



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Eficiencia de absorción de hidrocarburos en medio acuoso
por Stipa Ichu**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Arapa Ytusaca, Carolina Nataly (orcid.org/0000-0001-9212-5262)

Ventura Dorado, Wendy Deysi (orcid.org/0000-0001-9751-7724)

ASESOR:

Mgtr. Solorzano Acosta, Richard Andi (orcid.org/0000-0003-3248-046X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A toda mi familia, docentes y amigos, por su ayuda, paciencia y dedicación, que me guiaron en el proceso para obtener mi título universitario.

Arapa Ytusaca, Carolina Nataly.

A mi madre Ada Dorado B. quien nunca dudó en darme fuerzas y no rendirme en mis metas; y a todas las personas que me apoyaron, e hicieron posible que este trabajo se realice con éxito.

Ventura Dorado, Wendy Deysi.

AGRADECIMIENTO

A mis familiares, mis verdaderos amigos, no puedo dejar de recordar cuantas tardes y horas de trabajo nos juntamos a lo largo de mi formación. Hoy nos toca cerrar un capítulo maravilloso en esta historia de vida y no puedo dejar de agradecerles por su apoyo y constancia, por compartir horas de estudio. Gracias por estar siempre allí.

Arapa Ytusaca, Carolina Nataly.

A Dios, a mi madre que me dio la vida, que siempre han sido el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio; les dedico a ustedes este logro como una meta más conquistada. Orgullosa de haberlos elegido como mis guías y que estén a mi lado en este momento tan importante.

Ventura Dorado, Wendy Deysi.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	9
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	9
3.2 Variables y operacionalización.....	9
3.3 Hipótesis.....	10
3.4 Población, muestra y muestreo.....	11
IV. RESULTADOS.....	23
V. DISCUSIÓN.....	27
VI. CONCLUSIONES.....	28
VII. RECOMENDACIONES.....	28
REFERENCIAS.....	29
ANEXOS.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:Tipos de materiales absorbentes	6
Tabla 2: Diseño Experimental	11
Tabla 3: Análisis de varianza de la absorción de hidrocarburos por Stipa ichu según tiempo y temperatura ensayadas.....	23
Tabla 4: Análisis de efectos principales del tiempo y temperatura sobre la absorción de hidrocarburos con Stipa ichu.....	24
Tabla 5: Análisis de Efectos de los tratamientos sobre la absorción.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Recolección de la Stipa ichu	12
Figura 2: Secado de Stipa ichu.	13
Figura 3: Posteriormente fue triturado, homogeneizando la biomasa de la Stipa Ichu.	13
Figura 4: Llenado de biomasa en medias de nylon.	14
Figura 5: Se vertió el hidrocarburo a 250 ml en 5 Litros de agua.....	14
Figura 6: Se introdujo la salchicha de fibra vegetal del tratamiento 1, en el hidrocarburo.	15
Figura 7: En el tratamiento 1, se procedió a llenar cada réplica de la muestra absorbida por la fibra vegetal en el vaso Beaker (precipitado), R1, R2 y R3, dando como resultado T1R1, T1R2 y T1R3.....	15
Figura 8: Se vertió el hidrocarburo a 250 ml en 5 Litros de agua.....	16
Figura 9: Se introdujo la Stipa Ichu del tratamiento 2, al agua con hidrocarburo.	16
Figura 10: En el tratamiento 2, procedemos a llenar cada réplica de la muestra absorbida en el vaso Beaker (precipitado), R1, R2 y R3, dando como resultado T2R1, T2R2 y T2R3.....	17
Figura 11: Se vertió 250 ml de HC en 5 Litros de agua.....	17
Figura 12: Se introdujo la Stipa Ichu al agua con hidrocarburo.....	18
Figura 13: Se procedió a llenar cada réplica de la muestra absorbida en el vaso Beaker (precipitado), R1, R2 y R3.	18
Figura 14: Se vertió 250 ml de HC en 5 Litros de agua.....	19
Figura 15: Se introdujo la Stipa Ichu al agua con hidrocarburo.....	19
Figura 16: Se introdujo la Stipa Ichu al agua con hidrocarburo.....	20
Figura 17: Se procedió a llenar cada réplica de la muestra absorbida en el vaso Beaker (precipitado), R1, R2 Y R3.....	20
Figura 18: Comparación de los tratamientos en la absorción de hidrocarburos por Stipa Ichu.	26

RESUMEN

Los derrames de hidrocarburos que contaminan los cuerpos de agua son un grave problema en la actualidad, varios estudios han demostrado la eficiencia de la biomasa de tejido vegetal para la absorción de este contaminante; sin embargo, se sigue en la búsqueda de fuentes apropiadas y eficientes. Por lo tanto, la presente investigación planteó como objetivo evaluar la eficiencia de absorción de hidrocarburos en medio acuoso por *Stipa ichu*, que es una gramínea natural de las zonas andinas del Perú. Mediante un diseño experimental DCA con arreglo factorial donde los factores son el tiempo y la temperatura y sus niveles 1 hora y 7 horas; y 15°C y 25°C, respectivamente, con tres réplicas por tratamiento y un total de cuatro tratamientos. La eficiencia de la absorción de los hidrocarburos se analizó mediante el análisis de varianza al 95% de confiabilidad y la diferencia entre tratamientos se analizó mediante el Test de Duncan bajo la misma confiabilidad.

Palabras clave: Hidrocarburos, absorción, *Stipa Ichu*.

ABSTRACT

Hydrocarbon spills that pollute water bodies are a serious problem today, several studies have shown the efficiency of plant tissue biomass for the absorption of this pollutant; however, the search for appropriate and efficient sources continues. Therefore, this research aimed to evaluate the efficiency of absorption of hydrocarbons in aqueous media by *Stipa ichu*, which is a natural grass from the Andean areas of Peru. Using a DCA experimental design with a factorial arrangement where the factors are time and temperature and their levels at 1 hour and 7 hours; and 15°C and 25°C, respectively, with three replicates per treatment and a total of four treatments. The efficiency of hydrocarbon absorption was analyzed by analysis of variance at 95% reliability and the difference between treatments was analyzed by Duncan's Test under the same reliability.

Keywords: Hydrocarbons, absorption and *Stipa Ichu*.

I. INTRODUCCIÓN

Los hidrocarburos se originan en el interior de la tierra mediante procesos fisicoquímicos y térmicos, el cual va descomponiendo la materia orgánica formadas por fitoplancton y zooplancton, por medio de las altas presiones y temperaturas a los cuales están expuestos, siendo el petróleo el producto de estas reacciones y hoy en día representa la fuente de energía más importante a nivel mundial (Velásquez, 2017; Yavari et al., 2015); sin embargo, los hidrocarburos generan impactos negativos sobre el medio acuoso cuando son vertidos sobre este.

