



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS UTILIZANDO MATERIALES CELULOSOS

**TESIS PROFESIONAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

INGENIERO PETROLERO

P R E S E N T A

LÓPEZ RUÍZ AZUCENA DEL CARMEN

ASESOR: ING. DAVID ARROYO ACOSTA

MISANTLA, VER

FEBRERO 2022



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

FECHA: 27 de Enero de 2022.

ASUNTO: **AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DE TESIS PROFESIONAL.**

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente hago constar que el (la) C:

AZUCENA DEL CARMEN LÓPEZ RUÍZ

pasante de la carrera de INGENIERÍA PETROLERA con No. de Control 162T0775 ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el **Manual de Procedimientos para la Obtención del Título Profesional de Licenciatura** bajo la opción **Titulación Integral (Tesis Profesional)**

Por tal motivo se **Autoriza** la impresión del **Tema** titulado:

**“RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS UTILIZANDO MATERIALES
CELULOSOS”**

Dándose un plazo no mayor de un mes de la expedición de la presente a la solicitud del Acto de Recepción para la obtención del Título Profesional.

ATENTAMENTE



ING. GERBACIO TLAXALO ESPINOZA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



Archivo.

Agradecimientos

A Dios por todas las bendiciones que me ha dado a lo largo de mi vida.

A mi madre ya que gracias a su esfuerzo, dedicación y sacrificios me he convertido en la mujer que soy ahora, agradezco todos los consejos que me ha dado y sobre todo por ser la mejor mamá del mundo.

A mis hermanos Lázaro López Ruiz, Roberto López Ruiz y Octavio López Ruiz, por ser unas grandiosas personas que me han demostrado lo importante que es la humildad y por siempre apoyarme.

A Nahún Hernández Sánchez por ser la persona que hace mi mundo mejor, me ha enseñado que hay que trabajar y ser constante para cumplir las metas que me proponga, agradezco la atención, el amor y la confianza que siempre me ha brindado.

A mis amigos por estar siempre escucharme, alegrarme los días sobre todo por ser unas increíbles personas.

A mi asesor el Ing. David Arroyo Acosta y al Dr. David Reyes González por compartir sus conocimientos conmigo y guiarme de la mejor manera para poder terminar mi proyecto.

Dedicatoria

*A mi madre por estar siempre
conmigo en las buenas y en las
malas, por todo el apoyo brindado,
gracias por todo tu sacrificio y
esfuerzos, eres la mejor mama del
mundo.*

Resumen

El petróleo es un recurso natural que se extrae desde los yacimientos hasta la superficie este necesita ser refinado para poder ser ocupado en uno de tantos productos en el cual es utilizado ya sea en detergentes, plásticos, ropa, zapatos, transporte, lubricantes, medicinas etc. Este es movido al redor de todo el mundo y en grandes cantidades, los principales medios que se utilizan son barcos petroleros, buque tanques entre otros de la vía marítima que transportan toneladas de este, es por esto por lo que “es muy propenso sufrir algún inconveniente” que cause “un derrame de petróleo, ya sea por errores humanos o mecánicos”.

“Debido a la composición que tiene el petróleo cuando este entra en contacto con el agua de inmediato queda contaminada y causa una alteración en el ecosistema ya que los animales y plantas” comienzan a morir, por otra parte, las personas que estén involucradas de manera presencial con el derrame pueden sufrir daños en su salud y si el derrame ocurre cerca de la costa tiene consecuencias en la falta de turismo por lo que también afecta la economía de la zona afectada.

La recuperación de hidrocarburos utilizando materiales celulósicos es una manera ecológica de ayudar al medio ambiente a restaurarse de la contaminación que causan los derrames de petróleo.

El objetivo principal que tienen los materiales celulósicos es absorber el petróleo para que la luz del sol entre de nuevo al fondo del cuerpo del agua, así el ecosistema empezara rehabilitarse poco a poco, sin causar consecuencias negativas a plantas y animales.

Existen diferentes tipos de materiales que actualmente ya están siendo utilizados para el control de los derrames, algunos de estos son demasiado tóxicos tanto que algunos se han llegado a prohibir por afectar aún más al medio ambiente.

Índice

1	Introducción	14
	Capítulo I.....	14
1.1	Planteamiento del problema	15
1.2	Antecedentes	17
1.3	Justificación.....	18
1.4	Objetivos	19
1.4.1	Objetivos específicos.....	19
1.5	Hipótesis.....	20
1.6	Delimitación	20
1.7	Limitaciones	21
2	Capitulo II. Marco Teórico.....	22
2.1	La naturaleza del petróleo y su origen.....	22
2.2	Formación del petróleo.....	23
2.3	Teorías sobre la formación del petróleo	24
2.3.1	Teoría inorgánica.....	24
2.3.2	Teoría microorgánica	24
2.3.3	Teórica Orgánica	25
2.3.4	Teoría convencionalmente aceptada	26
2.4	Componentes del petróleo	27
2.5	¿Qué es un derrame de petróleo?	29
2.6	Manifestaciones de hidrocarburos en la superficie	31
2.7	Causas y consecuencias de los derrames de petróleo	32
2.7.1	Principales causas.....	32
2.7.2	Elementos que resultan afectados.....	33

2.7.3	Efectos de un derrame de petróleo	34
2.7.4	Efectos a largo plazo	35
2.8	Tipo de contaminación por derrame de hidrocarburos.....	36
2.8.1	Contaminación en agua	37
2.8.2	Contaminación en el suelo	37
2.9	Historial de derrames de agua	38
2.9.1	Marea negra en el golfo pérsico	39
2.9.2	Hundimiento de la plataforma horizonte profundo	40
2.9.3	Ixoc 1: Desastre petrolero.....	41
2.9.4	Coalición entre en Atlantic Empress y el Aegan Captan	42
2.9.5	Exxon Valdez, una catástrofe ecológica.....	43
2.9.6	Prestigue y otros derrames de las costas españolas	44
2.10	Productos para reparar un derrame de petróleo.....	45
2.10.1	Material base bagazo de caña.....	45
2.10.2	Oleo esponja.....	46
2.10.3	Absorbente con madera de pino	47
2.10.4	Uso de polibutadieno fosfonado.....	47
2.10.5	Membrana inteligente.....	48
2.10.6	Pmc (prowebst marine cleaner).....	49
2.10.7	Productos absorbentes 3m	50
2.10.8	Cordòn absorbente t-270	50
2.10.9	Paños hp-156 de 3m	51
2.10.10	Musgo absorbente	52
2.10.11	ABT19 Absorbent Track	53
2.10.12	Aserrín.....	54
2.10.13	Olote.....	55

3	CAPITULO III	58
3.1	Aspectos generales (referente a la recuperación de hidrocarburos en cuerpos de agua)...	58
3.1.1	Dispersantes y Emulsificantes.....	59
3.1.2	Sorbentes	60
3.1.3	Biodegradación.....	62
3.2	Procedimiento (breve introducción de los materiales que se utilizaran).....	64
3.2.1	Proceso de preparación de las muestras de olote.....	68
3.2.2	Procedimiento de recuperación de hidrocarburos en agua dulce utilizando olote.....	70
3.2.3	Procedimiento de recuperación de hidrocarburos en agua salada utilizando olote ...	76
3.2.4	Proceso de preparación de la muestra de aserrín.....	82
3.2.5	Procedimiento de la recuperación de hidrocarburos en agua dulce utilizando aserrín. 82	
3.2.6	Procedimiento de la recuperación de hidrocarburos en agua salada utilizando aserrín. 85	
4	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	87
4.1	Análisis de la recuperación de hidrocarburos en agua dulce y salada utilizando olote.....	87
4.2	Análisis de la recuperación de hidrocarburos en agua dulce y salada utilizando aserrín..	93
4.3	Comparación de la absorción entre el aserrín y el olote.....	96
4.4	Análisis comparativo de costos	98
4.5	Conclusiones	99
5	Bibliografía	101

Índice de Figuras

Figura 2.1	Formación del petróleo.	23
Figura 2.2	Brote de petróleo en forma cónica.	31
Figura 2.3	Derrame de petróleo en el golfo pérsico.	39
Figura 2.4	Hundimiento de la plataforma Horizonte profundo	40

Figura 2.5 Derrame de petróleo en el Golfo de México.....	41
Figura 2.6 Incendio de los buques de Ixtoc 1.	42
Figura 2.7 Derrame de petróleo Exxon Valdez.	43
Figura 2.8 Hundimiento del barco petróleo Prestige.....	44
Figura 2.9 Bagazo modificado por tratamiento químico.....	45
Figura 2.10 Bagazo seco.....	45
Figura 2.11 Oleo esponja absorbente de petróleo.....	46
Figura 2.12 Reacción del hidrocarburo cuando se le aplica PBF.....	47
Figura 2.13 Membrana inteligente.....	48
Figura 2.14 PMC.	49
Figura 2.15 Cordón absorbente T-270.....	50
Figura 2.16 Paños absorbentes.	51
Figura 2.17 Musgo absorbente.	52
Figura 2.18 Presentación del Absorbent Track.	53
Figura 2.19 Aserrín.....	54
Figura 2.20 Olote.....	55
Figura 3.1 Pozo Cerro Azul N°4.....	64
Figura 3.2 Muestras traídas del pozo Cerro Azul N°4.....	65
Figura 3.3 Artesanías con maíz en Coacoazintla Ver.....	66
Figura 3.4 Aserrín.....	66
Figura 3.5 Misantla Ver.....	67
Figura 3.6 Playa lechuguillas.	67
Figura 3.7 Molino de mano.	68
Figura 3.8 Tamaño de partícula del olote.	69
Figura 3.9 Petróleo vertiéndose en el agua.....	70
Figura 3.10 Vasos de precipitado listos para la prueba.	70
Figura 3.11 Prueba con el tamaño de partícula 1.	71
Figura 3.12 Olote impregnado de petróleo.....	72
Figura 3.13 Resultado de la absorción.....	72
Figura 3.14 Olote cuando recién es puesto.....	73
Figura 3.15 Prueba con el tamaño de partícula 2.	73

Figura 3.16 Absorción del olote con la muestra 2.....	74
Figura 3.17 Resultado de la muestra 2.	74
Figura 3.18 Prueba con el tamaño de partícula 3.	75
Figura 3.19 Resultado de la absorción.....	75
Figura 3.20 Muestras para las pruebas en agua salda.....	76
Figura 3.21 Prueba con el tamaño de partícula 1.	77
Figura 3.22 Absorción del olote.	77
Figura 3.23 Resultado de la prueba de absorción.	78
Figura 3.24 Prueba con el tamaño de partícula 2.	79
Figura 3.25 Resultado de la absorción del petróleo.....	80
Figura 3.26 Prueba con el tamaño de partícula 3.	80
Figura 3.27 Absorción del olote.	81
Figura 3.28 Resultado de la absorción.....	82
Figura 3.29 Prueba con Aserrín en agua dulce.....	83
Figura 3.30 Absorción del petróleo.	83
Figura 3.31 Resultado de la absorción con aserrín.....	84
Figura 3.32 Prueba de aserrín en agua salada.....	85
Figura 3.33 Absorción del aserrín en agua salada.	86
Figura 3.34 Resultado de la absorción del aserrín en agua salada.	86
Figura 4.1 Báscula	87
Figura 4.2 Absorción de petróleo con olote y aserrín.....	96

