de la Refinería Conchan-Petroperú, Lima, 2017*. Tesis (Título Profesional). Universidad Cesar Vallejo. Perú. 2017.
- CASTILLO, Francisco. *Biotecnología Ambiental*. Editorial Tébar. Madrid, España. 2005. ISBN: 978-84-7360-211-2.
- CORTÉS V. J. *Carbón*. 2014. Recuperado 14 de febrero del 2018 de: <http://www.factoria3.com/documentos/CARBON.pdf>.
- CRONQUIST, Arthur. *The evolution and classification of flowering plants*. 2ª edición. New York Botanical Garden, Bronx, USA. 1988. ISBN: 0893273325.

- DAS, Braja. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. (1era edición). California State University: Sacramento. Editorial Thomson y Learning. Pág. 78-89. California, EE.UU. 2001.
- DEPARTAMENTO de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA). *Diagrama triangular de clasificación de suelos según USDA*. Washington DC, EE.UU. 1975.
- DI PAOLA, M. *Biorremediación: Vinculaciones entre investigación, desarrollo y legislación*. Buenos Aires. 2010.
- EWEIS, Juana. *Principios de biorrecuperación tratamiento para la descontaminación y regeneración de suelos y aguas subterráneas mediante procesos biológicos y fisicoquímicos*. (1era edición). Editorial McGraw-Hill Interamericana. España. 1999.
- FERNANDEZ, Tania. *Biorremediación con Penicilium spp, Phanerochaete spp y Trichoderma spp de suelos contaminados con DTT, Moyobamba – 2016*. Tesis (Título Profesional). Universidad Nacional de San Martín. Moyobamba, Perú. 2018.
- FLORES, José y BENITES, Julio. *Efecto de estiércol de cuy, porcino y vacuno en la biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburo de diésel en terrarios*. Tesis (Título Profesional). Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. Lambayeque, Perú. 2015.
- FRANZMANN, P. ; ROBERTSON, W. ; ZAPPIA, L. ; DAVIS, G.. *The role of microbial populations in the containment of aromatic hydrocarbons in the subsurface. Biodégradation*. Países Bajos. Vol 13:65-78. 2002.
- FRICK, C.M.; FARRELL, R.E. y GERMIDA, J.J. *Assessment of Phytoremediation as an in situ Technique for Cleaning Oil-Contaminated Sites*. Petroleum Technology Alliance of Canada. Vancouver, British Columbia. 1999.
- GARCIA, Hugo; ALBARRACIN, Luis; TOSCANO, Adriana; SANTANA, Natalia e INSUASTY, Orlando. *Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera*. Pág. 118 Editorial Produmedios. Colombia. 2007.
- GLYNN, J. Henry Y HEINKE, Gary. *Ingeniería Ambiental*. Edición en español por Editorial Pearson Educación. Prentice Hall. México. 1999.
- GOMEZ, Gonzalo y SÁIZ, Cesáreo. *Biodeterioro de monumentos y biorremediación: estado actual y perspectivas futuras*. Anales de la Real Academia de Farmales. Vol. 79,

Nº 4 pág. 562-579. Sevilla, España. 2013. Disponible en:  
<http://www.analesranf.com/index.php/aranf/article/download/1457/1504>

GUERRERO, Juan. *El compost y abono orgánico compuesto para mejorar y dar vida a nuestros suelos. Taller de conservación de suelos y agricultura sostenible*. UNALM. Lima, Perú. 2001.

HAUG, Roger. *The practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers. Printed in the United States of America - USA.1993.

ITURBE, Rosario. *¿Qué es la biorremediación? Ciencia de Boletó 11*. Universidad Nacional Autónoma de México. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. México Distrito Federal, México. 2010. Disponible en:  
[http://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciaboletó/cb\\_11.pdf](http://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciaboletó/cb_11.pdf)

JIMENEZKLA, Raimundo. *Introducción a la contaminación de suelos*. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España. 2017. ISBN: 978-84-8476-789-3

KLAGES, Federico. *Tratado de Química Orgánica*. Tomo 1 – 1<sup>era</sup> parte. Walter de Gruyter & Co. Berlín, Alemania. 1968. ISBN 84-291-7311-0.

LA ROSA, D. *Evaluación de 4 abonos orgánicos en el rendimiento de los cultivos de col y coliflor en la Molina*. Tesis (Título Profesional). Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 2000.

MANAHAN, Stanlye. *Introducción a la química ambiental*. Traducción del inglés por Ivette Mora Leyva. Editorial Reverte. México. 2007. Disponible en:  
<https://books.google.com.pe/books?id=5NR8DIk1n68C&printsec=frontcover&dq=manahan+nitrogeno&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwitj8O3oOnXAhWE0FQKHwUKDE8Q6AEIJTAA#v=onepage&q=manahan%20nitrogeno&f=false>

MARTINEZ, M. José y PÉREZ, Carmen. *Niveles de fondo y niveles genéricos de referencia de metales pesados en suelos de la Región de Murcia*. Universidad de Murcia y Consejería de Desarrollo Sostenible y Ordenación del Territorio. Murcia, España. 2007.

MARTINEZ, Benito; ESCAMILLA, Guadalupe; RODRIGUEZ, Alejandro; GÓMEZ, Rene y BARRÓN, Rosario. *Evaluación de híbridos de girasol en régimen de temporal en el Valle del Mezquital, Hidalgo*. Servicios Editoriales y Diseño de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, México. 2017.

- MARTÍNEZ, T. *Introducción a la microbiología*. México D.F., México. 1998.
- MENTABERRY, Alejandro. *Fitorremediación*. Curso de Agrobiotecnología 2011. Departamento de Fisiología, Biología Molecular y Celular. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Argentina. 2011.
- MILLER, R. *Procesos biológicos que afectan el destino de contaminantes*. Ciencias de la contaminación. Nueva York. 1996.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Aprende a prevenir los Efectos del Mercurio. Módulo 1: Salud y Ambiente*. Editado por MINAM e impreso en Servicios Generales O y F Hermanos S.A.C. Lima, Perú, 2012. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-1.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-1-1.pdf>
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM: “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo”*. Lima, Perú. 2017.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos*. Dirección General de Calidad Ambiental – MINAM. Impreso en: MAVET IMPRESIONES E.I.R.L. Lima, Perú. 2014.
- MONTOYA, Juan; AMUSQUILVAR, Jorge; FLORES, Angélica; MOLLO, Ángel y SANCHEZ Pamela. *Efectos ambientales y socioeconómicos por el derrame de petróleo*. Editorial Offset Boliviana Ltda. La Paz, Bolivia. 2002. ISBN: 99905-68-03-0.
- MORGAN, Philip y WATKINSON, Robert. *Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos*. CRC - Revista Crítica en Biotecnología 8: 308-310. España. Madrid. 1989.
- MUÑOZ Jim y PACHECO, Mabel. *Colonias bacterianas presentes en el estiércol de gallinas blancas de la cepa leghorn responsables de la biodegradación de petróleo en suelos contaminados*. Tesis (Título Profesional). Universidad Privada Norbert Wiener. Lima, Perú. 2017.
- ORDAZ, J. et al. *Biorremediación de un suelo contaminado con petróleo mediante empleo de bagazo de caña con diferentes tamaños de partícula*. Veracruz. México. 2011