La contaminación es el reto más grande que afronta actualmente la humanidad a nivel mundial (Ribes et al., 2003), siendo el derramamiento de hidrocarburos ocasionado por su exploración, explotación y transporte uno de los mayores problemas ambientales (Adams et al., 2016), ocasionando daños ecológicos al agua, suelo y aire modificando sus características fisicoquímicas y biológicas, con efectos negativos a la salud pública, pesca, agricultura (Farrington et al., 2014).

Al respecto se ha trabajado diferentes técnicas para poder remediar esta situación entre las que destaca la absorción, esto implica utilizar un material que tiene la particularidad de adherir a su matriz los hidrocarburos y de esta manera al ser retirada el contaminante y remediando el medio acuoso, en ese sentido se han venido usando diferentes fuentes vegetales con la finalidad de aprovechar su biomasa (Rincones et al., 2015).

Los absorbentes orgánicos en su mayoría son residuos procedentes de la agroindustria como son el bagazo, cachaza, cenizas, cogollo (Montenegro et al., 2015; Palma et al., 2016), la cascarilla de arroz, la cáscara de plátano (Sanchez et al., 2010; Vergara et al., 2015), la zoca de café (Aristizábal, 2015), hojas, tallos o bagazos de fruta (Hernández et al., 2016). Varios estudios han demostrado la eficiencia de la biomasa de tejido vegetal para la absorción de hidrocarburos, por ejemplo, el uso de bagazo de caña (Rincones et al., 2015), con estos antecedentes, el presente trabajo de investigación evaluará con la

biomasa de la *Stipa ichu* para la retención de hidrocarburos y comprobar su efectividad en la absorción de hidrocarburos en un medio acuoso.

La *Stipa ichu* es una gramínea reconocible por sus tallos o cañas de 25-80 cm de altura, el haz áspero y el envés no presenta pelos en sus hojas; también, es una planta florida desde la base, con las glumas transparentes, se desarrolla en el ámbito de la sierra entre 3700-4800 m.s.n.m., formando extensas áreas a campo abierto, siendo empleado como forraje para el ganado (Reynel et al., 2016).

Sobre la base de la realidad problemática presentada por la contaminación de cuerpos de agua por hidrocarburos, este proyecto define como problema general, la siguiente interrogante:

¿Cuál es la eficiencia de absorción de hidrocarburos por la *Stipa ichu* en medio acuoso?

Por tanto, el objetivo general de este proyecto de investigación es:

- Evaluar la eficiencia de absorción de hidrocarburos en medio acuoso por *Stipa ichu*.

Los aportes de esta investigación serán:

- El análisis de una biomasa vegetal para la absorción de hidrocarburos en un medio acuoso.
- El uso de insumos orgánicos para la remediación de derrames de hidrocarburos, sin producir productos secundarios tóxicos en la aplicación de esta técnica.

La hipótesis de la investigación es la siguiente:

La especie *Stipa ichu* es eficiente en la absorción de hidrocarburos en medio acuoso.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se realizó la revisión de los antecedentes a nivel nacional e internacional referidos al tema de investigación.

Rivas et al. (2020), evaluaron la capacidad de absorción de hidrocarburos a partir de bagazo, realizando pruebas en condiciones hidrofílicas en condiciones oleofílicas según el método F-726-06-ASTM-2006 para absorbentes tipo II. La prueba de campo se ejecutó en la laguna de residuales de una empresa comercializadora de combustibles, depositando almohadillas absorbentes con un peso base seco de 4 kg. Los resultados fueron de 2,24 g de hidrocarburo/4 kg de absorbente, obtenida a las 24 horas de haber depositado el material, siendo estos resultados similares a los reflejados en la literatura para este tipo de material.

Díaz et al., (2018), evaluaron un material absorbente a base de bagazo para la remoción de hidrocarburos, para lo cual prepararon 30 kg de material absorbente, siendo secado por 72 h a temperatura ambiente para luego ser sometido a tratamiento de NaOH y H₂O₂, para luego ser envasado en mallas de nylon conteniendo 10 kg base húmeda, el test de dinámica del material absorbente en fase acuosa según la norma ASTM F-726-12, obteniendo como resultado que la capacidad de adsorción promedio obtenida para la biomasa de bagazo con tratamiento químico fue apto en comparación con otros tipos de biomasa.

Rincones et al., (2015), evaluaron la efectividad de filtro de bagazo de caña de azúcar hidrofobadas por el surfactante no iónico Span 80, analizaron la concentración inicial del contaminante, el caudal, la altura, capacidad de adsorción y el tiempo de operación, Independiente de los parámetros de operación optimizados, los resultados obtenidos fue una remoción superior al 90%, demostrando que el uso del filtro de bagazo hidrofobado es eficiente en la remoción de petróleo en medio acuoso.

Leiva et al. (2012), emplearon el bagazo de caña de azúcar como biomaterial adsorbente de petróleo, los resultados experimentales con el prototipo a escala piloto, demostraron que las soluciones tecnológicas para el tratamiento

efluentes aceitosas generadas en estaciones de vapor mediante filtro de bagazo, es una opción tecnológica y ambientalmente viable que permite obtener aguas con bajos contenidos de grasas, aceites e hidrocarburos.

Méndez et al., (2012), evaluaron la capacidad de adsorción de cinco materiales absorbentes tipo II para una mezcla de crudo Istmo-Maya y aceite de motor, los resultados demostraron que la adsorción de diésel y aceite es parecida, tanto en la prueba de larga como corta, en la mezcla de Istmo-Maya la prueba larga es mayor con un tiempo de saturación de 24h, siendo el material C el que obtuvo mayor eficiencia con valores de $6.1 \text{ g}_{\text{diésel}}/\text{g}_{\text{adsorbente}}$, $7.1 \text{ g}_{\text{crudo}}/\text{g}_{\text{adsorbente}}$ y $6.5 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{g}_{\text{adsorbente}}$, y las pruebas hidrofílicas demostraron que todos los materiales retienen agua y solamente uno de ellos flotó.

González et al., (2006), compararon la respuesta de tres tipos de materiales: fibra de caña, fibra de coco y buchón de agua, frente a tres hidrocarburos de 35°, 30° y 25° API, en agua destilada y marina artificial, los resultados demostraron que las tres fibras tienen una capacidad de sorción igual o mayor a una fibra sintética comercial, en la prueba de hidrofobicidad, la fibra de caña fue más eficiente, a diferencia del buchón que resultó ser hidrofílico, se evidenció que en los tres materiales alcanzan su saturación en menos de un minuto, siendo esta propiedad una respuesta rápida frente a derrames por hidrocarburos en cuerpos de agua. Finalmente, se les aplicó un tratamiento térmico a las tres fibras para mejorar su hidrofobicidad y comportamiento en derrames. Siendo la fibra de caña la que obtuvo mayor eficiencia, seguido por el buchón de agua y la fibra de coco fue la de menor eficiencia en la prueba.