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Componentes del petróleo.	27
Tabla 2.2 Compuestos de hidrocarburos y no hidrocarburos.	29
Tabla 2.3 Componentes del olote: Comparación de la composición química del olote (%) del presente estudio con datos reportados por otros autores.	56
Tabla 4.1 Cálculo para el total de olote en agua dulce.....	88
Tabla 4.2 Peso impregnado de petróleo.....	88
Tabla 4.3 Cantidad absorbida de petróleo y agua.....	89

Tabla 4.4 Cantidad absorbida de petróleo.	89
Tabla 4.5 Calculo para el total de olote en agua salada.....	91
Tabla 4.6 Peso del olote impregnado en agua salada.	91
Tabla 4.7 Cantidad absorbida de petróleo y agua.....	92
Tabla 4.8 Cantidad absorbida de petróleo.	92
Tabla 4.9 Cantidad de aserrín utilizada.	94
Tabla 4.10 Peso del aserrín en el agua dulce.....	94
Tabla 4.11 Cantidad absorbida de petróleo y agua por el aserrín.....	94
Tabla 4.12 Cantidad absorbida de petróleo por el aserrín en agua dulce.	95
Tabla 4.13 Calculo del aserrín para agua salada.	95
Tabla 4.14 Peso del aserrín en agua salada.	95
Tabla 4.15 Cantidad absorbida de petróleo y agua por el aserrín.....	95
Tabla 4.16 Cantidad absorbida de petróleo por el aserrín en agua salada.....	96
Tabla 4.17 Comparación de costos.....	98

1 Introducción

El petróleo es utilizado por los humanos desde las civilizaciones antiguas y ha sido la pieza fundamental para el desarrollo de la humanidad, ya que gracias a sus características únicas se pueden obtener diferentes derivados de petróleo, se ha formado toda una industria a través del petróleo y es considerado como de los recursos naturales más importantes.

Actualmente alrededor del mundo existen miles de campos petroleros, tanto en tierra como en el mar, y para que se puedan obtener los derivados del petróleo, se necesita transportarlo desde el pozo hasta las refinerías, para esto se utilizan oleoductos, barcos, buque-tanques, camiones, entre otros medios de transporte para que puedan llegar a su destino. Cuando el petróleo es transportado de un lugar a otro corre el riesgo de ser derramado, o incluso se puede derramar cuando se obtiene un brote natural de este en la superficie, también sucede cuando se tienen algunas fugas en las tuberías.

Estos derrames ya sean accidentales o provocados pueden ocurrir en el suelo y en el agua, siendo el segundo el de mayor extensión superficial ya que ocurre principalmente en los océanos y cada día son más frecuentes, el impacto que provoca esto es inmediatamente negativo ya que el petróleo se considera un contaminante de muy alta toxicidad, esto provoca que los efectos sean para un plazo muy largo, lo que ocasiona la muerte de muchas especies de plantas y animales, contaminación de agua, pérdida económica, daño a la salud de las personas que viven cerca de donde ocurre el derrame, contaminación de playas, y consecuencias ambientales.

Para limpiar los océanos del petróleo derramado se utilizan diferentes productos, los cuales pueden ser orgánicos, sintéticos o químicos, algunos de estos productos solo causan más daño ya que lo único que hacen es dispersar el petróleo dejando el agua más dañada, otros tienen que ser desechados una vez que se utilicen, lo que se busca en este proyecto es desarrollar un producto que absorba el petróleo y una vez que sea utilizado se pueda realizar formando un subproducto, y sobre todo si contaminar más, ya que lo que se busca es reparar parte del daño causado.

Capítulo I

1.1 Planteamiento del problema

¿Cuál es el impacto ambiental de implementar un absorbente natural para mitigar el derrame de petróleo en fuentes hídricas?

“Los derrames de petróleo afectan las propiedades físicas del agua especialmente” en las poblaciones naturales de animales y plantas, es por eso que una de las principales preocupaciones de la sociedad es la contaminación de las fuentes hídricas, ya que el agua es un recurso de muy alto valor desde la perspectiva del establecimiento a poblaciones, generación de energía, equilibrio y mantención de procesos ambientales y para fines de producción de bienes comerciales. Uno de los principales contaminantes de las fuentes hídricas es el petróleo, ya que actualmente ocurren muchos derrames ocasionados por ciertas fallas mecánicas o errores humanos, es por esto que es responsabilidad de las compañías petroleras reparar el daño causado al medio ambiente.

Cuando ocurre un derrame de petróleo en el mar se genera un impacto negativo ya que cuando este entra en contacto con el agua los componentes más pesados suben a la superficie ya que estos son más densos que el agua se crea una película que impide el paso de la luz del sol y el agua queda contaminada de forma inmediata debido a los componentes que conforman el petróleo porque son peligrosos y tóxicos para la vida, esto pone en riesgo el ecosistema marino ya que hay diferentes especies de animales y plantas, por ejemplo el caso de las algas, que necesitan la llegada de la luz para poder realizar la fotosíntesis, este es el proceso a través del cual las plantas brindan oxígeno al planeta y producen su propio alimento, si el proceso de la fotosíntesis no es terminado afecta el equilibrio de los ecosistemas ya que provoca daños en el sistema reproductivo y de alimentación de todos los organismos del ecosistema marino, la fragilidad de estos es tal que la naturaleza no tiene facilidad de biodegradar el petróleo de una forma fácil y rápida. Un litro del crudo ocupa sobre en el medio acuoso una superficie aproximada de medio campo de fútbol.

Se usan diferentes mecanismos para intentar recuperar el hidrocarburo. Se usan desde medios mecánicos hasta prácticas con otros químicos que permiten degradar el agente más rápido de lo normal la desventaja es que estos son muy tóxicos y provocan más daño es por esto que se han implementado técnicas de biorremediación, las cuales se basan en usar materiales celulósicos con alta capacidad de absorción todos estos de origen natural. Usualmente en las playas también se usa un método de absorción que atrapa la sustancia como una esponja, aunque no es muy eficaz.

Una vez tratado el derrame, los ecosistemas afectados demoran un tiempo en recuperarse, ya que depende de cuánto crudo se diseminó y también de la dinámica de las especies para reproducirse y adaptarse al contaminante. En otras ocasiones los entornos se recuperan lentamente hasta que el nivel de toxicidad baja y los organismos resurgen de nuevo. En las playas se reúnen grupos de voluntariado y agentes del gobierno para hacer limpiezas con palas y a mano.

1.2 Antecedentes

“El petróleo crudo que sale de los pozos es prácticamente inservible, motivo por el cual ha de ser refinado a fin de extraer los productos realmente útiles. Esto hizo que se desarrollara rápidamente el sector del transporte del petróleo, una de las actividades económicas más importantes hoy en día”.

“Actualmente, prácticamente la totalidad del petróleo se transporta, bien por vía marítima, en buque-tanques que pueden contener hasta 500.000 toneladas –los llamados superpetroleros o por vía terrestre a través de los oleoductos o pipe-lines, conductos de más de un metro de diámetro y centenares de kilómetros de longitud, a través de los cuales es impulsado el aceite mineral. Por los mares y océanos del planeta, navega constantemente una flota de petroleros con una capacidad de más de 250 millones de toneladas de petróleo crudo”.

Es en este proceso de transporte es donde puede ocurrir un derrame de petróleo por diversas causas para evitar que una vez que se derrame el petróleo empiece a contaminar de manera desmedida existen diferentes productos que ayudan a controlarlo o recuperarlo, lo cuales pueden ser de origen natural como la paja, el aserrín, la madera de pino etc., también existen algunos sorbetes hechos sintéticamente, como lo son hojas de rollos, almohadas, absorbentes y esponjas, algunos estudios hechos en laboratorio demostraron que con cierto tipo de bacterias también se puede dispersar el petróleo.

Aunque ya existen varios productos capaces de absorber crudo, estos no permiten aprovechar el material absorbido ya que una vez utilizados deben ser desechados o incinerados.

1.3 Justificación

No hay duda de la magnitud del impacto ecológico negativo y económico que causan los derrames de petróleo. Los efectos de estos desastres permanezcan durante décadas, una solución que ya esta propuesta es la de prohibir la exploración de mantos petrolíferos en aguas profundas, pero esto no puede ser posible ya que actualmente el petróleo es la materia prima más importante en el mundo, la opción más viable es reparar el daño causado utilizando estrategias de limpieza más rápidas, efectivas y sobre todo ecológicas.

Cuando el derrame de petróleo ocurre lo que se tiene que hacer como prioridad es detener el derrame, a continuación, se recoge el máximo crudo que se encuentre flotando la superficie esto utilizando diferentes productos que causan más daño al medio ambiente, el material celuloso propuesto (olote) puede sustituirlos con la ventaja de ser un producto orgánico, más efectivo, con una capacidad de absorción mayor y una recuperación más rápida permitiendo que el desecho obtenido se pueda utilizar como combustible o bien se pueda someter a un proceso de industrialización en el cual se separe el olote del petróleo y este pueda integrarse al proceso de refinación de petróleo , una vez que se depura la mancha se puede fertilizar la superficie oceánica afectada con minerales para favorecer el desarrollo del ecosistema marino y empezar a desarrollar programas económicos alternativos para las poblaciones afectadas por la contaminación.

Las actividades de las empresas petroleras son muy importantes para el desarrollo de la sociedad en general ya que los derivados del petróleo con el paso del tiempo adquirieron mayor importancia, así que el daño que estas causen debe ser preocupación de todos no nada más de las empresas esto con el objetivo de que cada vez se propongan más soluciones que favorezcan a la limpieza de los derrames de petróleo.

1.4 Objetivos

Determinar la capacidad de un producto de origen natural para absorber hidrocarburos vertidos en fuentes hídricas y de esta manera poder disminuir el daño ecológico ocasionado por estos derrames.

1.4.1 Objetivos específicos

- Analizar el daño causado por los derrames de petróleo.
- Someter el olote a un procedimiento adecuado para decidir cuál es el tamaño de partícula que tiene mayor capacidad de absorción.
- Analizar la capacidad de absorción de hidrocarburos que presenta el material (olote) para determinar su viabilidad.
- Realizar pruebas en el laboratorio con diferentes materiales orgánicos para realizar un comparativo con sus propiedades absorbentes.
- Verificar su eficiencia comparándolo con los productos ya existentes.

1.5 Hipótesis

Un estudio experimental diseñado, permitirá conocer la eficiencia de absorción de hidrocarburos del olote de maíz, en función del tamaño de partícula y la calidad de petróleo, para seleccionar el mejor arreglo que pueda ser aplicado en derrames de petróleo.

1.6 Delimitación

- Se estudiará la capacidad de absorción del olote.
- Se evaluará el costo de recuperación que se tiene al utilizar el olote.
- Determinar la cantidad de olote que se necesita para recuperar un barril de petróleo.
- Dirigido a empresas que laboran en la industria petrolera, ya que son las principales. implicadas en los derrames de petróleo, y a instituciones encargadas de la protección del medio ambiente.