- ORTEGON, Alfredo. *El girasol*. Editorial Trillas. Pag. 82-145. México. 1993.
- ORTIZ, Irene; SANZ, Juana; DORADO, Miriam y VILLAR, Susana. *Técnicas de Recuperación de suelos contaminados*. Informe de vigilancia Tecnológica, Universidad de Alcalá. Impresión Elecé Industria Gráfica. España. 2007.
- PAUL, Eldor y CLARK, Francis. *Soil Microbiology and Biochemistry*, second edition, Academic Press. San Diego, USA. 1996.
- RICO, Alfonso y DEL CASTILLO, Hermilo. *La ingeniería de suelos en las vías terrestres*. 1era edición. México D.F: Editorial Limusa SA. 2005. p. 18. ISBN 968-18-0054-0
- RODRIGUEZ, F. y MOLINA, M. *El carbón activado en procesos de descontaminación*. Departamento de Química Inorgánica. Universidad de Alicante. España. 1994.
- SÁNCHEZ, José. *Degradación de enzimas*. Primera Edición. Ciudad de Panamá, Panamá. 2000.
- SEMPLE, K. *Interacciones microbianas con contaminantes orgánicos en el suelo: definiciones, procesos y medición*. *Contaminación ambiental*. Vol. 150 (1): 166-176. Argentina. 2007. Resumen disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17881105>
- TABOADA, S.M. *Cultivos Alternativos en México*. Editorial AGT Editor, S.A. México. 56-72 p. 2004.
- TERRONES, Yeltsin. *Determinación de la eficiencia del Carbón Activado obtenido experimentalmente a partir de residuos agrícolas del Alto Mayo*. Tesis (Título Profesional). Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. San Martín, Perú. 2014.
- TOLEDO, Bella y TORRES, Francisco. *Aplicación de procesos biológicos con medida de remediación para recuperar suelos Limo-Arcillosos contaminados con gasolina*. Tesis (Título Profesional). Universidad Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 2009.
- TORRES, Katerine y ZULUOAGA, Tatiana. *Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos*. Tesis (Título Profesional). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 2009.

- TRUJILLO, María y RAMÍREZ, Juan. *Biorremediación en suelos contaminados con hidrocarburos en Colombia*. Trabajo de Investigación. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Medellín, Colombia. 2011.
- UNITED States Environmental Protection Agency (USEPA). *Modelo para Evaluación de Derrames de Hidrocarburos*. EPA/600R-97/003. Washington, DC. USA. 1997.
- UNITED States Environmental Protection Agency (USEPA). *How to affectively free product at leaking underground storage tank sites: A guide for states regulators*. E.P.A. 510-R-96-001. Chapter III. Washington, DC. USA. 1995.
- UNITED States Environmental Protection Agency (USEPA). *Environmental Fact Sheet: Analytical Métodos for Fuel Oxygenates*, EPA 510-F-03-001. USA. 2003. Disponible en: <http://www.epa.gov/OUST/mtbe/omethods.pdf>.
- VÁSQUEZ M., R. *Flórula de las Reservas Biológicas de Iquitos, Perú: Allpahuayo-Mishana, Explornapo camp, Explorama lodge*. Monogr. syst. Bot. Missouri Bot. Perú.(pp: 44). 1997
- VIÑAS, M. . *Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos: caracterización microbiológica, química y ecotoxicológica*. (Tesis de Doctorado). Universidad de Barcelona, España. 2005
- WEININGER, Stephen y STERMITZ, Frank. *Química Orgánica*. Edición en español por Editorial Reverté S.A. Pág. 88. Barcelona, España. 1988.

**ANEXOS**

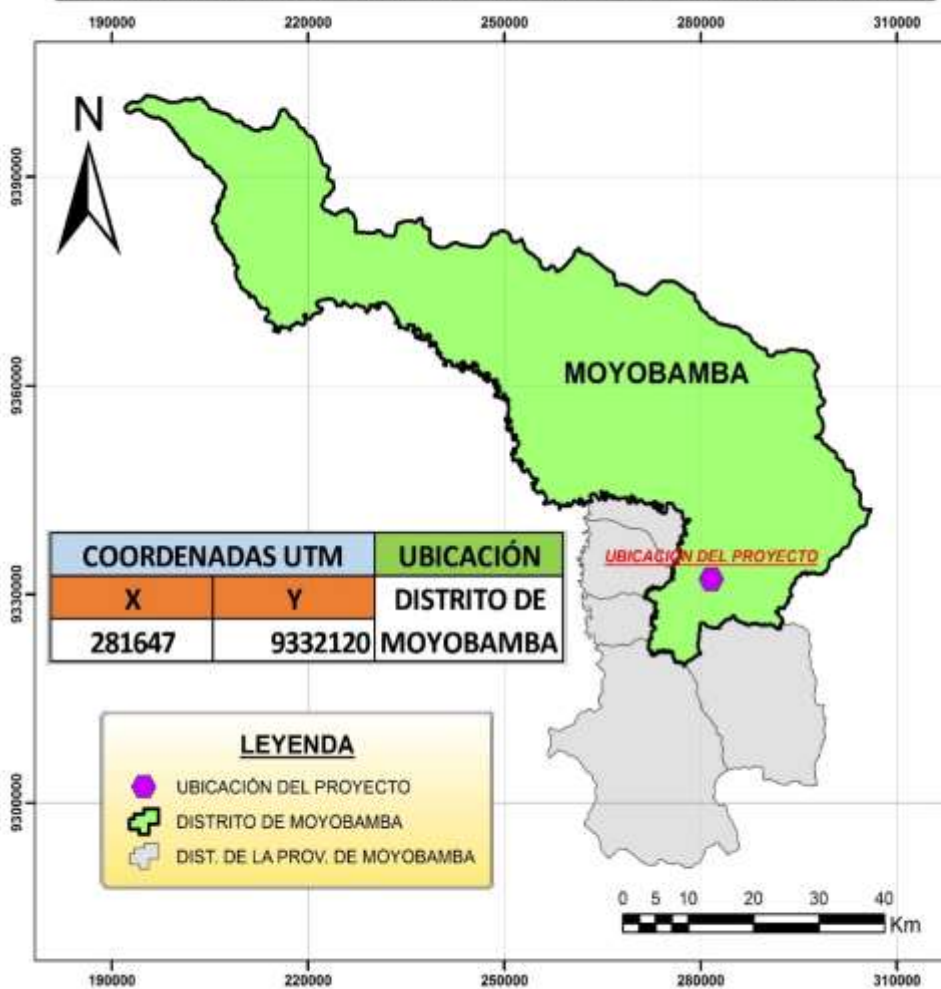


**Anexo 1. Mapa de ubicación del proyecto de investigación.**

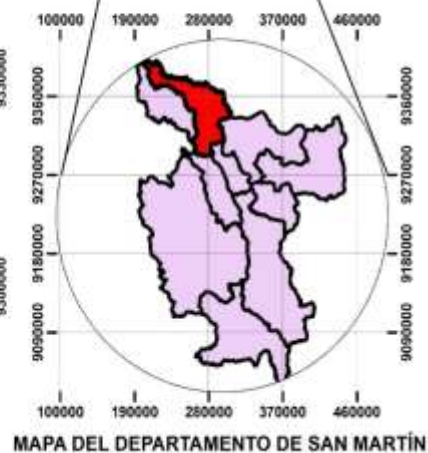
Macro Localización del Proyecto



**MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**MAPA DEL PERÚ**



**MAPA DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN**

## Anexo 2. Panel fotográfico



*Fotografía 1.* Semillas de “girasol” en almacigo. (Fuente: Foto tomada por el tesista).