A continuación, se explicarán las bases teóricas en la que se sustenta el trabajo de investigación de remoción de hidrocarburos con *Stipa ichu*.

Los hidrocarburos, son compuestos de carbono y nitrógeno, estos se clasifican en cadena abierta, cadena cerrada, insaturados, saturados, alicíclicos, aromáticos y uno de sus productos es el petróleo. Dicho producto es un líquido viscoso bituminoso formado de la unión de varios compuestos orgánicos, por ejemplo, hidrocarburos aromáticos y alifáticos saturados, además de resinas y asfaltenos en menor proporción (Ganesh kumar et al., 2014; Grace et al., 2011), todos de origen natural (Avandeeva et al., 2014) Esta fuente de energía es obtenida a varios

kilómetros de profundidad de la tierra para luego ser distribuido a diferentes países mediante oleoductos y barcos petroleros y llegando a las refinerías donde se separa en fracciones ligeras como la gasolina, intermedias por ejemplo el kerosene y la pesada como el asfalto (Rodríguez trigo et al., 2007).

En ese contexto, la contaminación de aguas por hidrocarburos afecta a las características físicas y biológicas de hábitats acuáticos, siendo este un peligro para el medio ambiente y para la salud humana (Soliman et al., 2014), en los últimos años se incrementaron los derrames a cuerpos de agua, debido al aumento en el traslado y exploraciones en el fondo oceánico (Bao et al., 2014). Su persistencia de los hidrocarburos en el medio ambiente depende de sus propiedades fisicoquímicas, de su estructura halogenados e hidrófobos, los cuales tienden a acumularse en sedimentos marinos y fluviales (Perelo et al., 2010).

De esta manera, el comportamiento de los derrames son afectados por las condiciones meteorológicas del sistema hidrológico y estos empeoran cuando dichos contaminantes llegan a las playas y riberas de los ríos, afectando a los seres vivos del ecosistema, estos daños se pueden clasificar en tres niveles: letales, los cuales dificultan la respiración y modifican la resistencia térmica de las especies marinas, subletales, se produce por la ingesta, las cuales provocan alteraciones bioquímicas y fisiológicas, reduciendo la respuesta del organismo de las especies marinas y los indirectos, que producen cambios en los ambientes acuático-terrestre, modificando la estructura de los ecosistemas marinos y continentales, con sus respectivas interacciones (McGenity et al., 2012). En el ámbito de la pesca, la presencia de petróleo provoca la reducción y muerte de varios productos hidrobiológicos (Rodríguez Chaves et al., 2014), y también se ve afectado el turismo a áreas naturales protegidas, reduciendo el ingreso de visitantes y afectando la economía de las comunidades que viven del turismo.

Ante ello, el uso de materiales absorbentes inorgánicos, se caracterizan por ser baratos, de elevada densidad y baja retención de sólidos, siendo peligrosos y difíciles de manejar, por ejemplo, los minerales de silicatos de hierro, magnesio y residuos de combustión tratadas (Al-Majed et al., 2012). Estos tienen una absorción moderada, varios de estos materiales pueden llegar a sumergirse si son usados libremente, sin ningún tipo de recipiente que los contengan,

dificultando su recuperación en los cuerpos de agua, pero tienen ventaja de ser biodegradables (Gobierno de Canarias et al., 2005), en cuanto a los sintéticos, son los más usados, constituidos por materiales sintéticos artificiales, poseen una elevada capacidad de sorción, por ejemplo, la fibra de poliuretano o polipropileno (Al-Majed et al., 2012).

Tabla 1: Tipos de materiales absorbentes

Tipo de absorbente	Características	Ejemplos
Sintéticos	<ul style="list-style-type: none"> ● Absorben hasta el 90% de su volumen o hasta 25% de su peso. ● Comercializados en diferentes configuraciones (mantas, rollos, paños, etc). ● No biodegradables, pero ambientalmente seguros (inertes). 	<p>Espuma de poliuretano. Fibra de polietileno.</p> <p>Fibra de polipropileno. Poliéstireno en polvo.</p> <p>Tejidos de poliéster/algodón.</p>
Naturales	<ul style="list-style-type: none"> ● Absorben 5-10 veces su peso. ● Biodegradables. ● Tendencia a ser liberados. ● Liberan material absorbido al sumergirse. 	<p>Corcho Turba Paja</p> <p>Hierba</p> <p>Caña de azúcar</p> <p>Semillas de algodón</p> <p>Espigas de maíz</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ● Si se emplean sueltos son difícilmente recuperables. 	Fibra de celulosa Lana <i>Stipa ichu</i>
Inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> ● Absorben 3-6 veces su peso. ● El material ha de ser molido de grano fino. ● Pueden ser abrasivos. ● Complicados y r 	Vermiculita Vidrio volcánico Cenizas volcánicas Tierras de diatomeas Perlita Tizas Lana de vidrio

Fuente: Gobierno de Canarias, 2005.

Actualmente, se vienen haciendo investigaciones sobre absorbentes naturales que resaltan por su carácter hidrofóbico, su disponibilidad comercial, versatilidad y posibilidad de reutilización, ya que es una de las características que debe tener un buen absorbente de petróleo en caso de derrames en agua (Zang et al., 2015). Los cuales están conformados por celulosa, que es un homopolisacárido no ramificado formado por glucosa por enlaces tipo beta (1-4), en formas fibrilares que son estabilizadas por atracciones débiles (fuerzas de Van de Waals) e interacciones dipolo-dipolo (puentes de hidrógeno) entre sus grupos oxidrilos de moléculas, formado por unidades mayores llamadas micro fibrillas que a su vez están dan lugar a las fibras (Prinsen et al., 2012).

Dentro de los absorbentes orgánicos tenemos a la *Stipa ichu*, que es una especie perenne, de crecimiento en forma cespitosa (matas) como proliferación en nudos llegando a medir hasta 1.5m de altura, sus cañas son de 25 a 90cm de alto, desprovisto absolutamente de vellos, sus hojas alcanzan de 10-33cm de largo y forma puntiagudas, su inflorescencia es de forma de un racimo, en forma de espiga, densamente florida de 15-30cm de largo, es una especie propia de los andes

peruano-boliviano, conforman el sistema de pastos altoandinos, conformando grandes pajonales, siendo el elemento típico y más diversificado en nuestra sierra. Crecen en suelos poco profundos, en laderas, borde de cultivos y caminos, adaptándose a diversas variaciones de temperatura (Tovar et al., 1993).

Su clasificación taxonómica según Reynel (2010) es la siguiente: Reino :

Plantae.

Sub. Reino : Traqueobionta (plantas vasculares). Superdivisión:

Spermatophyta (plantas con semillas). División : Magnoliophyta

(plantas con flor).