1.7 Limitaciones

- El material con el que se trabaja es orgánico y sus características podrían verse afectadas por el paso del tiempo.
- Este proyecto se redactará en un tiempo comprendido de un año.
- El material con el que se harán las pruebas solo se encuentra en zonas productoras de maíz.
- Solo se trabajarán con muestras a escala en laboratorio ya que no se puede poner a prueba en el medio ambiente por el grado de contaminación que causaría.
- Se trabajará con equipo de laboratorio básico ya que no se cuenta con una infraestructura de laboratorio especializada en el área de Ingeniería Petrolera.

2 Capítulo II. Marco Teórico

2.1 La naturaleza del petróleo y su origen

“La historia del petróleo comienza hace más de 200 millones de años, cuando la mayor parte del planeta Tierra todavía estaba cubierta de agua. Los procesos geológicos y la lenta acción bacteriana sobre la materia orgánica acumulada en el fondo del mar dieron lugar a esta mezcla de hidrocarburos en la que se ha basado el desarrollo de la sociedad occidental actual”.

“El petróleo es un líquido viscoso de color verde, amarillo, marrón o negro, y que está constituido por diferentes hidrocarburos, es decir, por compuestos formados por átomos de carbono e hidrógeno en cantidades variables. No se han encontrado nunca dos yacimientos petrolíferos que tengan exactamente la misma composición, ya que, junto con hidrocarburos, hay a menudo otros compuestos oxigenados, nitrogenados y otros compuestos orgánicos con elementos como el azufre, el níquel o el vanadio”. (Mitja, 2002).

“El oro negro, como metafóricamente se denomina el petróleo, tiene su origen en la descomposición de los minúsculos organismos acuáticos que vivían en los antiguos mares de la Tierra hace millones de años, cuando todavía los humanos no habíamos aparecido. En aquel momento, la superficie del planeta no tenía las mismas características que la actual. Pangea es el nombre con el que se conoce la única gran placa terrestre que existía, en la que estaban reunidos todos los continentes. Cuando estos microorganismos animales y vegetales morían y caían al fondo de las grandes masas de agua, sucesivas capas de sedimentos inorgánicos arenas y arcillas se depositaban encima, enterrándolos cada vez más profundamente. La elevada presión de las capas de tierra, las altas temperaturas y la acción de bacterias con ausencia de oxígeno, es decir, en un medio anaerobio fue transformando lentamente los restos orgánicos en lo que hoy conocemos como petróleo crudo. El proceso de descomposición de la materia orgánica y la formación del petróleo tarda entre 10 y 100 millones de años”. (Mitja, 2002).

“Una propiedad característica del petróleo es la miscibilidad de todas sus fracciones, por lo cual forma una fase orgánica continua. En cambio, los hidrocarburos son poco miscibles en agua, y como son más ligeros, forman siempre una capa sobre su superficie”.

“El petróleo no forma grandes lagos subterráneos, sino que llena los poros y los agujeros de las rocas de origen sedimentario, como sucede con el agua en los acuíferos o en una esponja. Su naturaleza líquida hace que tenga tendencia a emigrar vertical u horizontalmente, aprovechando la permeabilidad de las capas rocosas que encuentra a su paso. Cuando eso sucede, el petróleo avanza hasta llegar a la superficie los productos ligeros que lo componen se evaporan y el resto se oxida, dando lugar a asfaltos, o forma un yacimiento cuando queda atrapado en una capa impermeable que no puede atravesar”. (Mitja, 2002)

2.2 Formación del petróleo

“El petróleo es una sustancia natural que se forma en el transcurso de millones de años. Se cree que surge del plancton, la materia en descomposición, la arena y las rocas bajo extrema presión”.

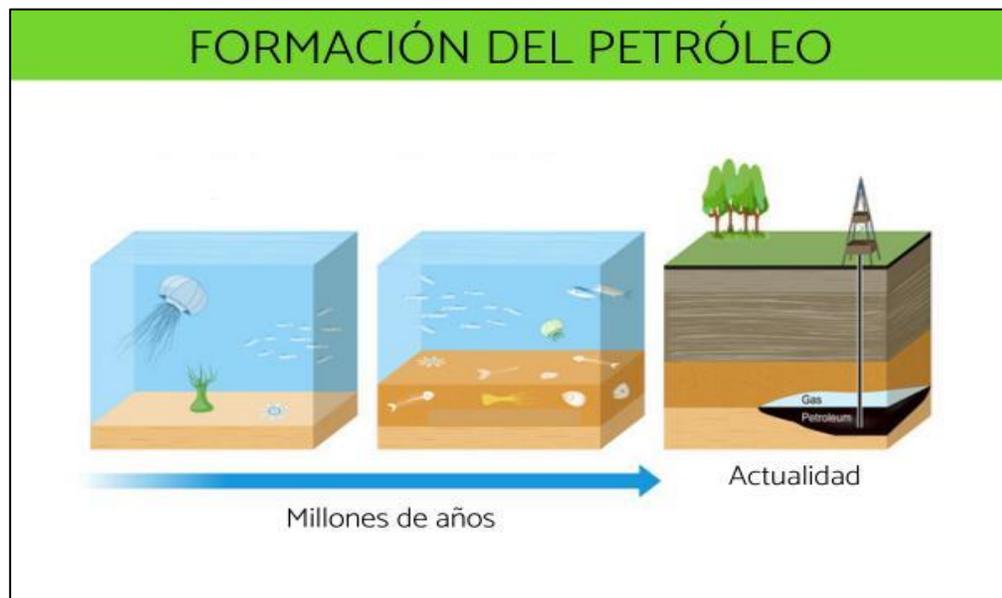


Figura 2.1 Formación del petróleo.

Fuente: (Bióloga, 2020).

“La descomposición de la materia orgánica en un medio anaeróbico, y bajo elevadas presiones y temperaturas, da lugar a un líquido viscoso formado por miles de hidrocarburos: el petróleo”.

“Las trampas de petróleo están constituidas siempre por una roca impermeable que recubre la roca almacén”. (Mitja, 2002)

Aunque el petróleo crudo es de origen natural, el que se transporta y distribuye en la actualidad pudiera contener aditivos para que tenga más rendimiento. Por ejemplo, el benceno es un importante disolvente industrial y precursor en la producción de medicamentos, plásticos, goma sintética y tintes, y a menudo se incorpora como aditivo a la gasolina.

El petróleo se utiliza en la fabricación de gasolina, sirve como combustible, y como base de productos plásticos, entre otros propósitos. (Avelar, 2020).

2.3 Teorías sobre la formación del petróleo

Existen varias teorías sobre los orígenes de la formación del petróleo que, de manera general, se pueden clasificar en dos grandes grupos: la teoría inorgánica y la teoría orgánica.

2.3.1 Teoría inorgánica

“La teoría inorgánica tuvo gran aceptación durante muchos años. Sin embargo, cuando las técnicas del análisis geológico se perfeccionaron y se contó con información suficiente al respecto, se empezó a dar importancia a las teorías de la formación orgánica. Según estos postulados, el petróleo es un producto de la descomposición de organismos vegetales y animales que fueron sometidos a enormes presiones y altas temperaturas en ciertos periodos de tiempos geológicos”. (Unam, s.f.).

2.3.2 Teoría microorgánica

“La teoría microorgánica sustenta que el origen del petróleo se debe en parte a la descomposición por el agua de animales y vegetales muy primitiva como algas, diatomeas,

protozoarios, proporcionando ciertas condiciones al petróleo, lo que respalda a esta idea son las líneas costeras o formaciones marinas, con ciertos yacimientos”.

“Actualmente la teoría orgánica tiene mayor respaldo para explicar la gran cantidad de sustancias madres importantes para la producción de miles de millones de barriles de petróleo”.

“La composición química del petróleo (95 a 99% del carbono o hidrogeno) no significa que tenga un origen orgánico”.

“Una de las principales hipótesis que explican el origen del petróleo es la teoría de Engler (1911): Consta de 3 pasos”.

1. “Grandes depósitos de origen animal y vegetal se acumulan en el fondo de los mares internos (lagunas marinas), las bacterias entran en acción descomponiendo los constituyentes carbohidratos en gases y material soluble en agua, siendo desalojados del depósito. Permanece los constituyentes tipo ceras, grasas y otras materias estables, solubles en aceite”.
 2. “Por alta temperatura y presión, se desprende CO₂ de los compuestos con grupos carboxílicos y H₂O de los ácidos hidroxílicos y de los alcoholes, dejando un residuo bituminoso”.
 3. “Los compuestos no saturados, con presencia de catalizadores naturales, se polimerizan y ciclizan para dar origen a hidrocarburos de tipo nafténico y parafínico, los aromáticos se forman por reacciones de condensación acompañado al craqueo y ciclización”.
- (BLANCO, 2010)

2.3.3 Teórica Orgánica

“La teoría orgánica está basada en dos principios fundamentales: la producción de hidrocarburos a partir de organismos vivos y la acción del calor sobre la materia orgánica formada biogénicamente. En las últimas décadas, el conocimiento geoquímico y la evidencia geológica en los estudios sedimentarios y petroleros han demostrado que la mayor parte de petróleo se originó de materia orgánica sepultada en una cuenca sedimentaria. El factor fundamental para aceptar las teorías orgánicas es que a partir de estudios realizados en

el laboratorio de rocas petrolíferas en campos productores se encontraron ciertas propiedades ópticas únicas de sustancias orgánicas. Estos resultados constatan el origen orgánico del petróleo”. (Unam, s.f.).

2.3.4 Teoría convencionalmente aceptada

“Esta teoría dice que la composición química del petróleo (con 95 a 99 por ciento de carbono o hidrogeno) no implica forzosamente un origen orgánico”. No obstante, generalmente se le considera así por dos razones:

- 1.- El petróleo tiene ciertas propiedades ópticas.
- 2.- El petróleo contiene nitrógeno y ciertos compuestos (porfirinas) que únicamente pueden proceder de materiales orgánicos.

“Por otra parte, el petróleo casi siempre se encuentra en rocas sedimentarias marinas. En efecto el muestreo realizado en algunos del fondo de los mares sobre las plataformas continentales ha revelado que los sedimentados de grano fino que están acumulándose hoy día contienen hasta por ciento de materia orgánica que es potencialmente apta desde el punto de vista químico para transformarse en petróleo. En este hecho vemos una aplicación más del principio de uniformidad”. (Cobba, 2007)

“Aunque las etapas de formación del petróleo apenas si se conocen, la teoría que se expone a continuación está ampliamente difundida y apoyada por superficies hechas como para estar, al menos un tanto cerca de la verdad”.

“La materia original consiste en organismos marinos simples, principalmente plantas que viven en abundancia en la superficie y cerca de la misma. Ciertamente no falta tal material: la observación y las medidas practicadas indican que los mares producen cuando menos 400 kilogramos de materia proteica por hectárea cada año y en las aguas más productivas cerca de la orilla crecen hasta 2.5 toneladas por hectárea al año. Esta última cifra representa más de lo que podría cosechar el rancho o la granja más productiva”.

“La materia orgánica se acumula en el fondo, sobre todo en cuencas donde el agua está estancada y es pobre en oxígeno y en consecuencia los animales necrófagos no devoran la sustancia orgánica ni esta se destruye por oxidación. En cambio, sufre el ataque y la descomposición por bacterias, que separan y eliminan el oxígeno, nitrógeno y otros

elementos, dejando el carbono y el hidrogeno residuales. Los sedimentos ricos en materia orgánica actualmente en proceso de acumulación están llenos de bacterias”.