*Fotografía 2.* Carbón activado de cáscara de “coco” y compost de cascarilla de “arroz” (Fuente: Foto tomada por el tesista).

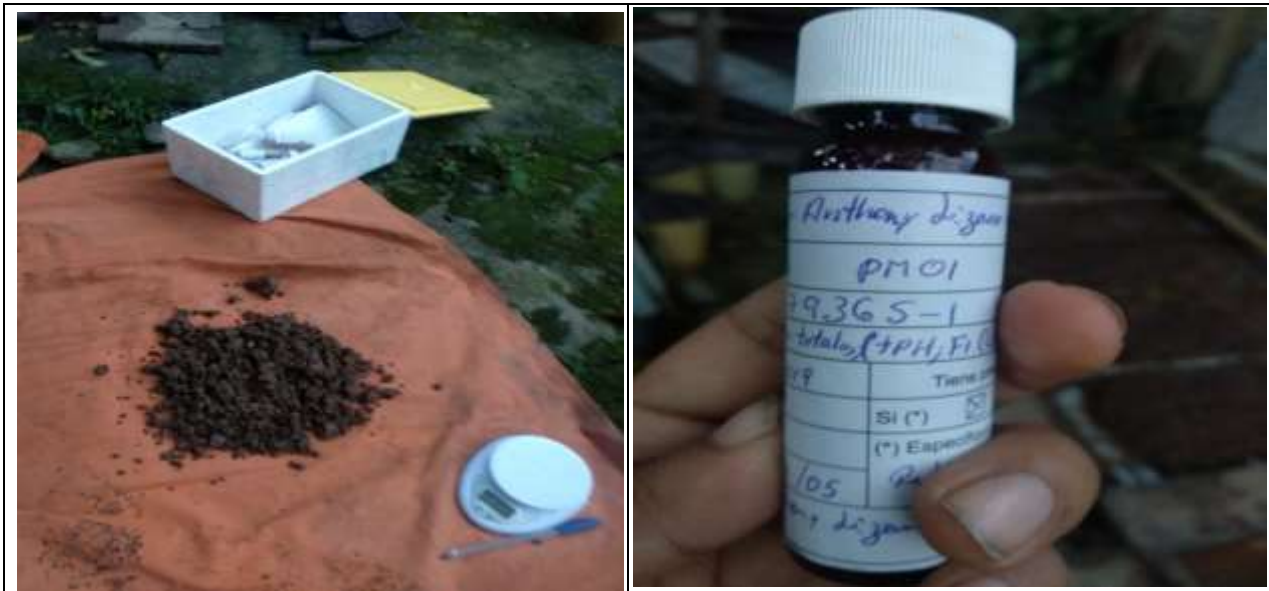


**Fotografía 3.** Preparación del suelo contaminado. (Fuente: Foto tomada por el tesista).



**Fotografía 4.** Cooler y cadena de custodia. (Fuente: Foto tomada por el tesista).





**Fotografía 5.** Toma de Muestras de suelo contaminado. (Fuente: Foto tomada por Edson Jhair Lizana Carrasco).



**Fotografía 6.** Macetas con suelo contaminado con gasolina. (Fuente: Foto tomada por el tesista).



**Fotografía 7.** Medición de la altura de girasol. (Fuente: Foto tomada por Edson Jhair Lizana Carrasco).

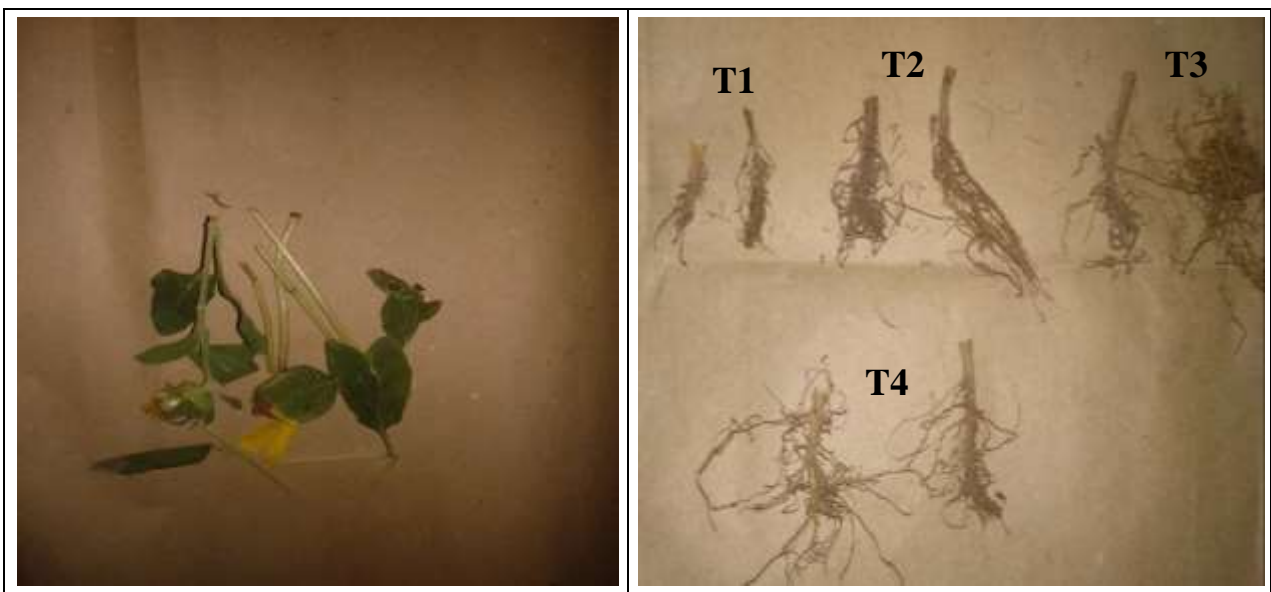


**Fotografía 8.** Recolección de datos en la ficha de recolección. (Fuente: Foto tomada por Edson Jhair Lizana Carrasco).





**Fotografía 9.** Evolución del Crecimiento de **Helianthus annuus** “girasol” (Fuente: Foto tomada por el tesista).



**Fotografía 10.** Parte foliar y radicular del **Helianthus annuus** “girasol” luego de ser cultivado. (Fuente: Foto tomada por el tesista).



**Fotografía 11.** Preparación de las muestras para ser introducidas a la estufa. (Fuente: Foto tomada por Jorge Eduardo Rodríguez Tambor).



**Fotografía 12.** Estufa. (Fuente: Foto tomada por el tesista).



*Fotografía 13.* Pesado de la parte foliar y radicular de la planta “girasol”. (Fuente: Foto tomada por Jorge Eduardo Rodríguez Tambor).