Clase : Liliopsida (monocotiledóneas). Subclase : Commelinidae.

Orden : Cyperales.

Familia : Poaceae. Subfamilia : Stipoideae. Tribu : Stipeae.

Género : Stipa.

Especie : *Stipa ichu*.

Nombre común: Ichu.

III. METODOLOGÍA

La metodología de la investigación requiere una mirada sistemática y planificada de los objetivos, de la muestra, la población, la técnica de recolección de datos, la estadística los cuales deben de ser metas confiables en la presente investigación (Garg et al., 2016).

3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación del presente proyecto según su finalidad es aplicado, estará enfocado a la absorción de los hidrocarburos por una biomasa vegetal (Hernández et al., 2014)

El alcance será transeccional, ya que los datos se tomarán en un solo momento único (Hernández et al., 2014).

El carácter de medida será cuantitativo, ya que las dimensiones del objeto a estudiar serán expresadas en números, para confirmar la hipótesis de la investigación, si existen diferencias significativas entre los parámetros operaciones al momento de sorción por la *Stipa ichu*, lo que permitirá analizar los datos con procesos matemáticos y estadísticos (Hernández et al., 2014).

El diseño del estudio será experimental ya que se modificarán las variables. En este tipo de investigación, el investigador está directamente involucrado en la manipulación de variables (Hernández et al., 2014).

3.2 Variables y operacionalización

3.2.1 Variable

La variable en la investigación, es la eficiencia de absorción de hidrocarburos y la fibra de *Stipa ichu*.

Donde la eficiencia de absorción de hidrocarburos es la capacidad de retención de sustancias oleosas por las fibras de la especie vegetal (*Stipa ichu*) en un medio acuoso.

Fibra de *Stipa Ichu* es un compuesto de celulosa que por sus características hidrofóbicas es un buen absorbente de hidrocarburos.

3.2.2. Operacionalización

La comprensión de la operacionalización de variables, ayudará a detallar las características de las muestras objeto del estudio, esto es importante para definir si las variables son independientes o dependientes, lo que significa que estas últimas dependen del valor de otras variables, para esto se debe definir el procedimiento que permita su dimensionamiento de manera precisa (Andrade et al., 2021).

PEs el grado de absorción de hidrocarburos por la *Stipa ichu* en un medio acuoso, en función de los parámetros operativos como el tiempo y temperatura.

De tal manera que esta operación se medirá con los siguientes indicadores:

- Tiempo.
- Temperatura.
- Absorción. (Anexos)

3.3 Hipótesis

3.2.3.1 Hipótesis de investigación

La especie *Stipa ichu* es eficiente en la absorción de hidrocarburos en medio acuoso.

3.4.3.2 Hipótesis nula

La especie *Stipa ichu* no es eficiente en la absorción de hidrocarburos en medio acuoso.

Un enfoque cuantitativo, permite el entendimiento de las pruebas estadísticas en las muestras a emplearse en la

investigación y las medidas para probar la hipótesis de la investigación (Rubin et al., 2016).

3.4 Población, muestra y muestreo

3.4.1.1 Población

Para esta investigación la población fue la especie *Stipa ichu* y el aceite quemado como hidrocarburo.

3.4.1.2. Muestra

Para esta investigación la muestra fue la especie *Stipa ichu* con una cantidad de 250 gramos de biomasa tratada y 250 ml de aceite usado del sector automotriz.

3.4.1.3. Muestreo

No aplica.

Se realizó un diseño factorial donde el número de experimentos se calculó de la siguiente forma M^k , donde m es el número de factores y k es en número de niveles, los factores son el tiempo y la temperatura y los niveles 1 hora a 7 horas y 15°C a 25°C (Rincones et al., 2015), con tres réplicas por tratamiento, para después analizar la calidad medio acuoso mediante el análisis de varianza (ANOVA), comparando su absorción.

Tabla 2: Diseño Experimental

Tratamiento	Temperatura	Tiempo	Absorción*
T1	15	1	Y1
T2	25	1	Y2
T3	15	7	Y3
T4	25	7	Y4

*Y1, Y2, Y3, Y4, la absorción de la biomasa.

3.4.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos La técnica de recolección de datos en la investigación será la observación y llenado de ficha de datos.

3.4.3. Procedimientos

Los procedimientos serán los siguientes:



Figura 1: Recolección de la *Stipa ichu*

Nota: *Stipa Ichu* del distrito de Chiguata - Arequipa



Figura 2: Secado de *Stipa ichu*.

Nota: Las partículas de fibra de *Stipa ichu*, fueron secadas por 9 días



Figura 3: Posteriormente fue triturado, homogeneizando la biomasa de la *Stipa Ichu*.



Figura 4: Llenado de biomasa en medias de nylon.

Nota: Se colocaron tres capas para evitar que la biomasa pueda escapar durante el proceso de absorción.

Análisis en el laboratorio

Nota: Durante el proceso de análisis, se tuvo que evaluar 4 tratamientos, (T1, T2, T3 y T4) con 3R (réplicas de cada uno), para la eficiencia de absorción de la fibra vegetal *Stipa Ichu*.

Tratamiento 1



Figura 5: Se vertió el hidrocarburo a 250 ml en 5 Litros de agua.

Nota: Peso de la fibra vegetal seca en tratamiento 1, en tela de nylon triturada 250 g.



Figura 6: Se introdujo la salchicha de fibra vegetal del tratamiento 1, en el hidrocarburo.



Figura 7: En el tratamiento 1, se procedió a llenar cada réplica de la muestra absorbida por la fibra vegetal en el vaso Beaker (precipitado), R1, R2 y R3, dando como resultado T1R1, T1R2 y T1R3.

Tratamiento 2



Figura 8: Se vertió el hidrocarburo a 250 ml en 5 Litros de agua.

Nota: Peso de la fibra vegetal seca en tratamiento 2, en tela de nylon triturada 250 g



Figura 9: Se introdujo la Stipa Ichu del tratamiento 2, al agua con hidrocarburo.



Figura 10: En el tratamiento 2, procedemos a llenar cada réplica de la muestra absorbida en el vaso Beaker (precipitado), R1, R2 y R3, dando como resultado T2R1, T2R2 y T2R3.

Tratamiento 3



Figura 11: Se vertió 250 ml de HC en 5 Litros de agua.

Nota: Peso de la fibra vegetal seca en tela de nylon triturada 250 g.



Figura 12: Se introdujo la Stipa Ichu al agua con hidrocarburo.



Figura 13: Se procedió a llenar cada réplica de la muestra absorbida en el vaso Beaker (precipitado), R1, R2 y R3.