“Al sepultarse profundamente bajo sedimentos más finos que se depositan posteriormente, se destruyen las bacterias y se aportan presión, calor y tiempo para que puedan verificarse los cambios químicos posteriores que convierten las sustancias orgánicas en gotitas de petróleo líquido y en minúsculas burbujas de gas”.

“La compactación gradual de los sedimentos que las contienen a consecuencia de su peso cada vez mayor reduce el espacio entre las partículas de roca y expulsa el petróleo y gas hacia las capas cercanas de arena o arenisca, donde los poros son más grandes.

“Ayudados por su menor peso específico que les permite flotar y quizá por la circulación de las aguas subterráneas, el aceite y el gas generalmente se mueven hacia arriba a través de la arena hasta que alcanza la superficie se disipan o bien, hasta que se detiene y acumulan una trampa y forman un yacimiento”. (Cobba, 2007).

2.4 Componentes del petróleo

“El petróleo bruto o crudo en estado natural es una mezcla de una gran variedad de compuestos hidrocarburos, que difieren mucho de unos yacimientos a otros. En general, los compuestos parafínicos (lineales, ramificados, ciclados, aromáticos y especies complejas) son los más abundantes, tanto en el petróleo líquido como en el gas natural. La composición media elemental puede ser de un 85% de carbono, 12% de hidrógeno, 3% de la suma de elementos azufre, oxígeno y nitrógeno, y varios elementos metálicos”. (HERNANDEZ, S.f)

Tabla 2.1 Componentes del petróleo.

Porcentaje por peso			
Elemento	Petróleo crudo	Asfalto	Gas natural
Carbono	82-87	80-85	65-80
Hidrógeno	12-15	8.5-11	1-2.5
Azufre	0.1-5.5	2-8	Trazas-0.2
Nitrógeno	0.1-1.5	0-2	1-15
Oxígeno	0.1-4.5	-	-

Fuente: Strahler. Geología Física. Ed. Omega, 1992.

“El contenido de azufre en el crudo varía en los diferentes yacimientos en el rango de 0.03% en peso a valores superiores al 8%, e incluso hasta el 30%, Los constituyentes más importantes son compuestos orgánicos azufrados, pero también hay azufre inorgánico como azufre elemental, ácido sulfhídrico y piritas”.

“Han sido identificados en el crudo de petróleo más de 200 compuestos orgánicos con azufre, incluyendo sulfuros, mercaptanos y tiofenos. La distribución y cantidad de tales compuestos orgánicos depende de los distintos yacimientos y de la madurez del crudo, de forma que los más inmaduros químicamente son ricos en azufre y compuestos azufrados no tiofénicos, mientras que los aceites maduros contienen una importante proporción de benzotiofenos y dibenzotiofenos alquilados, de elevado peso molecular. Debido a la ubicuidad de los derivados benzo y dibenzotiofenos en todos los crudos, estos compuestos representan la mayor parte del azufre contenido en los mismos”.

“Por otro lado, se distinguen dos tipos de crudo, de base parafínica, cuando éstas son las que dominan en abundancia, tiene una densidad baja y lo normal es que dé buenos lubricantes y una elevada proporción de keroseno, y de base asfáltica, si tiene una densidad grande, denominándose crudo pesado. Este segundo crudo sirve sobre todo para la producción de combustibles en forma de aceites”.

“Dada la complejidad de especies presentes en el petróleo, ha de considerarse éste como un conjunto de fracciones que pueden identificarse en función de su distinta volatilidad, presentándose en forma sólida, líquida y gaseosa”.

Tabla 2.2 Compuestos de hidrocarburos y no hidrocarburos.

Compuestos Hidrocarburos	Compuestos no hidrocarburos
Parafinas, (alcanos): C_nH_{2n+2} $n = n^o$ de átomos de carbono; n-parafinas (cadenas lineales), iso- parafinas (cadenas ramificadas)	Compuestos sulfurados: mercaptanos, sulfuros alifáticos, sulfuros cíclicos, tiofenos, benzotiofenos y dibenzotiofenos
Naftas, (ciclo parafinas): $C_nH_{2n+2-Rn}$ $Rn = n^o$ de anillos	Compuestos de nitrógeno: básicos y no básicos
Aromáticos: $C_nH_{2n+2RN-6RA-RAS}$ $R_N = n^o$ de anillos naftenos, $R_A =$ anillos aromáticos, $R_{AS} =$ anillos de al menos 6 carbonos	Compuestos de oxígeno
Insaturados	Compuestos mixtos: compuestos complejos de alto peso molecular que contienen C, H, O, S y N.

Fuente: H. del Olmo. y col., 2005A.

2.5 ¿Qué es un derrame de petróleo?

La noción de derrame se utiliza como sinónimo de derramamiento: el proceso y el resultado de derramar (verter un líquido o algo pequeño). Se llama derrame, por lo tanto, a un fluido que sale de su contenedor, por lo general debido a algún tipo de falla. El derrame de petróleo es un problema ecológico que se produce con frecuencia.

El petróleo es un producto natural que ha movido grandes bolsas de valores y circulación financiera en el mundo, aportando al desarrollo social y económico de un país, de manera que pueda tener un alto crecimiento en tecnología, empleo, educación, infraestructura y culturalmente. El petróleo un producto natural escaso, lo cual requiere de investigaciones, excavaciones y perforaciones del suelo para poder encontrarlo de manera muy eficaz. Pues, no solo se encuentra en la tierra sino también en el mar, siendo este último el más complejo de extraer.

Además, es la materia prima más importante ya que gracias a él se puede producir, aceites, lubricantes, asfalto, gases tales como el metano, propano, etano, ente otros, que sirven para el uso cotidiano doméstico, como por ejemplo el transporte del gas natural. Sin embargo, para la realización de estos productos es necesario transportarlo de un lugar a otro, debido a que hay empresas especializadas para la fabricación de estos materiales. El crudo como también es llamado el petróleo es transportado por carro, tanques, barcos y oleoductos para llegar al destino indicado.

La industria petrolera está en su obligación crear y cumplir normas, procedimientos y proyectos que incentiven a la protección ambiental, de manera que el medio ambiente y la vida humana no se ven afectadas por las diversas elaboraciones del crudo. De igual manera las empresas deben formular estrategias operacionales de auto-sostenibilidad y reciclaje para que los desechos o sustancias que ya no se necesitan no sean arrojados a la fauna, a la flora y a la vida acuática.

No obstante, al transportar el petróleo se puede producir accidentes ya sea por el volcamiento de carro tanques, el hundimiento de barcos en el mar o por fracturas o tanques a los oleoductos amenazando la vida en general a esto se le conoce como derrame de petróleo crudo.

En los últimos años el derrame de petróleo ha sido un gran problema ambiental, ya que el crudo es un hidrocarburo insoluble en el agua por lo tanto es más difícil purificar, siendo este uno de los mayores contaminantes. (Angarita, 2015).

2.6 Manifestaciones de hidrocarburos en la superficie

Las manifestaciones o brote de petróleo se conocen en el mundo desde la misma historia de la civilización, que hacían uso de los recursos naturales disponibles para su existencia. En Mesopotámica (zona de la Edad Antigua entre los ríos Tigris y Éufrates) lo usaban como una mezcla para obtener el cemento para unir ladrillos, los egipcios lo usaban en la preparación de las momias, los chinos y los Romanos lo usaban para alumbrar, en la mayor parte en forma de betún o bitumen. (Pedro Emiro Machado, 2016)



Figura 2.2 Brote de petróleo en forma cónica.

Fuente: Portal de Economía y Negocios El Mundo, 2014.

Las manifestaciones de crudo en la superficie se dan por causa de la migración la cual es el desplazamiento de hidrocarburos desde la roca madre hasta los niveles de rocas porosas y permeables que lo transportan a otros puntos.

Las presencias de hidrocarburos en la superficie se pueden clasificar por en dos tipos:

Manifestaciones directas: Estas son producidas por la aparición de afloramientos de los mismos hidrocarburos. Se clasifican en activas o vivas o en muertas y fósiles.

Manifestaciones indirectas: Son las manifestaciones en la superficie de los hidrocarburos, sin que ellos sean visibles. Se clasifican en ácido sulfúrico, formaciones superficiales de yeso pulverulento, formación de algaritas, procedimiento de prospección geomicrobiología, la presencia de rocas madres. (PEMEX, s.f.).

“En el año de 2018 en un distrito colombiano llamado Barrancabermeja ocurrió un afloramiento de petróleo el cual duro 28 días, primero comenzó con pequeñas gotas que emanaban del suelo las cuales se convirtieron en un enorme chorro que salía sin cesar y se elevaba hacia el cielo como una especie de cráter”.

Esta gigantesca grieta llego a expulsar cerca de 16,000 barriles de crudo cada día de los cuales según la empresa Ecopetrol 550 barriles de hidrocarburo llegaron a los ríos que estaban cerca y los contaminaron. (Pavòn, 2019).

2.7 Causas y consecuencias de los derrames de petróleo

2.7.1 Principales causas

Los derrames de petróleo se pueden dar por diferentes causas las cuales se resumen en tres.

- Derrames naturales
- Derrames por accidente
- Derrames de rutina

Los derrames por causa natural son poco conocidos, pero un estudio anual en el medio marino indica que las cantidades de crudo derramado están entre 0.2-0.6 millones de toneladas métricas.

Los que ocurren por accidente son los que suceden por los tanques, supertanques, barcos, plataformas etc. Estos alcanzan a las 350.000 toneladas métricas anuales y los son que más daño causan al medio ambiente.

Derrames de rutina se calcula que se derraman 1,370,000 toneladas métricas de petróleo en el mar cuando hay cargas y descargas, lavados de estanques etc. (Santelices)

2.7.2 Elementos que resultan afectados

De entrada, el petróleo emerge de la superficie y viaja con las corrientes marinas por lo que su destino son las costas. Por ello, se afectarán las actividades económicas del sector pesquero y turístico. Sin embargo, el daño ecológico a la vida marina es mayor, en varios ordenes de magnitud, tanto en el aspecto económico como en el ambiental. En efecto la tragedia amenaza al menos 400 especies que incluyen tortugas, ballenas, delfines, cocodrilos, aves terrestres y acuáticas, organismos filtradores como los moluscos y corales, entre otros muchos organismos filtradores como los moluscos y los corales, entre muchos organismos que viven en el océano. No obstante, hay un grupo de especies que no se ven, pero son fundamentales en la cadena alimenticia marina (y en general en los ecosistemas acuáticos) el fitoplancton y el zooplancton. Los primeros son organismos que frecuentemente tienen una sola célula y que realizan la fotosíntesis (es decir, a partir de la luz, dióxido de carbono y agua fabrican carbohidratos o azúcares); por eso se les llama productores y son la base de la pirámide alimenticia. El zooplancton es un grupo de microorganismos multicelulares que se alimentan de fitoplancton (llamados por ello consumidores primarios), estableciéndose un mecanismo de predador-presa que permite una regulación mutua en la densidad poblacional del fito y zooplancton.