### Anexo 3. Fichas de registro de datos de campo

Ficha de recolección de datos análisis de TPH en el suelo

Tratamiento	Composición	mg de TPH/kg de suelo
T0	SC	
T1	SC + PLANTA	
T2	SC+ CAR+ PLANTA	
T3	SC+CAS+CAR+PLANTA	
T4	SC+ CAS+PLANTA	

Fuente: AGQ Labs

Ficha de recolección de datos de promedio de altura de planta (cm), peso seco foliar y peso seco radicular de “girasol” *Heliantus annuus*.

Tratamiento	REPETICIÓN			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
T1				
T2				
T3				
T4				

Fuente: Buendía (2012)

Ficha de interpretación de resultados según prueba de Tuckey.

Tratamiento	mg TPH/kg de suelo	Altura de planta, peso seco radicular, peso seco foliar de girasol		
		Promedio	S	CV (%)
T0				
T1				
T2				
T3				
T4				

ANVA

TRATAMIENTO	F	P

Fuente: Buendía H., 2012

Ficha de recolección de datos concentración de TPH por tratamiento y promedios de altura de planta, peso seco foliar y peso seco radicular.

Tratamiento	Concentración de TPH (mg TPH/kg PS)	Altura de planta (cm)	Peso seco foliar (gr)	Peso seco radicular (gr)
SC				
SC+PLANTA				
SC+CAR+PLANTA				
SC+CAS+CAR+PLANTA				
SC+CAS+PLANTA				
Coeficiente de Variación (%)				
Significación Estadística del ANVA				

Fuente: *Buendía H., 2012*

Ficha de recolección características morfológicas de la especie *Heliantus annuus* realizada cada 05 días.

Días	R1	R2	R3	Promedio
0				
5				
10				
15				
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				
60				
65				
70				

Fuente: *Elaboración propia.*

Anexo 4. Cadena de custodia para análisis de suelo contaminado.

**AGQ Labs** CADENA DE CUSTODIA / SOLICITUD DE ANÁLISIS

CLIENTE / RUC: Jean Anthony Lizena Carrasco / 1073392418  
 CONTACTO: Jean Anthony Lizena Carrasco  
 TEL/FONO / e-mail: 931671502 / jeanlizena1985@gmail.com  
 RAZÓN DE CLIENTE TERCERO  
 RAZÓN SOCIAL

PARA SER LLENADO POR COMERCIAL AGQ

N° Presupuesto / Contrato  
 N° Proyecto / Estudio  
 Cod. Cliente  
 N° Dire. Entrega

Pág. de

**DATOS DEL PROYECTO**

NOMBRE DEL PROYECTO: "Biomonitoreo de nivel contaminado por gasoleno - HORIZONTE 2018"

LUGAR DE MUESTREO: Sr. San Carlos S/N - HORIZONTE

CONTACTO AGQ: ALBERTO ZEA DELUDDO N° 05/00

Código de Laboratorio	Punto de Muestreo (Descripción)	Muestreo		Coordenadas UTM (E-N-HUSO)	Tipo de muestra* Sub tipo**	N° de muestra
		Fecha (dd-mm-aa)	Hora (24:00)			
PM01		27-05-19	17:20		A	011379365-1
PM02		27-05-19	17:25		A	011379365-1
PM03		27-05-19	17:30		A	011379365-1
PM04		27-05-19	17:35		A	011379365-1
PM05		27-05-19	17:40		A	011379365-1

**ANÁLISIS REQUERIDOS**

Indicar con una [X] los recuadros inferiores según los análisis requeridos por cada muestra

Sub Tipo	7. Muestra Sólida	8. Calidad de Aire	9. Ruido	10. Otros (Indicar tipo)
Mar = [A]; Salobre = [B]; Salmuera [C]				
Circulación/Enfriamiento = [A]; Alimentación para Caldera [B]; Agua de Calderas [C]; Lavación = [D]; Purificada [E]; Inyección-Remoción [F]				

**INFORMACIÓN DEL MUESTREO**

Muestras Hidrobiológicas

Procedimiento de Muestreo

Empresas: Responsable: Jean Anthony Lizena Carrasco  
 Firma: [Firma]  
 Supervisor / Cliente: Jean Anthony Lizena Carrasco  
 Nombre: [Firma]  
 Cargo: [Firma]

Recebido por: [Firma]  
 Fecha: [Firma]  
 Mensajería Nacional

**CONDICIÓN DE LA MUESTRA**

CONFORME [X] NO CONFORME [ ]

Entrega cliente en AGQ

AGQ Perú S.A.C., RUC 2052225986 Av. Santa Rosa # 511 La Perla, Callao. T: (1) 710 27 00 ; Email: atencioncliente@agq.com.pe; www.agqlabs.pe

Rev.04 / 19-02-18

## Anexo 5. Resultados estadísticos de la prueba Tukey – ANOVA

MEANS TABLES=ALTURA BY TRAT  
/CELLS=MEAN COUNT STDDEV.

### Medias

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Incluido		Excluido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
ALTURA DE GIRASOL * TRATAMIENTO	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

### Informe

ALTURA DE GIRASOL

TRATAMIENTO	Media	N	Desviación estándar
1	28,1667	3	4,25245
2	54,5000	3	7,46659
3	47,0000	3	4,76970
4	51,6667	3	7,50555
Total	45,3333	12	11,94939

ONEWAY ALTURA BY TRAT  
/STATISTICS DESCRIPTIVES  
/PLOT MEANS  
/MISSING ANALYSIS  
/POSTHOC=TUKEY ALPHA (0.05).

### Unidireccional

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
					1	3
2	3	54,5000	7,46659	4,31084	35,9520	73,0480
3	3	47,0000	4,76970	2,75379	35,1514	58,8486
4	3	51,6667	7,50555	4,33333	33,0218	70,3115
Total	12	45,3333	11,94939	3,44949	37,7411	52,9256

**Descriptivos**

## ALTURA DE GIRASOL

	Mínimo	Máximo
1	25,00	33,00
2	49,00	63,00
3	41,50	50,00
4	44,00	59,00
Total	25,00	63,00

**ANOVA**

## ALTURA DE GIRASOL

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1264,833	3	421,611	11,029	,003
Dentro de grupos	305,833	8	38,229		
Total	1570,667	11			

**Pruebas post hoc****Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: ALTURA DE GIRASOL

HSD Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	Intervalo de confianza al 95%
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-26,33333*	5,04838	,004	-42,5000	-10,1667
	3	-18,83333*	5,04838	,024	-35,0000	-2,6667
	4	-23,50000*	5,04838	,007	-39,6667	-7,3333
2	1	26,33333*	5,04838	,004	10,1667	42,5000
	3	7,50000	5,04838	,487	-8,6667	23,6667
	4	2,83333	5,04838	,941	-13,3333	19,0000
3	1	18,83333*	5,04838	,024	2,6667	35,0000
	2	-7,50000	5,04838	,487	-23,6667	8,6667
	4	-4,66667	5,04838	,793	-20,8333	11,5000
4	1	23,50000*	5,04838	,007	7,3333	39,6667
	2	-2,83333	5,04838	,941	-19,0000	13,3333
	3	4,66667	5,04838	,793	-11,5000	20,8333