Tratamiento 4

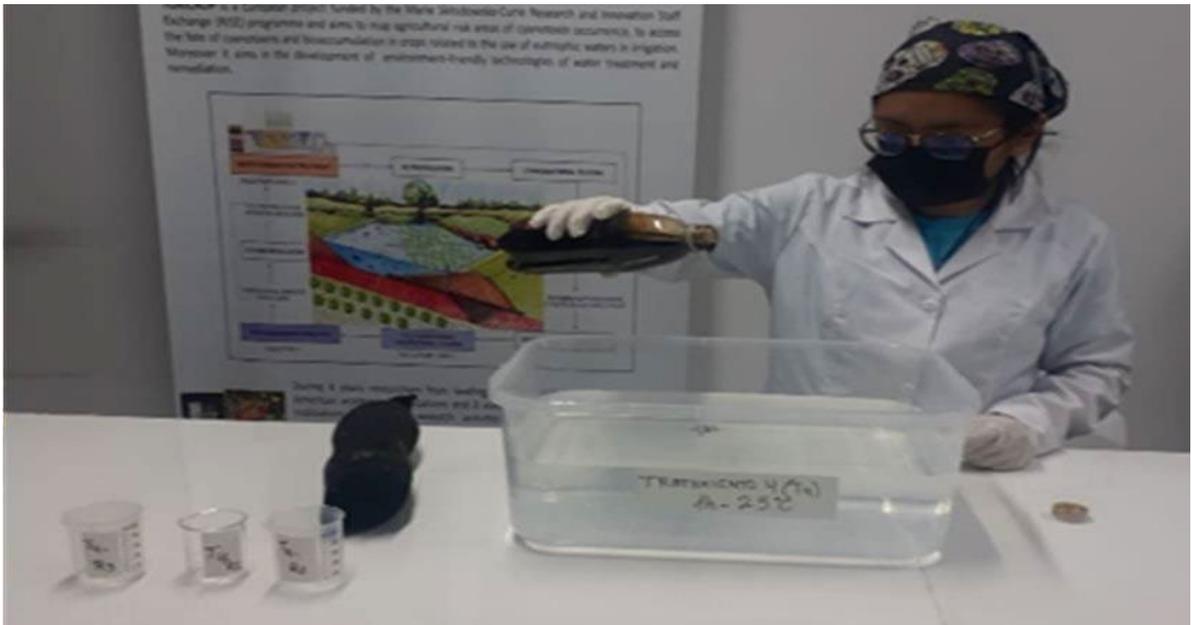


Figura 14: Se vertió 250 ml de HC en 5 Litros de agua.

Nota: Peso de la fibra vegetal seca en tela de nylon triturada 250 g.