Así, el derrame de petróleo está afectando directamente a los microorganismos que forman la comunidad planctónica, intoxicando y matando a la mayoría de estas especies no observables a simple vista. Esto va a alterar la cadena alimenticia en los años siguientes al afectar primero a los consumidores de zooplancton (como los camarones) y después a toda la cadena trófica (alimenticia) de la vida marina: Otros crustáceos como langostas y langostinos, peces, aves que consumen peces, tortugas, delfines, ballenas, etcétera.

Otros dos factores asociados al impacto ambiental negativo de la marea negra es que el desplazamiento de esta, por ejemplo, el que es generado por la corriente del Golfo de México, la cual transcurre desde el Caribe mexicano, pasa por los litorales de Campeche y Tabasco,

después transita por la costa oriental mexicana (Veracruz y Tamaulipas), para dirigirse hacia el noroeste, por lo que baña la península de Florida (en Estados Unidos) y sigue se cursó hacia el continente europeo. Esto moverá la mancha de petróleo hacia lugares lejanos de su punto de origen. El segundo factor es que en verano se presentan tormentas tropicales y a veces huracanes en el Atlántico y mares que lo conforman, que pueden desplazar el crudo que flota en la superficie a sitios tierra adentro, con lo que afectara la economía y la conservación de especies que vivan en áreas de influencia costera. (Nacional, 2010)

Los derrames de petróleo tienen efectos profundos e inmediatos en el medio ambiente. Además, las consecuencias de los daños provocados por la marea negra pueden ser duraderas. En abril del año 2010, se produjo un derrame de petróleo en una tubería submarina de la compañía BP en el Golfo de México. Cada día se vertieron cinco millones de barriles de petróleo (200,000 galones) en el océano, provenientes de un derrame el cual es extremadamente difícil de eliminar. (Excelsior California, 2010)

2.7.3 Efectos de un derrame de petróleo

El petróleo penetra en el entorno marino diariamente, como desecho de la vida cotidiana. Generalmente, el planeta se puede sostener a pesar de este tipo de situación. Pero cuando se trata de una enorme cantidad de petróleo derramado en una zona determinada en un breve período de tiempo, se pueden producir serias ramificaciones.

Cuando ocurre un derrame o filtración, gran parte de los compuestos volátiles del petróleo se evaporan rápidamente. Sin embargo, el petróleo permanece en la superficie del agua, se combina con la misma, y adquiere una consistencia diferente, en un compuesto pegajoso que muchos llaman “mousse”, y se puede propagar con rapidez, transportado por las corrientes y el viento.

Muchos peces son atraídos por la marea de petróleo por su dulce olor, y por su semejanza a los alimentos que consumen. Por su parte, otras criaturas marinas no saben cómo evitar el contacto con el petróleo, que puede implicar numerosos efectos, en dependencia del animal afectado:

- El petróleo puede vulnerar la capa aislante de piel o plumas de las focas y aves marinas, provocando hipotermia.

- La fauna marina que respira por agallas puede ser víctima de asfixia.
- El petróleo cubre el cuerpo del animal, obstaculizando la movilidad e impidiendo que la criatura pueda buscar alimentos o escapar de los depredadores.
- Puede afectar los criaderos, o provocar la mutación o la muerte de los animales jóvenes.
- Puede contaminar las algas y otras fuentes marinas de alimento, provocando la extinción de ciertas especies de plantas y animales. (Excelsior California, 2010)

2.7.4 Efectos a largo plazo

Cuando concluyen las labores de limpieza y disminuye la atención con respecto al derrame, éste puede seguir ejerciendo un impacto en el medio ambiente. Con el tiempo, el petróleo puede hundirse y alojarse en lecho marino, o permanecer bajo el agua. Esto puede ejercer un impacto en los animales que viven enterrados, como cangrejos y otras criaturas que buscan alimentos en el fondo del mar, los cuales, al ser devorados por otros animales y aves, los contaminan a su vez. Y el ciclo de envenenamiento puede extenderse durante años. No sólo se afecta la vida marina

La contaminación de un derrame de petróleo no afecta solamente a los animales y plantas que viven en y alrededor del agua. También influye profundamente en los seres humanos.

Costos: Con frecuencia los consumidores son los que pagan el precio financiero de un derrame de petróleo. Los costos de todo tipo de mercancías, desde los productos plásticos hasta la gasolina pueden incrementarse en la medida que las compañías petroleras intentan recuperar el dinero perdido a causa del derrame.

Pesca: Las personas que se ganan la vida pescando pudieran perder porciones significativas de sus ingresos. Además, el Gobierno puede prohibir la pesca en la zona afectada y alrededor de ella por un período extenso.

Turismo: Muchas ciudades y pueblos costeros viven de los turistas que frecuentan las zonas marítimas. Un derrame de petróleo cerca de la costa puede afectar la pesca, los deportes con embarcaciones marítimas y la natación en estos sitios.

Contaminación: Las personas que residen cerca de una zona de derrame pudieran entrar en contacto con las mismas toxinas que las criaturas marinas. El petróleo puede infiltrar los sistemas de agua potable, o el terreno. Y algunos componentes del petróleo pueden ser carcinógenos. Además, el consumo de mariscos sin saber que están contaminados puede producir envenenamiento.

¿Cómo se solucionan los derrames de petróleo?

Aunque los derrames de petróleo se diferencian entre sí, hay métodos comunes de limpieza:

- Si no hay probabilidad de contaminación costera, se deja que el petróleo sea disuelto por medios naturales, y que lo dispersen las corrientes y el viento.
- Se usan redes colectoras para recoger el petróleo de la superficie del agua. También se pueden utilizar escobas y otras herramientas para llevar el petróleo a una zona específica donde se recogerá.
- Se pueden usar dispersantes para disolver el petróleo, para que la biodegradación sea más rápida. Los dispersantes reducen la tensión en la superficie que impide la mezcla del agua y el petróleo. Sin embargo, se deben usar con cuidado, y analizar los factores de contaminación de las criaturas que pueblan el fondo marino.

Los derrames de petróleo tienen el potencial de convertirse en desastres naturales, si no son evaluados y atendidos rápidamente. (Excelsior California, 2010)

2.8 Tipo de contaminación por derrame de hidrocarburos

Una de las consecuencias que acarrea esta problemática ambiental en lo terrestre, es que cuando el suelo entra en contacto con el hidrocarburo se forman capas de color negro sobre las rocas, plantas y raíces de los árboles, causando una gran alteración, malformación o variantes negativos a la tierra. De manera que, el suelo puede quedar estéril impidiendo la vida de algún ecosistema. Asimismo, el crudo puede afectar el agua (rio, mar, lagunas etc.) de manera directa, por medio de alguna intervención humana e indirecta por los efectos de la naturaleza, acabando con los arrecifes, las aguas subterráneas, y animales marítimos.

En cuanto al aire, llega a ser contaminado por los gases que expulsa el crudo por medio de la extracción y la perforación, produciendo dióxido de carbono crudo, impidiendo el libre flujo de los visitantes, generando problemáticas sociales como el desempleo y la pobreza.

2.8.1 Contaminación en agua

Los cuerpos de agua como lagos, ríos y humedales ofrecen una variedad de recursos y comunidades acuáticas que pueden ser amenazadas por derrames de hidrocarburos. Los hidrocarburos tienden a flotar debido a la diferencia de densidad que presentan con respecto al agua, bloqueando de esta manera la penetración de la luz y el intercambio de gases. Dicho bloqueo favorece la solubilización de materiales que afectan a las distintas poblaciones como el plancton o los microinvertebrados que viven en el fondo de ríos y pantanos. De igual forma, reportan que la mayor parte de los componentes tóxicos y volátiles son eliminados por evaporación, mientras, otros se oxidan por la radiación UV en la luz del sol, todo esto depende del peso molecular, debido a que, algunos compuestos tóxicos de los hidrocarburos pueden disolverse en el agua y degradarse mientras otros presentan la capacidad de depositarse en los sedimentos. Cualquiera que sea la respuesta o acción de dichas sustancias la fauna y flora del lugar es la primera y directamente afectada. (Velàquez, 2017)

2.8.2 Contaminación en el suelo

El tipo de suelo -arena, limo y arcilla- y la cantidad de materia orgánica existente determinan el destino de los hidrocarburos del petróleo y la extensión del daño a las plantas (Yu y Serrano 2013) reportan que "la contaminación por hidrocarburos de petróleo ejerce efectos adversos sobre las plantas indirectamente, generando minerales tóxicos en el suelo disponible para ser absorbidos, además, conduce a un deterioro de la estructura del suelo; pérdida del contenido de materia orgánica; y pérdida de nutrientes minerales del suelo, tales como potasio, sodio, sulfato, fosfato, y nitrato de igual forma, el suelo se expone a la lixiviación y erosión. La presencia de estos contaminantes ha dado lugar a la pérdida de la fertilidad del suelo, bajo rendimiento de cosechas, y posibles consecuencias perjudiciales para los seres humanos y el ecosistema entero. En Colombia existe una gran diversidad de unidades de

suelo, formados a través del tiempo como producto de la acción de diferentes factores como: el relieve, el clima, el material parental, la vegetación, los microorganismos y el hombre. La determinación de dichas unidades resulta muy compleja y el criterio de agrupación lo constituyen el paisaje geomorfológico y el clima (Arias, 2016), por ello, cada situación de derrame es única. Cada lugar afectado tiene su particularidad, temperatura, pH, humedad, tipo de suelo; y por lo cual no existe una receta universal que nos permita llevar a cabo las mismas actuaciones para todos los casos de derrames que se presentan. (Velásquez, 2017)

2.9 Historial de derrames de agua

A lo largo de la historia de la industria petrolera se han producido gran cantidad de derrames de petróleo los cuales han causado grandes daños al medio ambiente especialmente al ecosistema marino, ya que cuando el petróleo entra en contacto con los cuerpos de agua se va expandiendo y abarcando cada vez más una mayor área geográfica, no se tiene conocimiento de la cantidad exacta de cuantos derrames han ocurrido ya que este fenómeno está presente en las áreas de perforación, producción y transporte que son actividades que son llevadas a cabo diariamente en todo el mundo, es por esto que también los derrames suceden en el suelo dañando algunas reservas ecológicas y volviendo infértil el suelo.

2.9.1 Marea negra en el golfo pérsico

“Durante la Guerra del Golfo, en 1991, se produjo el mayor derrame de petróleo de la historia. Durante su retirada de Kuwait, las tropas iraquíes arrasaron cientos de pozos y barcos petroleros provocando el vertido de cerca de 1.800.000 toneladas de crudo. La inmensa marea negra de más de 4.000 km² que se generó causó un profundo impacto en la vida marina y costera de los países de la zona”. (Lezama, 2019).



Figura 2.3 Derrame de petróleo en el golfo pérsico.

Fuente: Mary Rose/ Use Marine corps.

2.9.2 Hundimiento de la plataforma horizonte profundo

“En abril de 2010, una explosión en la plataforma petrolífera semisumergible Deepwater Horizon, propiedad de Transocean, pero a cargo de BP (British Petroleum), causó un brutal derrame de más de 750.000 toneladas de crudo en el Golfo de México, además del fallecimiento de once trabajadores. Durante tres meses el pozo estuvo vertiendo petróleo hasta que se logró cerrar. La marea negra afectó a más de 1.500 km de costa del sur de Estados Unidos, perjudicando a unas 8.000 especies, entre aves, peces, tortugas, moluscos, crustáceos y mamíferos marinos”. (Lezama, 2019).