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

## Subconjuntos homogéneos

### ALTURA DE GIRASOL

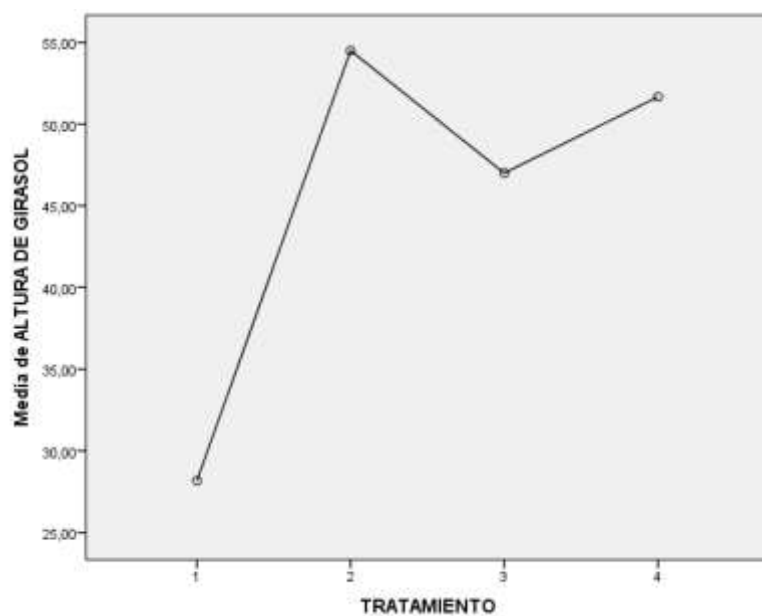
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1	3	28,1667	
3	3		47,0000
4	3		51,6667
2	3		54,5000
Sig.		1,000	,487

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

## Gráficos de medias



ONEWAY P\_SEC\_FOL BY TRAT  
 /STATISTICS DESCRIPTIVES  
 /PLOT MEANS  
 /MISSING ANALYSIS  
 /POSTHOC=TUKEY ALPHA(0.05).

## Unidireccional

[ConjuntoDatos1] D:\jliznac\Desktop\Tesis\TESIS.sav

### Descriptivos

PESO SECO FOLIAR

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media			
					Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
1	3	2,9167	,77526	,44760	,9908	4,8425	2,13	3,68
2	3	9,9600	,30050	,17349	9,2135	10,7065	9,65	10,25
3	3	8,7433	3,94622	2,27835	-1,0596	18,5463	6,45	13,30
4	3	7,9867	1,68358	,97201	3,8044	12,1689	6,51	9,82
Total	12	7,4017	3,36566	,97158	5,2632	9,5401	2,13	13,30

### ANOVA

PESO SECO FOLIAR

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	86,408	3	28,803	6,032	,019
Dentro de grupos	38,197	8	4,775		
Total	124,605	11			

## Pruebas post hoc

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: PESO SECO FOLIAR

HSD Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	Intervalo de confianza al 95%
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-7,04333*	1,78412	,018	-12,7567	-1,3300
	3	-5,82667*	1,78412	,046	-11,5400	-,1133
	4	-5,07000	1,78412	,083	-10,7834	,6434
2	1	7,04333*	1,78412	,018	1,3300	12,7567
	3	1,21667	1,78412	,901	-4,4967	6,9300
	4	1,97333	1,78412	,696	-3,7400	7,6867
3	1	5,82667*	1,78412	,046	,1133	11,5400
	2	-1,21667	1,78412	,901	-6,9300	4,4967
	4	,75667	1,78412	,973	-4,9567	6,4700
4	1	5,07000	1,78412	,083	-,6434	10,7834
	2	-1,97333	1,78412	,696	-7,6867	3,7400
	3	-,75667	1,78412	,973	-6,4700	4,9567

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

## Subconjuntos homogéneos

### PESO SECO FOLIAR

HSD Tukey<sup>a</sup>

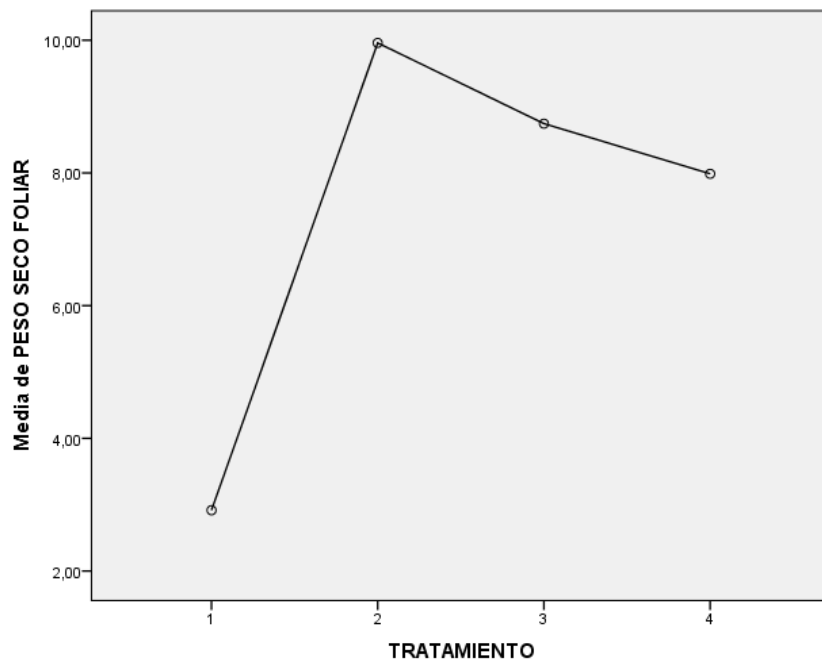
TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1	3	2,9167	
4	3	7,9867	7,9867
3	3		8,7433
2	3		9,9600
Sig.		,083	,696

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.



## Gráficos de medias



```

ONEWAY P_SEC_RAD BY TRAT
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/PLOT MEANS
/MISSING ANALYSIS
/POSTHOC=TUKEY ALPHA(0.05).
  
```

## Unidireccional

### Descriptivos

#### PESO SECO RADICULAR

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media			
					Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
1	3	,5200	,04000	,02309	,4206	,6194		
2	3	1,0433	,08505	,04910	,8321	1,2546	,48	,56
3	3	,9267	,27209	,15709	,2508	1,6026	,96	1,13
4	3	,8233	,06110	,03528	,6716	,9751	,75	1,24
Total	12	,8283	,23859	,06887	,6767	,9799	,77	,89

## ANOVA

## PESO SECO RADICULAR

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,453	3	,151	6,974	,013
Dentro de grupos	,173	8	,022		
Total	,626	11			

## Pruebas post hoc

## Comparaciones múltiples

Variable dependiente: PESO SECO RADICULAR

HSD Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	Intervalo de confianza al 95%
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-,52333*	,12014	,010	-,9081	-,1386
	3	-,40667*	,12014	,039	-,7914	-,0219
	4	-,30333	,12014	,130	-,6881	,0814
2	1	,52333*	,12014	,010	,1386	,9081
	3	,11667	,12014	,769	-,2681	,5014
	4	,22000	,12014	,327	-,1647	,6047
3	1	,40667*	,12014	,039	,0219	,7914
	2	-,11667	,12014	,769	-,5014	,2681
	4	,10333	,12014	,825	-,2814	,4881
4	1	,30333	,12014	,130	-,0814	,6881
	2	-,22000	,12014	,327	-,6047	,1647
	3	-,10333	,12014	,825	-,4881	,2814