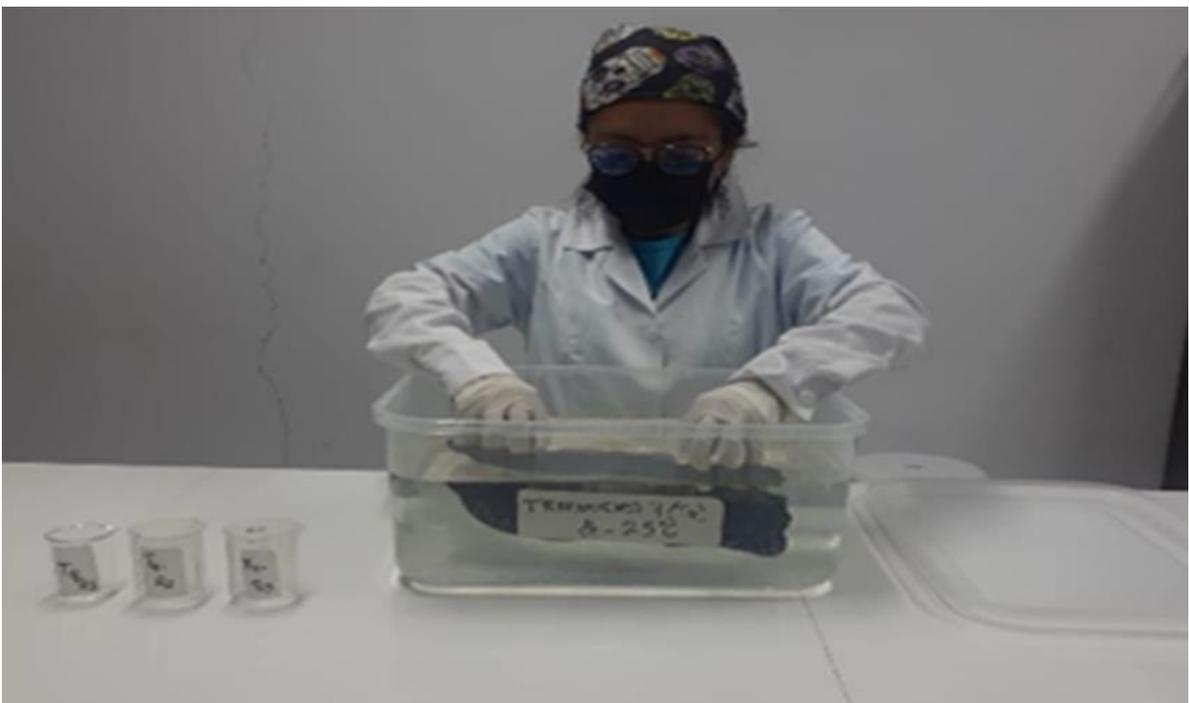


Figura 15: Se introdujo la Stipa Ichu al agua con hidrocarburo

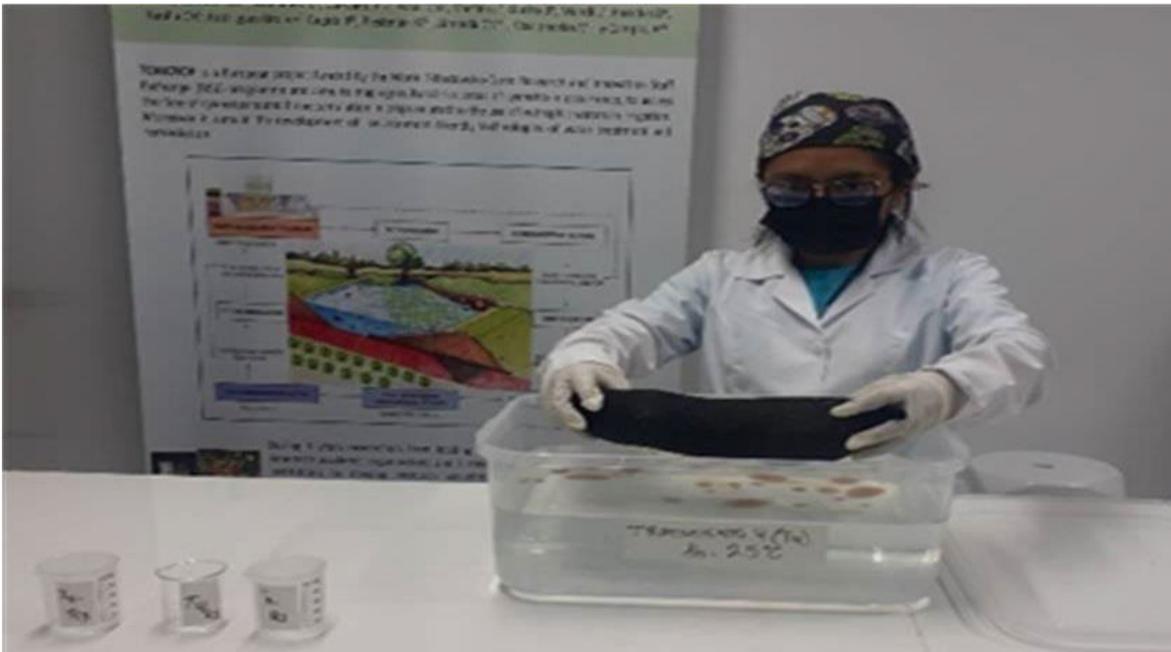


Figura 16: Se introdujo la Stipa Ichu al agua con hidrocarburo.



Figura 17: Se procedió a llenar cada réplica de la muestra absorbida en el vaso Beaker (precipitado), R1, R2 Y R3.

3.4.3. Método de análisis de datos

La eficiencia de absorción de los hidrocarburos se describió inicialmente mediante parámetros que son estadísticos descriptivos (promedios, rangos y frecuencia) para la posterior determinación de variación, por ello se utilizó análisis estadístico de ANOVA.

3.4.3.1. Aspectos administrativos

La presente investigación presentará el uso de recursos y presupuesto, que a continuación se detalla:

3.4.2.2. Recursos y Presupuesto

Recursos Humanos

01 asesor Metodológico

01 Asesor Temático Equipos y Bienes duraderos

01 recipiente vidrio

01 Cronómetro

01 termómetro

01 higrómetro

01 Software SPSS 26

01 impresora HP

01 servicio de internet Materiales e Insumos

18 lapiceros

06 resaltadores

01 paquete de 100 hojas bond

06 reglas de 30 cm.

La inversión aproximada ascenderá a s/.5 500.

Financiamiento

El financiamiento será autofinanciado por las investigadoras

Cronograma de ejecución

El cronograma propuesto a ejecutar el proyecto de investigación será, de 16 semanas trabajo **(Anexo 9)**

IV. RESULTADOS

A continuación, se procedió a analizar los resultados obtenidos del proceso de absorción en los cuatro tratamientos evaluados. Una vez aplicados los tratamientos se ejecutó el análisis de varianza para determinar si existen diferencias entre los factores evaluados, a saber el tiempo, la temperatura y su interacción respecto a la variación en la eficiencia de absorción de hidrocarburos empleando la fibra de *Stipa Ichu*, los resultados se muestran en la tabla 3, donde se puede apreciar que existen diferencias significativas entre las fuentes de variación, tanto individual o como efecto principal tiempo y temperatura así como su interacción, (Tabla 3).

Tabla 3: Análisis de varianza de la absorción de hidrocarburos por *Stipa ichu* según tiempo y temperatura ensayadas.

FV	SC	GL	CM	FC	P VALOR*
Tiempo	610,328	1	610,328	10,273,441	0,000
Temperatura	143,798	1	143,798	2,420,496	0,000
Tiempo * Temperatura	18,501	1	18,501	311,418	0,000
Error	,475	8	,059		
Total	773,102	11			

Nota. *Valores menores a 0.05 se consideran significativos o que existe diferencia entre la fuente de variación.

Después de la aplicación del análisis de varianza entre los factores y su interacción (Tabla 3), se indica que existe diferencia entre los tratamientos, debido a que el valor de significancia es menor a la probabilidad de 0.05. Luego para establecer la diferencia entre los factores evaluados (tiempo y temperatura) se procedió a ejecutar el análisis de varianza para los efectos principales, los que se muestran en la **Tabla 4**, estos efectos nuevamente fueron contrastados respecto a la eficiencia de absorción de hidrocarburos, que como se puede apreciar para el tiempo existen diferencias significativas, obteniéndose una mayor absorción cuando se emplean 7 horas. Respecto a la temperatura también existen diferencias significativas entre someter el procedimiento a 15°C comparado con 25°C obteniéndose una mayor eficiencia o absorción, cuando se emplean 25°C, en la cual se logra un incremento de 89.54% para 98.41% hasta casi 10 puntos porcentuales.

Tabla 4: Análisis de efectos principales del tiempo y temperatura sobre la absorción de hidrocarburos con *Stipa ichu*.

Factor	Niveles	Absorción*	Desv.	Eficiencia (%)
Tiempo	1 h	32.73 a	5.16	56.04 a
	7 h	46.99 b	2.44	74.85 b
Temperatura	15° C	36.40 a	9.18	89.54 a
	25° C	43.32 b	6.45	98.41 b

Nota. Las letras iguales representan promedios estadísticamente iguales. “Valores establecidos en el agua con hidrocarburos absorbidos por la biomasa vegetal a partir de 50 g inoculados.

Como se observa en la Tabla 4, a una temperatura de 25°C se obtuvo una eficiencia del 98.41% y a un tiempo de 7h este fue de 74.85%, con esto demostró que los niveles más altos de los factores evaluados favorecen en la absorción de hidrocarburos por la biomasa de la *Stipa ichu*.

Una vez conocido los efectos principales se procedió a realizar el análisis de varianza para la combinación de los tratamientos a partir de los niveles de cada factor estudiado, tiempo y temperatura de un total de 4 tratamientos a partir de 2 niveles de cada factor ensayado como se muestra en la **Tabla 5**, se pudo encontrar que al comparar los tratamientos, producto de dicha combinación existen diferencias sustanciales entre los 4 tratamientos, es decir los 4 tratamientos presenta diferencias en la absorción de hidrocarburos totales cuando se emplea la *Stipa Ichu* como agente absorbente, como se puede apreciar, es mayor cuando se emplean más tiempo y cuando se aplican más temperatura, por lo tanto el tratamiento 4 donde se aplican 7 horas de exposición al agente absorbente a una temperatura de trabajo de 25°C se observa la mayor cantidad de absorción de hidrocarburos, que corresponde a 49.21 g/kg.