Figura 2.4 Hundimiento de la plataforma Horizonte profundo

Fuente: US Coast Guard.

2.9.3 Ixoc 1: Desastre petrolero

“En 1979, el Golfo de México sufrió otro dramático derrame de crudo, aunque esta vez fue la costa mexicana la más afectada. En especial, el litoral de Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas, aunque también la costa de Texas resultó contaminada. El 3 de junio, una explosión de alta presión y el posterior reventón en el pozo exploratorio Ixtoc I de la empresa Pemex provocó el vertido de 530.000 toneladas de petróleo durante casi diez meses. Según datos de la propia compañía, la mitad de ese crudo se quemó y otro 16% se evaporó”. (Lezama, 2019).



Figura 2.5 Derrame de petróleo en el Golfo de México.

Fuente: NOAA.

2.9.4 Coalición entre en Atlantic Empress y el Aegean Captan

“El 19 de julio de 1979, apenas un mes más tarde del accidente del Ixtoc I, una tormenta tropical en el mar Caribe, a 15 kilómetros de las costas de Trinidad y Tobago, propició el choque de estos dos grandes petroleros. Ambos buques se incendiaron, vertiendo al agua más de 280.000 toneladas de crudo (2,2 millones de barriles), pero, mientras el fuego en el Aegean Captain pudo ser controlado y el petrolero fue remolcado a la costa, el Atlantic Empress ardió sin control durante días y acabó hundido”. (Lezama, 2019).



Figura 2.6 Incendio de los buques de Ixtoc 1.

Fuente: Hein Hinrich / VLCC Tankers.

2.9.5 Exxon Valdez, una catástrofe ecológica

“Cuantitativamente, el derrame del petrolero Exxon Valdez en 1989 no fue de los peores de la historia (37.000 toneladas de crudo vertidas), pero sus consecuencias fueron catastróficas. Intentando esquivar una zona de hielos glaciares, el buque colisionó contra el arrecife de Bligh, en Alaska, en medio de un paraíso de la fauna y la flora. Unas 250.000 aves marinas y alrededor de 2.300 nutrias de mar fueron las víctimas más notables, aunque también resultaron afectadas las poblaciones de focas, salmones rosados, orcas, águilas calvas e infinidad de invertebrados”. (Lezama, 2019)



Figura 2.7 Derrame de petróleo Exxon Valdez.

Fuente: Getty Images.

2.9.6 Prestige y otros derrames de las costas españolas

“El 18 de noviembre de 2002, el hundimiento del petrolero monocasco liberiano Prestige, cargado con 77.000 toneladas de fuelóleo, provocó una gran marea negra que asoló la Costa da Morte gallega y afectó a todo el litoral norte español y algunas zonas de Portugal y Francia. El accidente tuvo un impacto ambiental y económico de unos 4.000 millones de euros. Pero no ha sido el único derrame sufrido por las costas españolas. Diez años antes, en diciembre de 1992, el Mar Egeo, un petrolero de bandera griega construido en Japón, encalló frente a la Torre de Hércules, en las proximidades del puerto de La Coruña, vertiendo más de 70.000 toneladas de crudo. Era la segunda tragedia que sufría el puerto coruñés, ya que en mayo de 1976 el Urquiola, un gran petrolero construido los astilleros de Sestao, dañó su casco en la maniobra de aproximación. Como en el caso del Prestige, se decidió erróneamente que debía ser remolcado a alta mar, pero un nuevo toque provocó una explosión que acabó con la vida del capitán y con 100.000 toneladas de crudo en la costa gallega”. (Lezama, 2019).



Figura 2.8 Hundimiento del barco petróleo Prestige.

Fuente: Wikimedia Commons.

2.10 Productos para reparar un derrame de petróleo

2.10.1 Material base bagazo de caña

Es un material absorbente base bagazo de caña el cual es el residuo de materia que queda luego de que a la caña de azúcar se le extrae el jugo azucarado. Esos restos poseen una gran cantidad de fibras que presentan una buena capacidad de absorción modificada-química y radiológicamente y consiste en la transformación de sustancias naturales presentes en el bagazo de caña, que posteriormente logran un mayor grado en sus propiedades de absorción tanto de compuestos orgánicos en general, como de petróleo y sus derivados. Relacionada con el campo de la contaminación ambiental ocasionada por hidrocarburos y por otros contaminantes en grandes volúmenes de agua, la misma propone un método químico y fisicoquímico que modifica las propiedades del bagazo de caña, con el fin de elevar los niveles de absorción para recogida de hidrocarburos en derrames en aguas y suelos. La capacidad de absorción promedio obtenida para el material bagazo modificado por tratamiento químico se considera aceptable comparado con algunos de los productos comerciales conocidos. (Dr.C Miguel Ángel Díaz-Díaz, 2018)



Figura 2.10 Bagazo seco.

Fuente: (Dr.C Miguel Ángel Díaz-Díaz, 2018).



Figura 2.9 Bagazo modificado por tratamiento químico.

Fuente: (Dr.C Miguel Ángel Díaz-Díaz, 2018).

2.10.2 Oleo esponja

Oleo Esponja, fue desarrollada por científicos del Laboratorio Nacional de Argonne, de la Universidad de Chicago y el departamento de Energía de Estados Unidos. La Oleo esponja es un bloque de hule espuma, parecido a un almohadón, que puede absorber fácilmente el petróleo del agua, sin absorber el agua.

Este invento recupera los hidrocarburos y sus derivados de forma sustentable sin generar algún grado de contaminación debido a la tecnología utilizada y a el grado de absorción que tiene salvando las playas, puertos y sobre todo los océanos para que el ecosistema marino no entre en desequilibrio, la esponja funciona de la siguiente manera, captura las moléculas del petróleo sin que éstas se adhieran permitiendo que cuando la esponja se exprima suelte el hidrocarburo y la esponja se pueda volver a utilizar con la ventaja de que el hidrocarburo recuperado se pueda volver a integrar a su proceso natural de refinación. (BBC NEWS, MUNDO, 2017).



Figura 2.11 Oleo esponja absorbente de petróleo.

Fuente: (BBC NEWS, MUNDO, 2017).

2.10.3 Absorbente con madera de pino

El absorbente de hidrocarburo utilizando madera de pino es un producto que fue fabricado por unos estudiantes de universidad en Colombia con los sobrantes de la madera de pino que desechan la corteza de los árboles. Este es totalmente ecológico, orgánico y sin presencia de químicos, como ocurre en el 95 % de los casos. Es oleofílico (absorbe aceites rápidamente) e hidrofóbico (repele el agua), por lo que, cuando se retira el hidrocarburo con el producto, el agua queda limpia sin dejar residuo de algún contaminante. Este producto tiene la ventaja de que es orgánico y no causa un impacto ambiental negativo beneficiando a el ecosistema marino. (Semana, 2016)

2.10.4 Uso de polibutadieno fosfonado

El producto produce una emulsión de aceite en agua que flota sobre el agua sin dispersarse, y emulsiona petróleo dando una crema semisólida que puede ser fácilmente eliminada de la superficie del agua usando palas o coladeras. “Pequeñas cantidades de PBF pueden crear grandes volúmenes de la emulsión cremosa con hidrocarburos aromáticos y alifáticos. Sin embargo, la capacidad emulsificadora para tolueno es aproximadamente tres veces mayor que para éter de petróleo. También, la sustitución del agua dulce por agua de mar produce una fuerte reducción de la capacidad emulsificante del polímero. Las soluciones de polímero en tolueno pueden facilitar la dispersión sobre los derrames de petróleo, pero su eficiencia es menor”. (J.L. Rodríguez A. C., 2005)



Figura 2.12 Reacción del hidrocarburo cuando se le aplica PBF

Fuente: (J.L. Rodríguez A. C., 2005).

2.10.5 Membrana inteligente

La ingeniería química Chun Haow (Bryan) Kung, desarrollo una membrana reutilizable compuesta por una malla de cobre cuya producción es rápida y barata. Una vez elaborada, la membrana inteligente se sumerge en un electrolito al que se le aplican dos cargas eléctricas sucesivas durante dos minutos. El material resultante, debido a su estructura rugosa y a los óxidos de cobre que contiene, permite el paso del petróleo, pero no el de agua. Sin embargo, al aplicar otra leve corriente eléctrica durante unos segundos basta una pila alcalina su estructura superficial se altera, de tal forma que el proceso se invierte y ahora es el petróleo el que es retenido, mientras que el agua atraviesa el material libremente. Posteriormente, basta con secar la malla para devolverle sus propiedades originales. . (TM NOVATION, s.f.)

Las pruebas de laboratorio arrojan una eficiencia del 98% en el proceso de filtrado, con independencia del nivel de densidad y viscosidad del petróleo.

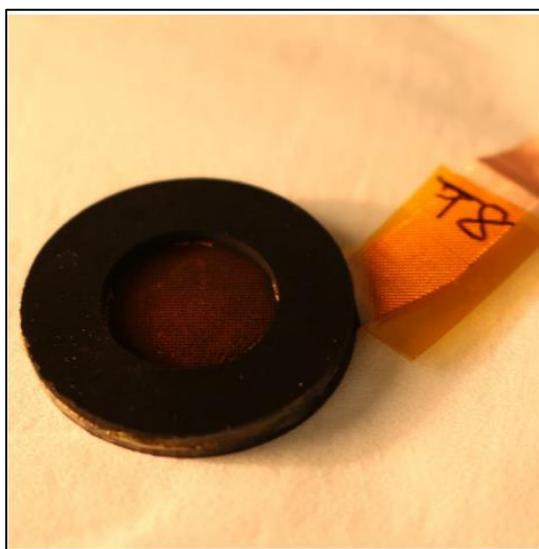


Figura 2.13 Membrana inteligente.

Fuente: (TM NOVATION, s.f.).

2.10.6 Pmc (prowebst marine cleaner)

Es una fibra celulosa que puede absorber y solidificar hidrocarburos u otros aceites que suelen ser derramados accidentalmente en ríos, lagunas o el océano.

Este ayuda a eliminar el 99% de los vertidos de petróleo si se aplica de forma correcta. Los creadores del PMC indican que después de absorber el petróleo el producto se puede utilizar como combustible sólido.

Al aplicar el producto sobre el hidrocarburo se encapsula el contaminante de forma inmediata y se retirara utilizando una malla de 2 milímetros. Cuando la contaminación cubre una extensión muy grande la malla puede ser retirada con una grúa, para posteriormente almacenar el contaminante en sacos. (Expreso.ec, 2016).



Figura 2.14 PMC.

Fuente: (Expreso.ec, 2016).

2.10.7 Productos absorbentes 3m

Los absorbentes químicos 3M están compuestos de fibras sintéticas inertes, principalmente de polipropileno. Al ser ligeros y no generar polvo, se caracterizan por una alta capacidad de absorción que reduce al mínimo la cantidad de residuos.

Los productos absorbentes de alta eficiencia 3M para petróleo pueden absorber hasta un 100% más aceite que otros absorbentes reconocidos permitiéndole reducir su inventario. Son ideales para limpiar derrames en tierra o en agua. Pero su desventaja es que causan daño al medio ambiente cuando es utilizado. (3M, s.f.)