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

## Subconjuntos homogéneos

### PESO SECO RADICULAR

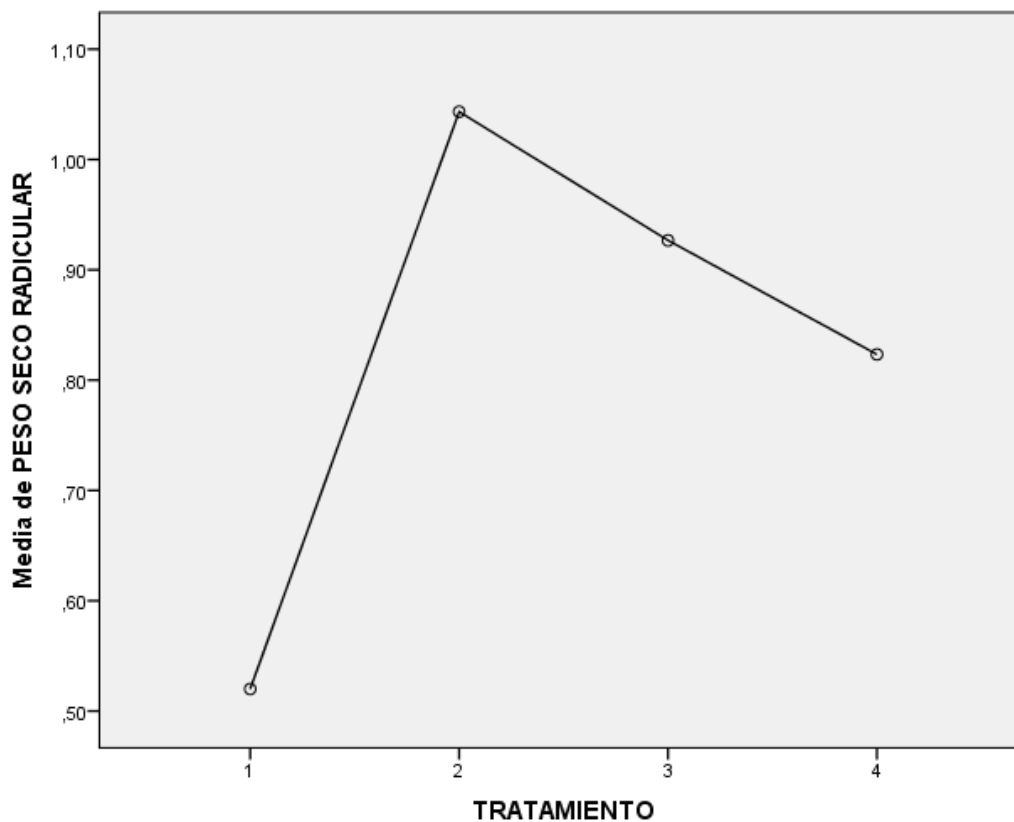
HSD Tukey<sup>a</sup>

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1	3	,5200	
4	3	,8233	,8233
3	3		,9267
2	3		1,0433
Sig.		,130	,327

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

### Gráficos de medias



Anexo 6. Resultados del análisis físico-químico del suelo.

LABORATORIO DE ANÁLISIS AGRÍCOLAS DE SUELOS - ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA

Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca  
Provincia de Rioja, San Martín. Teléfono 556443



**San Martín**

GOBIERNO REGIONAL  
*el pacífico está presente!*



PROYECTO ESPECIAL ALTO MAYO  
Dirección de Desarrollo Agropecuario

RESULTADO DE ANALISIS DE MUESTRAS DE FERTILIZANTES

NOMBRE : JESUS DAVID SEMBRERA MONDRAGÓN  
 PROCEDENCIA : Marona, margen izquierda, Peaje, Moyobamba - Moyobamba  
 FECHA DE INGRESO : 30-Ene-19  
 PROFUNDIDAD : 0 - 30 cm  
 FECHA DE REPORTE : 7-Feb-19  
 CULTIVO : Tomate  
 ATENCION : Boleta de Venta N° 0001-003989 del 01 Febrero

N°	CLAVE LABORATORIO	EDAD DEL CULTIVO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Análisis Físico				Análisis Químico															
				Textura		Clase Textural		Densidad Aparente	pH	Conduc-tividad Eléctrica E / E	Carbonatos	Materia Orgánica	Elementos Disponibles			Capac. de Intercambio Catiónico				Elementos Cambiables			
				Arena %	Arcilla %	Limo %					N %	P %	K %	Ca** meq / 100 gr de suelo	Mg**	Na*	K*	Al***	Saturación de N %				
1	ASC19 - 0021	Tesis	Jesús David Sembrera Mondragón	74.52	6.56	18.92	Franco Arenoso	1.64	8.20	0.00132	-	0.692	0.031	16.20	59.74	9.49	8.00	1.20	0.14	0.15	Trazas	0%	

METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS:

Textura : Hidrómetro de Bouyoucos  
 pH : Potenciómetro en suspensión suelo: agua  
 Conductividad Eléctrica : Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1  
 Carbono Orgánico Total : Por calcinación 400° C x 3 horas

Materia Orgánica Total : Carbono Orgánico Total x 1.724  
 Nitrogeno : Micro Kjeldahl  
 Fósforo : Cloran Modificado  
 Capacidad de Intercambio Catiónico : Suma de Bases cambiables

Sodio y Potasio : Fotometría de Llama  
 Calcio y Magnesio : Versenate E.D.T.A  
 Aluminio cambiabile : Yuan, extracción con KCl 1N  
 Acidez Activa : Yuan, extracción con KCl 1N



*[Signature]*

V° B° **Jrj. Carlos Egoivil De la Cruz**  
C.I.P. N° 32743

*[Signature]*  
Gleaco-Rosal Flores  
Laborantista de Suelos

## Anexo 7. Ficha técnica del carbón activado de cáscara de coco.



### 1.- CARACTERÍSTICAS

Este carbón activado granular es diseñado específicamente para la recuperación de cianuros de oro y plata en circuitos de recuperación de este metal. Se fabrica a partir de concha de coco, materia prima con la que se obtiene la máxima dureza disponible en el mercado. Esto es fundamental ya que se minimiza la erosión del carbón, evitando así, pérdidas valiosas del producto adsorbido. Tiene una gran área superficial compuesta por microporos cuyo tamaño es el apropiado para retener los complejos metálicos mencionados.

### 2.- PROPIEDADES

Parámetros	Especificaciones	Método de Prueba
Base	Carbón de Cáscara de Coco	
Apariencia	Granulo Negro e Irregular	
Tamaño de Partícula *Tamaño Máximo (+3.5mm) *Tamaño Mínimo (-1.7mm)	Malla 6x12 3% (Máx.) 1% (Máx.)	ASTM D2862
Valor de Yodo	1150 mg/gm (Mín.)	ASTM D4607
CTC	60% (Mín.)	ASTM D3467
Densidad Aparente	0.490 - 510 gm/cc	ASTM D2854
Dureza	98% (Mín.)	ASTM D3802
Humedad	5% (Máx.)	ASTM D2867
Ceniza	3% (Máx.)	ASTM D2866
pH	9-11	ASTM D3838
Plaquetas	7% (Máx.)	
Tamaño medio de Partícula	2.5 mm (Mín.)	