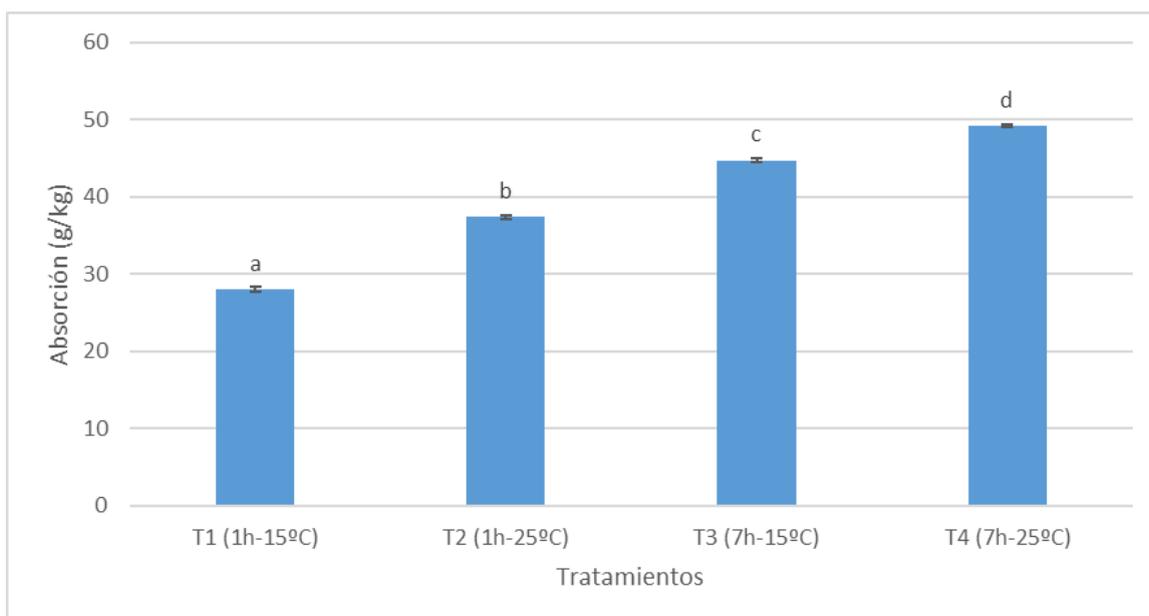
Tabla 5: Análisis de Efectos de los tratamientos sobre la absorción.

Tratamiento	Tiempo	Temperatura	Absorción	Desviación
T1	1 hora	15,00	28.02 a	0.34
T2		25,00	37.43 b	0.24
T3	7 horas	15,00	44.77 c	0.21
T4		25,00	49.21 d	0.12

Nota. Las letras iguales representan promedios estadísticamente iguales según el Test de Duncan al 95% de confianza.

Después de la aplicación de la prueba de Duncan (Tabla 5), podemos indicar que existe una diferencia entre las medias de los cuatro tratamientos, de la figura podemos demostrar que el tratamiento 4 (25°C y 7 horas) fue el de mayor absorción por la biomasa de *Stipa ichu* con una concentración de 49.21 ± 0.12 g/kg (Figura 1).

Figura 18: Comparación de los tratamientos en la absorción de hidrocarburos por *Stipa Ichu*.



V. DISCUSIÓN

Para la presente investigación se demuestra que a mayor tiempo de operación, mayor es la eficiencia en absorción de hidrocarburos, el tiempo empleado en la investigación es de 7 hrs, este tiempo contrasta contra lo que proponen otros autores, debido a que se aplican otro tipo de fibras vegetales, por ejemplo Rivas et al. (2020), indica haber empleado un tiempo de 24 horas; Díaz et al., (2018), evaluaron el bagazo en un tiempo de 72 hrs; y Méndez et al. (2012), con un tiempo de saturación de 24hrs; sin embargo ellos emplean tiempos muy prolongados, debido a que emplean mayores concentraciones diferente a la investigación presente con una eficiencia de adsorción del hidrocarburo en un 74.85%.

En el caso de la temperatura, a medida que se incrementa, mayor es la eficiencia de absorción de hidrocarburos; la temperatura empleada en la investigación es de 25°C, esta se compara a lo que plantean otros autores, como Díaz et al., (2018), Rivas et al. (2020), Rincones et al., (2015), Leiva et al. (2012), Méndez et al., (2012) y González et al., (2006), donde se hizo un estudio diferente a otro tipo de biomasa vegetal, donde estos normalmente mencionan, o no ensayan temperaturas superiores a la temperatura ambiental que está cercana a los 20°C porque normalmente esto se aplica en condiciones ambientales o de campo en las que rara vez, salvo en lugares muy específicos que no son necesariamente donde ocurren los derrames, sin embargo es sabido como lo propone tal autor que un aumento de temperatura mejora la cinética de absorción.

Para la eficiencia se demostró que a mayor temperatura y tiempo, mayor es el porcentaje de absorción de hidrocarburos, con un 98.41% y 74.85% correspondientemente; esta eficiencia contrasta también a lo que mencionan otros autores, ya que se aplican biomásas diferentes a la investigación presente, por ejemplo Rincones et al., (2015), indica una remoción al 90%; Méndez et al., (2012), con un promedio $6.6 \text{ g}_{\text{aceite}}/\text{g}_{\text{adsorbente}}$; Rincones et al. (2018), una absorción del 90%, sin embargo ellos presentan eficiencias de más bajo porcentaje con diferencia a la presente investigación.

VI. CONCLUSIONES

El tiempo afecta la tasa de absorción de hidrocarburos totales cuando se emplea *Stipa Ichu* para la remoción de este contaminante, demostrando que a mayor tiempo aumenta la absorción, en este caso de 1 a 7 horas la absorción aumenta una eficiencia de 74.85%.

En el caso de la temperatura también es un factor preponderante en la eficacia de la absorción, demostrándose que cuando se aumenta de 15°C a 25°C también es de 98.41%.

Se concluye que la mayor eficiencia en la remoción de hidrocarburos por la *Stipa ichu* en un medio acuoso fue a una temperatura de 25°C y un tiempo de 7 horas de contacto.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un experimento in situ en aguas continentales y oceánicas y analizar cómo afectan las condiciones climáticas a la absorción del hidrocarburo por este tipo de biomasa.