2.10.8 Cordón absorbente t-270

Los cordones absorbentes T-270 de 3M son ideales para derrames de líquidos derivados de hidrocarburos. Son un método efectivo de control de derrames en lagos y mares y fuentes de agua. Este cordón es un tubo rodeado por una malla. Es de un material absorbente que está reforzado por una red resistente a los rayos UV. Tienen en cada extremo de los cordones un gancho incorporado para poder unirlos entre sí, superponiéndolos, para prevenir filtraciones entre segmentos. Absorben 75.5 litros por cordón. (BDA SEGURIDAD, s.f.)



Figura 2.15 Cordón absorbente T-270.

Fuente: (BDA SEGURIDAD, s.f.)

2.10.9 Paños hp-156 de 3m

Son utilizados para absorber derrames de hidrocarburos, en agua o en tierra, colocándolos sobre la sustancia derramada hasta ser absorbida. Los absorbentes de alta capacidad cuentan con una malla de un lado que aumenta su rendimiento y elimina las pelusas. Producto hidrofóbico (no absorbe agua) por lo tanto siempre flotan y sólo absorben hidrocarburos. Las hojas también pueden utilizarse sobre una superficie de trabajo, para anticiparse a un derrame o utilizarse como un trapo. Este producto puede ser reutilizado luego de exprimirse. Absorben 0.95 litros de hidrocarburo. (BDA SEGURIDAD, s.f.)



Figura 2.16 Paños absorbentes.

Fuente: (BDA SEGURIDAD, s.f.).

2.10.10 Musgo absorbente

Basados en el musgo natural. Son productos absorbentes de hidrocarburos, aceites, gasolina, diésel, solventes, químicos, anticongelantes y pinturas entre otros. Sus principales propiedades son: alta absorción al contacto, encapsulamiento del derrame (no lixivia), oleofílico, hidrofogo, ligero, limpio, fácil de manejar, ecológico, incinerable (ahorra costos de confinamiento y productos contaminados). (ABINEC, s.f.)

Características:

- Producto natural súper absorbente al contacto.
- Actúa como una esponja, el derrame lo atrapa y no lo deja salir.
- No lixivia como las arcillas.
- Ante un derrame solo cúbralo y bárralo, ahorrará tiempo y dinero.
- No deja manchas ni residuos que limpiar.
- Este absorbente es ligero, fácil de transportar, usar y almacenar.
- Funciona tanto en interiores como en exteriores.
- Incinerable para ayudar a reducir los residuos y los costos de confinamiento.
- No presenta riesgos a la salud asociados con la inhalación de polvos de arcilla.



Figura 2.17 Musgo absorbente.

Fuente: (ABINEC, s.f.).

2.10.11 ABT19 Absorbent Track

Limpiador desengrasante que desmancha superficies contaminadas por hidrocarburos.

Características:

- Limpiador bio-enzimático que degrada los hidrocarburos.
- Actúa rápido y es efectivo removiendo manchas.
- Se utiliza en varios tipos de superficies, como son: concreto, asfalto, roca, tierra.
- Recorta los tiempos de limpieza; incrementa y habilita la biodegradación de contaminantes.
- Son bacterias bioenzimáticas con surfactantes concentrados biodegradables y con agentes bioestimulantes.
- Ayuda a la biodegradación por arriba y por debajo de la superficie del suelo penetrando hasta 10 cm. de profundidad.

Beneficios al usar el Absorbent Track: Reduce los costos de operación, la mano de obra, e los tiempos de limpieza, levanta rápido los derrames de hidrocarburos en superficies duras, se adhiere a superficies verticales, simplifica la operación de limpieza, minimiza el equipo de protección de su personal, no interfiere con el proceso de separación del aceite y el agua. (ABINEC, s.f.)



Figura 2.18 Presentación del Absorbent Track.

Fuente: (ABINEC, s.f.).

2.10.12 Aserrín

El aserrín es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la madera cuando ésta es aserrada; también contiene minúsculas partículas de madera producidas durante el proceso y manejo de esta.

Es generado por la industria primaria de la madera es considerado en la mayoría de los países como un residuo del sector forestal, el cual es dispuesto al medio, convirtiéndose en una severa fuente de contaminación que afecta tanto a las Corrientes de agua superficiales como a los asentamientos de poblaciones ubicados en el entorno de los aserraderos. Sin embargo, este mal llamado residuo constituye una apreciada Fuente de materia prima para países desarrollados. Es por esto que se le han buscado diferentes usos para disminuir el impacto Ambiental generado por la industria forestal los cuales son frecuentemente utilizados para la producción de pulpas, papel, fertilizantes y con amplias perspectivas de la industria de la madera, producción de elementos para la pared, producción de alimento animal, entre otras producciones, lo cual permitirá contar con productos de calidad que pueda ser desplazando de la preferencia de los consumidores el empleo de otros materiales más caros y de más difícil disposición, sin embargo la realidad es que en los países que no cuentan con estas tecnologías su utilización como combustible es más corriente. (R.R.F. Concepción, 2016)



Figura 2.19 Aserrín

Fuente: (Desventajas y Ventajas de los Productos derivados del Aserrín, 2017)

2.10.13 Olote

El olote es un residuo o subproducto agrícola que se genera en grandes cantidades cuando a este se le desprende el maíz y se estima que de cada tonelada de maíz se obtienen 170kg de olote.

El olote por ser considerado residuo que es originado de las actividades de producción y consumo no ha alcanzado ningún valor económico esto se debe a la falta de tecnología y técnicas que aún no cuentan con un proceso para poder aprovecharlo al máximo y que este pueda ser utilizado para otro fin ya que hasta el momento se utiliza como combustible generando un problema de contaminación ambiental y como alimento para animales de granja, años atrás lo utilizaban como soporte para disminuir la erosión en la tierra, sin embargo no se conocen datos donde se utilice todo su potencial excepto, la producción mundial de maíz es de 844 millones de toneladas con esto puede estimarse que se generan alrededor de 144 millones de toneladas por año. (Jhon Alexander Córdobaac, 2013)



Figura 2.20 Olote.

Fuente: (Jhon Alexander Córdobaac, 2013).

En México en el año de 2017 se produjo un total de 27.8 millones de toneladas de maíz, del cual el maíz amarillo se destina a procesos industriales y a la alimentación de los animales mientras el blanco para el consumo humano, cabe mencionar que en México los 32 estados producen maíz entre los cuales los principales son: son Sinaloa (22%), Jalisco (14%), México (8%), Michoacán (7%), Guanajuato (6%), Guerrero (5%), Veracruz (5%), Chiapas (5%), Chihuahua (4%), Puebla (4%) y el resto de los Estados representan el (20%) restante. Actualmente México ocupa el octavo lugar en producción de maíz.

Actualmente se le han hecho diversos estudios al olote para conocer su composición, y así poder aplicarlo a diferentes áreas de la industria en donde se pueda aplicar para reutilizarlo.

Tabla 2.3 Componentes del olote: Comparación de la composición química del olote (%) del presente estudio con datos reportados por otros autores.

		Referencias		
Componentes (%)	Olote*	(Garrote et al(2007)	Rivas et, (2004)	(Thompson,1995)
Hemicelulosas	33.6	3.1	39.0	33.7-41.2
Celulosa	45*	34.3	34.3	30.0-41.7
Lignina Klason	15.8	18.8	14.4	4.5-15.9
Cenizas	2.0	No reporta	No reporta	No reporta

Fuente: (Determinado según Timell, 1961); ++(Determinado según Tappi 9m, 1954).

2.10.13.1 Descripción de los componentes del olote

Hemicelulosa: Mejor llamada heteropolisacaridos, parte de la fibra dietetica, que se localiza en la pared celular vegetal donde actúa como agente cementante y se encuentra junto a la celulosa y las pectinas, son solubles en álcalis, más resistentes en ácidos y presentan una estructura amorfa su composición son enlaces glucosídicos de distintos monosacaridos sobre todo peptonas, hexosas ácidos úricos y algunos desoxi-azucars. (Función de Carbohidratos en los alimentos, 2005)

Celulosa: La celulosa es el compuesto orgánico natural más abundante. La madera contiene del 40 al 60% de celulosa y la paja un 30%. Más del 90% de la producción de celulosa se obtiene de la madera y el 10% restante de otras plantas. La celulosa es el componente fundamental de la pared de las células vegetales en plantas, madera y fibras naturales, y se encuentra combinada, generalmente, con sustancias como la lignina, hemicelulosas (carbohidratos más cortos principalmente pentosanos), pectinas y ácidos grasos. En el algodón y en el lino las fibras de celulosa son de gran pureza (90-95%) y tienen aplicación textil. (Tejedor, s.f.)

Lignina klason: Este es insoluble, “la lignina es uno de los biopolímeros más abundantes en las plantas y junto con la celulosa y la hemicelulosa conforma la pared celular de las mismas en una disposición regulada a nivel nano-estructural, dando como resultado redes de lignina-hidratos de carbono. La composición o distribución de los tres componentes en esas redes varía dependiendo del tipo de planta”. (Marvin Chávez-Sifontes, 2013)

3 CAPITULO III

3.1 Aspectos generales (referente a la recuperación de hidrocarburos en cuerpos de agua)

La naturaleza sabe cómo restaurarse a sí misma, pero hay que ayudarla para poder acelerar estos procesos y hacerlos más eficientes. La biorremediación es una herramienta que utiliza organismos vivos para transformar, eliminar o absorber contaminantes en el suelo, el agua y el aire.

La crisis de contaminación de cuerpos de agua que hay en nuestro país y en el mundo nos obliga a innovar a ir más allá de lo común y encontrar nuevas soluciones para remediar el grave daño que le hemos causado a la naturaleza, es por esto por lo que la biorremediación se presenta cada vez con más importancia como una herramienta atractiva y prometedora para poder ayudar a los cuerpos de agua a regenerarse por sí mismos.

Cuando ocurre un derrame de petróleo lo que se tiene que hacer es remediar la contaminación que se causa, porque el agua nos da diferentes riquezas de las cuales goza la humanidad, usar sustancias químicas para remediar los daños que causa el petróleo nos privaría de esos beneficios ya que se puede generar una reacción adversa. Los productos naturales que se utilizan para remediar la contaminación que en este caso son el olote y el aserrín no violan el equilibrio de los ecosistemas si no que contribuyen a la recuperación natural de ellos.

Cuando el petróleo entra en contacto con el agua forma una mancha que se va dispersando y según algunos reportes de derrames ya ocurridos puede llegar a medir 100 metros de diámetro en tan solo hora y media.

El impacto que tiene en la salud humana es que el petróleo puede entrar al organismo a través de la absorción por la piel, la ingestión por medio de la comida y la bebida y por la inhalación de los gases que produce, lo cual provoca graves problemas de salud. En la fauna lo que provoca es muerte por asfixia, envenenamiento o exposición a contaminantes tóxicos del petróleo, también se pueden presentar alteraciones en el comportamiento, pérdida de la

fertilidad y deformaciones. La mancha de petróleo en la superficie marina impide que se lleve a cabo la fotosíntesis esto afecta a la vegetación marina ya que no permite la entrada de la luz solar al fondo del mar.