## Anexo 8. Resultado de análisis inicial de la concentración de TPH; F1 (C6-C10)



### INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: <b>S-19/019333</b>	Registrada en: <b>AGQ Perú</b>	Cliente: <b>LIZANA CARRASCO JEAN ANTHONY</b>
Análisis: <b>1379365-1</b>	Centro Análisis: <b>AGQ Perú</b>	Domicilio: <b>JR. SAN CARLOS S/N CUADRA 3MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b>
Tipo Muestra: <b>SUELOS</b>	Fecha Recepción: <b>30/05/2019</b>	Contrato: <b>PE19-1961</b>
Fecha Inicio: <b>06/06/2019</b>	Fecha Fin: <b>07/06/2019</b>	Cliente 3º: <b>---</b>
Descripción: <b>PM 01</b>		

Fecha/Hora: <b>27/05/2019 17:25</b>	Muestreado por: <b>Cliente</b>	
Muestreo:		
Lugar de Muestreo: <b>JR. SAN CARLOS S/N - MOYOBAMBA</b>		Coordenadas x,y: <b>281637 9332109</b>
Punto de Muestreo: <b>PM 01</b>		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Yoel Iñigo Guizado, CQP 826

FECHA EMISIÓN: 07/06/2019

OBSERVACIONES:



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-19/019333

Tipo Muestra: SUELOS

Descripción: PM 01

Fecha Fin: 07/06/2019

### RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	1 27	-	mg/kg PS	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.





## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-19/019333

Tipo Muestra: SUELOS

Descripción: PM 01

Fecha Fin: 07/06/2019

### ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Cromat CG FID HS		0,3 - 300 000 mg/kg P5

Los parámetros marcados con asterisco (\*) no estan incluidos en el Alcance de Acreditación.





## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: <b>S-19/019334</b>	Registrada en: <b>AGQ Perú</b>	Cliente: <b>LIZANA CARRASCO JEAN ANTHONY</b>
Análisis: <b>1379365-1</b>	Centro Análisis: <b>AGQ Perú</b>	Domicilio: <b>JR. SAN CARLOS S/N CUADRA 3MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b>
Tipo Muestra: <b>SUELOS</b>	Fecha Recepción: <b>30/05/2019</b>	Contrato: <b>PE19-1961</b>
Fecha Inicio: <b>06/06/2019</b>	Fecha Fin: <b>07/06/2019</b>	Cliente 3º: <b>---</b>
Descripción: <b>PM 02</b>		

Fecha/Hora: <b>27/05/2019 17:30</b>	Muestreado por: <b>Cliente</b>	
Muestreo:		
Lugar de Muestreo: <b>JR. SAN CARLOS S/N - MOYOBAMBA</b>		Coordenadas x,y: <b>281636 9332111</b>
Punto de Muestreo: <b>PM 02</b>		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Yoel Iñigo Guizado, CQP 826

FECHA EMISIÓN: 07/06/2019

OBSERVACIONES:



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-19/019334

Tipo Muestra: SUELOS

Descripción: PM 02

Fecha Fin: 07/06/2019

### RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	122	-	mg/kg PS	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-19/019334

Descripción: PM 02

Tipo Muestra: SUELOS

Fecha Fin: 07/06/2019

### ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Cromat CG FID HS		0,3 - 300 000 mg/kg PS

Los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: <b>S-19/019335</b>	Registrada en: <b>AGQ Perú</b>	Cliente: <b>LIZANA CARRASCO JEAN ANTHONY</b>
Análisis: <b>1379365-1</b>	Centro Análisis: <b>AGQ Perú</b>	Domicilio: <b>JR. SAN CARLOS S/N CUADRA 3MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b>
Tipo Muestra: <b>SUELOS</b>	Fecha Recepción: <b>30/05/2019</b>	Contrato: <b>PE19-1961</b>
Fecha Inicio: <b>06/06/2019</b>	Fecha Fin: <b>07/06/2019</b>	Cliente 3º: <b>—</b>
Descripción: <b>PM 03</b>		

Fecha/Hora: <b>27/05/2019 17:35</b>	Muestreado por: <b>Cliente</b>	
Muestreo:		
Lugar de Muestreo: <b>JR. SAN CARLOS S/N - MOYOBAMBA</b>		Coordenadas x,y: <b>281634 9332108</b>
Punto de Muestreo: <b>PM 03</b>		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Yoel Iñigo Guizado, CQP 826

FECHA EMISIÓN: 07/06/2019

OBSERVACIONES:

Nº de Referencia: S-19/019335

Descripción: PM 03

Tipo Muestra: SUELOS

Fecha Fin: 07/06/2019

### RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	73	-	mg/kg PS	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: S-19/019335

Descripción: PM 03

Tipo Muestra: SUELOS

Fecha Fin: 07/06/2019

## ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Cromat CG FID HS		0,3 - 300 000 mg/kg PS

Los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.



Nº de Referencia: <b>S-19/019336</b>	Registrada en: <b>AGQ Perú</b>	Cliente: <b>LIZANA CARRASCO JEAN ANTHONY</b>
Análisis: <b>137936S-1</b>	Centro Análisis: <b>AGQ Perú</b>	Domicilio: <b>JR. SAN CARLOS S/N CUADRA 3MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b>
Tipo Muestra: <b>SUELOS</b>	Fecha Recepción: <b>30/05/2019</b>	Contrato: <b>PE19-1961</b>
Fecha Inicio: <b>06/06/2019</b>	Fecha Fin: <b>07/06/2019</b>	Cliente 3º: <b>---</b>
Descripción: <b>PM 04</b>		

Fecha/Hora: <b>27/05/2019 17:40</b>	Muestreado por: <b>Cliente</b>	
Muestreo:		
Lugar de Muestreo: <b>JR. SAN CARLOS S/N - MOYOBAMBA</b>		Coordenadas x,y: <b>281633 9332107</b>
Punto de Muestreo: <b>PM 04</b>		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Yoel Iñigo Guizado, CQP 826

FECHA EMISIÓN: 07/06/2019

OBSERVACIONES:



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-19/019336

Tipo Muestra: SUELOS

Descripción: PM 04

Fecha Fin: 07/06/2019

### RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
-----------	-----------	--------	----------	-----

#### *Hidrocarburos*

Hidrocarburos Totales C6-C10	117	-	mg/kg PS	
------------------------------	-----	---	----------	--

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.





## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-19/019336

Descripción: PM 04

Tipo Muestra: SUELOS

Fecha Fin: 07/06/2019

### ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Cromat CG FID HS		0,3 - 300 000 mg/kg PS

Los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: <b>S-19/019337</b>	Registrada en: <b>AGQ Perú</b>	Cliente: <b>LIZANA CARRASCO JEAN ANTHONY</b>
Análisis: <b>1379365-1</b>	Centro Análisis: <b>AGQ Perú</b>	Domicilio: <b>JR. SAN CARLOS S/N CUADRA 3MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b>
Tipo Muestra: <b>SUELOS</b>	Fecha Recepción: <b>30/05/2019</b>	Contrato: <b>PE19-1961</b>
Fecha Inicio: <b>06/06/2019</b>	Fecha Fin: <b>07/06/2019</b>	Cliente 3º: <b>---</b>
Descripción: <b>PM 05</b>		

Fecha/Hora	<b>27/05/2019 17:45</b>	Muestreado por:	<b>Cliente</b>
Muestreo:			
Lugar de Muestreo:	<b>JR. SAN CARLOS S/N - MOYOBAMBA</b>	Coordenadas x,y:	<b>281632 9332106</b>
Punto de Muestreo:	<b>PM 05</b>		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

**Yoel Iñigo Guizado, CQP 826**

**FECHA EMISIÓN: 07/06/2019**

**OBSERVACIONES:**



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-19/019337	Tipo Muestra: SUELOS
Descripción: PM 05	Fecha Fin: 07/06/2019

### RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	172	-	mg/kg PS	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-19/019337

Descripción: PM 05

Tipo Muestra: SUELOS

Fecha Fin: 07/06/2019

### ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Cromat CG FID HS		0,3 - 300 000 mg/kg P5

Los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

## Anexo 7. Resultado de análisis final de la concentración de TPH; F1 (C6-C10)



### INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	S-19/028958	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente:	LIZANA CARRASCO JEAN ANTHONY
Análisis:	1379365-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio:	JR. SAN CARLOS S/N CUADRA 3MOYOBAMBA - SAN MARTIN
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	21/08/2019	Contrato:	PE19-4490
Fecha Inicio:	23/08/2019	Fecha Fin:	29/08/2019	Cliente 3º:	---
Descripción:	PM01				

Fecha/Hora	18/08/2019 14:10	Muestreado por:	Cliente		
Muestreo:					
Lugar de Muestreo:	Jr. SAN CARLOS S/N - MOYOBAMBA			Coordenadas x,y:	281637 9332109
Punto de Muestreo:	PM01				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Fiorella Vásquez Caro

FECHA EMISIÓN: 29/08/2019

OBSERVACIONES:



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	S-19/028958	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción:	PM01	Fecha Fin:	29/08/2019

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	< 1	±6%	mg/kg PS	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-19/028958

Tipo Muestra: SUELOS

Descripción: PM01

Fecha Fin: 29/08/2019

### ANEXO TECNICO

Parámetro

PNT

Técnica

Ref Norma

Rango

#### **Hidrocarburos**

Hidrocarburos Totales C6-C10

EPA Method 8015C.  
Rev.3 (2007)

Cromat CG FID HS

0,3 - 300 000 mg/kg PS





## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	<b>S-19/028959</b>	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente:	LIZANA CARRASCO JEAN ANTHONY
Análisis:	1379365-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio:	JR. SAN CARLOS S/N CUADRA 3MOYOBAMBA - SAN MARTIN
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	21/08/2019	Contrato:	PE19-4490
Fecha Inicio:	23/08/2019	Fecha Fin:	29/08/2019	Cliente 3º:	---
Descripción:	PM02				

Fecha/Hora	18/08/2019 14:20	Muestreado por:	Cliente		
Muestreo:					
Lugar de Muestreo:	Jr. SAN CARLOS S/N - MOYOBAMBA			Coordenadas x,y:	281636 9332111
Punto de Muestreo:	PM02				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

**Fiorella Vásquez Caro**

**FECHA EMISIÓN: 29/08/2019**

**OBSERVACIONES:**





## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	S-19/028959	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción:	PM02	Fecha Fin:	29/08/2019

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	5		mg/kg PS	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	S-19/028959	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción:	PM02	Fecha Fin:	29/08/2019

### ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Cromat CG FID HS		0,3 - 300 000 mg/kg PS



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	<b>S-19/028960</b>	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente:	LIZANA CARRASCO JEAN ANTHONY
Análisis:	1379365-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio:	JR. SAN CARLOS S/N CUADRA 3MOYOBAMBA - SAN MARTIN
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	21/08/2019	Contrato:	PE19-4490
Fecha Inicio:	23/08/2019	Fecha Fin:	29/08/2019	Cliente 3º:	---
Descripción:	PM03				

Fecha/Hora	18/08/2019 14:30	Muestreado por:	Cliente		
Muestreo:					
Lugar de Muestreo:	Jr. SAN CARLOS S/N - MOYOBAMBA			Coordenadas x,y:	281634 9332108
Punto de Muestreo:	PM03				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Fiorella Vásquez Caro

FECHA EMISIÓN: 29/08/2019

OBSERVACIONES:



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-19/028960

Tipo Muestra: SUELOS

Descripción: PM03

Fecha Fin: 29/08/2019

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10		±6%	mg/kg PS	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-19/028960  
 Descripción: PM10

Tipo Muestra: SUELOS  
 Fecha Fin: 29/08/2019

## ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Cromat CG FID HS		0,3 - 300 000 mg/kg PS



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	<b>S-19/028961</b>	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente:	LIZANA CARRASCO JEAN ANTHONY
Análisis:	1379365-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio:	JR. SAN CARLOS S/N CUADRA 3MOYOBAMBA - SAN MARTIN
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	21/08/2019	Contrato:	PE19-4490
Fecha Inicio:	23/08/2019	Fecha Fin:	29/08/2019	Cliente 3º:	---
Descripción:	PM04				

Fecha/Hora	18/08/2019 14:35	Muestreado por:	Cliente		
Muestreo:					
Lugar de Muestreo:	Jr. SAN CARLOS S/N - MOYOBAMBA			Coordenadas x,y:	281633 9332107
Punto de Muestreo:	PM04				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

---

i8

---




---



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	S-19/028961	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción:	PM04	Fecha Fin:	29/08/2019

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	7 < 0,3	±6%	mg/kg PS	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-19/028961

Tipo Muestra: SUELOS

Descripción: PM04

Fecha Fin: 29/08/2019

## ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Cromat CG FID HS		0,3 - 300 000 mg/kg PS





## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	<b>S-19/028962</b>	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente:	LIZANA CARRASCO JEAN ANTHONY
Análisis:	1379365-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio:	JR. SAN CARLOS S/N CUADRA 3MOYOBAMBA - SAN MARTIN
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	21/08/2019	Contrato:	PE19-4490
Fecha Inicia:	23/08/2019	Fecha Fin:	29/08/2019	Cliente 3º:	---
Descripción:	PM05				

Fecha/Hora	18/08/2019 14:45	Muestreado por:	Ciente		
Muestreo:					
Lugar de Muestreo:	Jr. SAN CARLOS S/N - MOYOBAMBA			Coordenadas x,y:	281632 9332106
Punto de Muestreo:	PM05				

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Fiorella Vásquez Caro

FECHA EMISIÓN: 29/08/2019

OBSERVACIONES:



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	S-19/028962	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción:	PM05	Fecha Fin:	29/08/2019

### RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales C6-C10	0,9		mg/kg P5	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: 5-19/028962  
 Descripción: PM05

Tipo Muestra: SUELOS  
 Fecha Fin: 29/08/2019

### ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
-----------	-----	---------	-----------	-------

#### *Hidrocarburos*

Hidrocarburos Totales C6-C10	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Cromat CG FID HS		0,3 - 300 000 mg/kg PS
------------------------------	-----------------------------------	------------------	--	------------------------