REFERENCIAS

- Adams, F. V., Niyomugabo, A., & Sylvestre, O. P. (2016). Biorremediation of crude oil contaminated soil used agricultural wastes. *Procedial Manufacturing*, 7, 459–464.
- Aristizábal, V. (2015). Jet biofuel production from agroindustrial wastes through furfural platform. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Díaz, M., Rivas, L., León, M., & Acosta, J. (2018). Material absorbente para recogida de hidrocarburos en derrames en aguas y suelos. *Revista Cubana de Química*, 30(2), 289–298.
- Farrington, J. W. (2014). Oil Pollution in the Marine Environment II: Fates and Effects of Oil Spills. *Env. Sci, Policy for Sustainable Development*, 56(4), 16– 31.
- González, D. P., Andrade, F., Rodríguez, G., & Montenegro, L. C. (2006). Biomateriales sorbentes para la limpieza de derrames de hidrocarburos en suelos y cuerpos de agua Sorbent biomaterials for cleaning up hydrocarbon spills on soil and bodies of water. *Revista Ingeniería e Investigación*, 26(2), 20–27. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64326204>
- Hakeim, O. A., Abdelghaffar, F., & El-Gabry, L. K. (2022). Investigation of Egyptian *Chorisia* spp. fiber as a natural sorbent for oil spill cleanup. *Environmental Technology and Innovation*, 25, 102134. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102134>
- Hammouda, S. ben, Chen, Z., An, C., & Lee, K. (2021). Recent advances in developing cellulosic sorbent materials for oil spill cleanup: A state-of-the-art review. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127630. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127630>
- Hernández, A., Real, N., Delgado, M., Bautista, L., & Velasco, J. (2016). Residuos agroindustriales con potencial de compostaje. *Agroproductividad*, 9(8), 10–17.
- Hernández, D., Ramos, N., Castillo, J., & Orduña, J. (2015). Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales de flujo sub-superficial utilizando *Stipa ichu* para el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Ingenium*, 9(25), 47–59.

<https://doi.org/10.21774/ing.v9i25.588>

Leiva, J., Martínez, P., Esperanza, G., Rodríguez, I., & Gordiz, C. (2012). Absorción de hidrocarburos en columnas rellenas con bagazo: una solución sostenible.

ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar., 46(3), 36–44.

Méndez, M., Machado, J. A., & Guerra, R. (2012). Estudio comparativo de la capacidad de adsorción de hidrocarburos sobre cinco materiales adsorbentes tipo II utilizando un método estandarizado internacional. *Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ)*, 27(2), 94–100.

Montenegro, S., Ararat, M., & Betancur, J. (2015). Cachaza y carbonilla: residuos agroindustriales con potencial de fertilización biológica nitrogenada. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 84–90.

OEFA. (2018). Informe No 145-2018-OEFA/DSEM. *Organismos de Evaluación y Fiscalización Ambiental*.

Palma, D., Zavala, J., Cámara, J., Ruiz, E., & Salgado, S. (2016). Uso de residuos de la agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) para elaboración de abonos orgánicos. *Agroproductividad*, 9(7), 29–34.

Ribes, A., Grimalt, J., García, C., & Cuevas, E. (2003). Polycyclic aromatic hydrocarbons in mountain soils of the subtropical Atlantic. *Journal Environmental Quality*, 32(3), 977–987.

Rincones, F., Marfisi, S., Danglad, J. Á., & Salazar, V. (2015). Adsorción de hidrocarburos de petróleo en agua mediante una columna empacada con bagazo de caña de azúcar. *SABER. Revista Multidisciplinaria Del Consejo de Investigación de La Universidad de Oriente*, 27(3), 441–453.

Rivas, L., Navarro, Y., Romero, R., Díaz, M. Á., Fernández, D., Cañete, C. C., Salazar, D., & Hernández, D. (2020). Evaluación en campo de material absorbente para recogida de hidrocarburos del petróleo en agua. *Rev. CENIC Cienc. Quím.*, 51(1), 18–34.

<https://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?EbscoContent=dGJyMNxb4kSeprA40dvuOLCmsEiep7dSsKi4SLOWxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzpr1G0qLVMuePfgex43zx1%2B6B&T=P&P=AN&S=R&D=lth&K=145293240>

Salazar, E. (2012). *Remoción de Hidrocarburos mediante biopolímeros naturales:*

efecto del tamaño de partícula. (pp. 1–71).

Sanchez, A., Gutiérrez, A., Muñoz, J., & Rivera, C. (2010). Producción de

- bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos. *Revista Tumbaga*, 1(5), 61–91.
- Tovar, O. (1993). Las gramíneas (poaceae) del Perú Vol. 13. *CSIC-CSIC Press*.
- Velásquez, J. A. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 151–167.
- Vergara, J. (2015). Estudio comparativo del rendimiento de furfural a partir de diferentes residuos agrícolas (cascarilla de arroz, bagazo de caña, zuro de maíz). *Universidad de Guayaquil*.
- Yavari, K., Yeganeh, E., & Abolghasemi, H. (2015). Production and characterization of Ho polylactic acid microspheres. *Journal of Labelled Compounds*, 59(24– 29).

ANEXOS



Anexo 1: Visita al Distrito de Chiguata - Arequipa



Anexo 2: *Stipa Ichu*.



Anexo 3: Recolección de *Stipa ichu*.



Anexo 6: Trituración de la *Stipa ichu*.

Nota: Trituración de la *Stipa Ichu*.



Anexo 6: Trituración de la *Stipa ichu*.



Anexo 7: Preparación de materiales.

Anexo 8: Operacionalización de variables

Variabl e	Definici ón Concept ual	Definici ón Operac ional	Dimen si ón	Indicado res	Esc ala	Valor	Instrum ent o
Eficiencia de absorción de hidrocar bur os en medio acuoso por la <i>Stipa ichu</i> .	Es la capacida d de adsorción de hidrocar bur os en medio acuoso por una	de paráme tros operati vos como el tiempo, humeda d relativa y temper atura	Parám etros de absorc ión	Tiempo	Num é ri c a	Horas	Timer
					Num é ri c a	Porcent aje	Higrómetr o
				Temper at ur a	Num é ri c a	°C	Termóme tro
			Eficien cia de absorc ión	Absorción	Num é ri c a	$\frac{g_{hc}}{g_{absorbente}}$	Métod o gravimétr ico

Anexo 9: Cronograma de Ejecución

N°	Actividades	Programa de ejecución del Proyecto de investigación															
		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Determinación de la línea de investigación																
2	Planteamiento de las																
3	Antecedentes y marco teórico																
4	Justificación y objetivos																
5	Operación de las variables																
6	Tipo y diseño de investigación																

7	Presentación de avances: tipo y diseño																			
8	Población y r																			
9	Evaluación del comité de ética de																			
10	Técnica e i																			
11	Procedimientos, aspectos éticos ya																			
12	Entrega preliminar del Proyecto de Investigación para revisión del																			

1 3	Evaluación de similitud por Turnitin: máximo 24% (sin filtros y sin depósito)																		
1 4	Presentación del Pro																		
1 5	Elaboración de dictámenes de sustentación (jurado).																		
1 6	Segunda jornada de sustentación																		



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SOLORZANO ACOSTA RICHARD ANDI, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Eficiencia de Absorción de Hidrocarburos en Medio Acuoso por Stipa Ichu", cuyos autores son ARAPA YTUSACA CAROLINA NATALY, VENTURA DORADO WENDY DEYSI, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 23 de Agosto del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SOLORZANO ACOSTA RICHARD ANDI DNI: 45283270 ORCID: 0000-0003-3248-046X	Firmado electrónicamente por: RSOLORZANOAC el 23-08-2022 11:01:35

Código documento Trilce: TRI - 0423436