Para controlar un derrame de petróleo primero se tiene que contener dentro de una determinada área para evitar que siga expandiendo y ocupando una superficie más grande dentro del cuerpo de agua afectado. Una vez contenido se aplica un producto para limpiar la superficie que contiene la mancha de petróleo; las empresas o los encargados de limpiar los derrames se encargan de elegir el producto a utilizar, dependiendo del tamaño del derrame, de la ubicación y de las condiciones ambientales. Principalmente estos productos se clasifican en dos dispersantes y sorbentes, pero también existe el método que utiliza la propia naturaleza que es la biorremediación y a continuación se explican los tres.

3.1.1 Dispersantes y Emulsificantes

Los dispersantes están compuestos básicamente de dos componentes químicos: un agente de acción superficial, y un medio portador o solventes. En general, los dispersantes se pueden clasificar en dos grupos: aquellos con hidrocarburos solventes para ser aplicados sin disolución al derrame; y aquellos que tienen alcohol y glicol como solventes, y generalmente tienen una mayor proporción de componentes de acción superficial. A estos últimos se les llama concentrados y pueden aplicarse directamente o diluidos con agua de mar.

El objetivo de los dispersantes es fragmentar la mancha de petróleo en pequeñas gotitas que se dispersan rápidamente en la columna de agua son recombinarse en nuevas manchas. Con esto aceleran los procesos naturales de dispersión, biodegradación y desintegración.

Aunque los dispersantes constituyen, con frecuencia, la única solución práctica para combatir derrames en el mar, su nivel de toxicidad afecta gravemente la vida marina es por esto por lo que su uso es casi totalmente prohibido por organismos y autoridades. (J.A. Nichols)

Generalmente las manchitas de petróleo resultantes son emulsificadas para facilitar el ataque de las bacterias. Los agentes emulsificantes son generalmente surfactantes de baja toxicidad. Sin embargo, la falta de toxicidad de esos agentes emulsificantes es un tema sujeto a una fuerte controversia los surfactantes catiónicos tienen una intensa toxicidad microbiana. Aún algunos tensoactivos no iónicos pueden modificar el comportamiento y la integridad de bacterias y virus. La presencia de algunos surfactantes puede incrementar la sensibilidad de organismos superiores a infecciones. Estas sustancias también irritan la piel y las mucosas, lo que facilita la absorción de agentes dañinos. La presencia de emulsificantes causa varios problemas a la fauna acuática, incluyendo su muerte. Las branquias de los peces pueden verse severamente dañadas, causando muerte por asfixia, aun en agua saturada de oxígeno. Los surfactantes también pueden alterar el metabolismo de las plantas. (J.L. Rodríguez A. C., 2005)

3.1.2 Sorbentes

La absorción y la adsorción son métodos físicos por medio de los cuales el petróleo es recogido utilizando materiales con esas propiedades.

La adsorción se define como el recubrimiento físico de la superficie de un material sólido por una capa de petróleo, y la absorción como la contención mecánica volumétrica de petróleo en los poros capilares de materiales fibrosos, los sorbentes recolectan y mantienen el petróleo ya sea por adsorción o absorción.

Clasificación

Los materiales flotantes sorbentes para remover el petróleo desde la superficie del agua pueden ser clasificados en cuatro grupos diferentes de materiales básicos:

- a) Materiales inorgánicos sólidos no porosos, con o sin tratamiento con sustancias oleofílicas.
- b) Materiales inorgánicos porosos livianos, con o sin tratamiento con sustancias oleofílicas.

- c) Materiales orgánicos naturales que tienen propiedades oleofílicas y tienen una estructura porosa o fibrosa
- d) Materiales poliméricos sintéticos.

Cualidades de un sorbete efectivo

- Alta capacidad de absorción, para diferentes tipos de petróleo.
- Alta repelencia al agua.
- Alta capacidad de retención
- Una gravedad específica tal que el conjunto petróleo/sorbente siempre permanezca a flote.
- Una adecuada resistencia mecánica a la compresión para evitar que el petróleo se derrame durante la fase de recuperación del sorbente usado.
- Fácil de aplicar y recuperar
- Propiedades que permitan una fácil reutilización o eliminación

Sorbentes naturales orgánicos

Las cortezas, el aserrín, los desechos de algodón, el papel y la paja son sorbentes naturales orgánicos que han sido utilizados para remover el petróleo desde las playas y el agua. Estos materiales se usan picados en trozos pequeños, partículas o fibras.

Control de derrames de petróleo con sorbentes

Cuando se utiliza sorbentes como material de recolección en un derrame de petróleo, se distinguen cuatro etapas.

1. El transporte y la colocación del sorbente en el lugar del derrame.
2. Absorción y adsorción del petróleo y del agua con el material sorbente dándole la agitación necesaria dejándolo actuar el tiempo adecuado para una eficiente absorción.
3. Recolección del sorbente empapado de petróleo y su remoción desde el agua o desde la playa.
4. Tratamiento final del sorbente y petróleo.

Las cuatro etapas de operación son independientes entre sí y utilizan equipos, materiales y técnicas diferentes. La mayoría de los sorbentes son extendidos sobre las aguas contaminadas y superficies de la playa y posteriormente recolectados de forma manual. Sin embargo, existen equipos mecánicos para su extensión y recolección. (Ignacio Vergara, Francisco Pizarro)

Ventajas

- Su aparente falta de toxicidad
- Su aplicabilidad, tanto en manchas delgadas como aquellas de mayor espesor.
- Su efecto de reducción de la extensión del petróleo.
- La capacidad para remover el petróleo desde el medio marino.

Desventajas

- La falta de equipos para recolectar sorbentes, especialmente en aguas abiertas
- La necesidad de barreras u otros elementos de contención para ayudar a su recolección.
- Los efectos adversos al tiempo en la absorción

3.1.3 Biodegradación

El proceso que termina por hacer desaparecer del ambiente una mancha de petróleo es la biodegradación. Ciertas especies de bacterias marinas, hongos y otros organismos utilizan los hidrocarburos como fuentes de energía alimenticia, y en este proceso de oxidan los compuestos.

La intensidad de la biodegradación depende principalmente de la temperatura del agua y del petróleo. En condiciones de agua bien oxigenadas a 20°-30°C, las bacterias pueden oxidar diariamente hasta 2 gramos de petróleo por metro cuadrado. A temperaturas inferiores a 10°C la degradación es mucho más lenta. (Ignacio Vergara)

“La biorremediación es el proceso de descontaminación que, utilizando esos microorganismos, acelera ese proceso natural e irreversible, en sitios donde la contaminación es muy elevada. Entre estos microorganismos se encuentra la pseudomona putida, una de las principales bacterias del preparado Biopulcher Petrolítico. Esta bacteria es capaz de degradar los hidrocarburos y sus derivados como la gasolina y el gasóleo entre otros. Las bacterias descomponen el hidrocarburo básicamente en CO₂, H₂O y residuos orgánicos”.

Una vez que se acaba su fuente de alimentación (hidrocarburo), la zona queda descontaminada, las bacterias mueren y se integran de nuevo al ciclo natural como alimento proteico para otros organismos vivos.

La Biorremediación es capaz de descontaminar grandes superficies en un espacio de tiempo muy reducido. En algunos casos, se puede utilizar como único método de descontaminación y, en otros, se completa con los métodos tradicionales de absorción, recogida y extracción.

Por ello, la biorremediación representa la solución final y definitiva en cualquier proceso de descontaminación de hidrocarburos. Después de la biorremediación solo puede haber más biorremediación. (BIOPULSHER S.L, S.f)

3.2 Procedimiento (breve introducción de los materiales que se utilizaran)

Para determinar y comparar la capacidad de absorción que tiene el olote y el aserrín es necesario hacer pruebas de laboratorio ya que se tiene que hacer a escala por el nivel de contaminación que causa hacerlo en cuerpos de agua como ríos o el mar. Para estas pruebas se utilizaron los siguientes materiales.

El **petróleo** que se utilizó en estas pruebas fue obtenido del pozo cerro azul número 4, este se encuentra en el municipio de Cerro Azul de 28 °API ubicado en la zona norte del estado de Veracruz, el pozo ha sido considerado como uno de los más famosos a nivel mundial por ser el más productivo. Empezó a ser perforado el 9 de abril de 1994 por Petroleum Company, pero fue hasta el año de 1916 cuando inicio su vida productiva dando 250 mil 858 barriles diarios cuando los barriles equivalían a 200 lt. La profundidad del yacimiento es de 533m sobre una roca caliza blanca. Conforme a la historia, el Cerro Azul N.º 4 ha jugado un papel muy importante en nuestro país, debido a la gran producción de barriles de petróleo que han salido de esta tierra, la cual se encuentra situada entra la región conocida como la “Faja de Oro”. (Unam G. , s.f.)



Figura 3.1 Pozo Cerro Azul N°4.

Fuente: (Barrios, s.f.)

El petróleo tenía una densidad de 28 °API, de acuerdo con sus grados API es considerado un petróleo mediano, en la figura 3.2 se observan las muestras que se utilizaron para hacer las pruebas en el laboratorio.



Figura 3.2 Muestras traídas del pozo Cerro Azul N°4.

Fuente: Autoría propia.

El **olote** fue obtenido del municipio de Coacoatzintla, Ver. Se localiza en la zona montañosa del Estado y se encuentra a 11.5 k de la capital, su suelo se caracteriza por estar formado de cenizas volcánicas esto lo hace factible para la agricultura, principalmente se cultiva el maíz (Ver figura 3.3), ya que este lugar empezó a generar fama por la venta de elotes que tienen a orilla de carretera Misantla -Xalapa. (Coacoatzintla una tierra de oportunidades, s.f.)

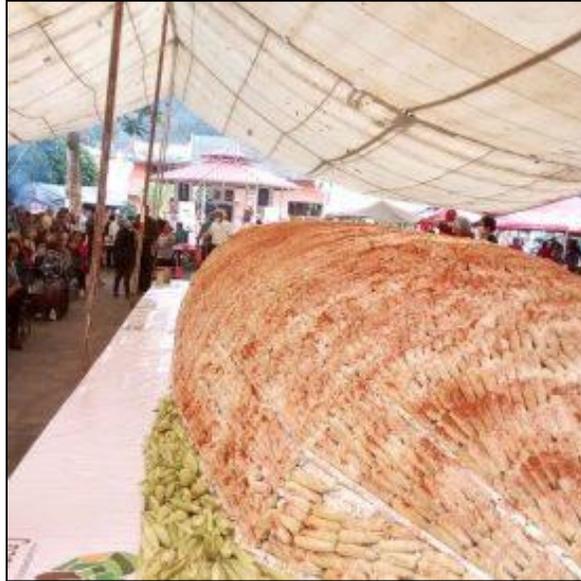


Figura 3.3 Artesanías con maíz en Coacoatzintla Ver.

Fuente: (Coacoatzintla una tierra de oportunidades, s.f.).

Otro material que se utilizó fue el **aserrín** (Ver Fig. 3.4) de cedro el cual se obtuvo de una carpintería ubicada en el municipio de Misantla Ver. que localiza en la zona centro montañosa del estado y se encuentra a 80km de la capital (Ver figura 3.4). En la vegetación del municipio sobresalen maderas preciosas como el cedro, la caoba, y otras menos conocidas, pero de igual utilidad para la mueblería de toda la región, esto permite que una de las principales actividades económicas sea la carpintería. (Mexico., s.f.)



Figura 3.4 Aserrín.

Fuente: Autoría propia.

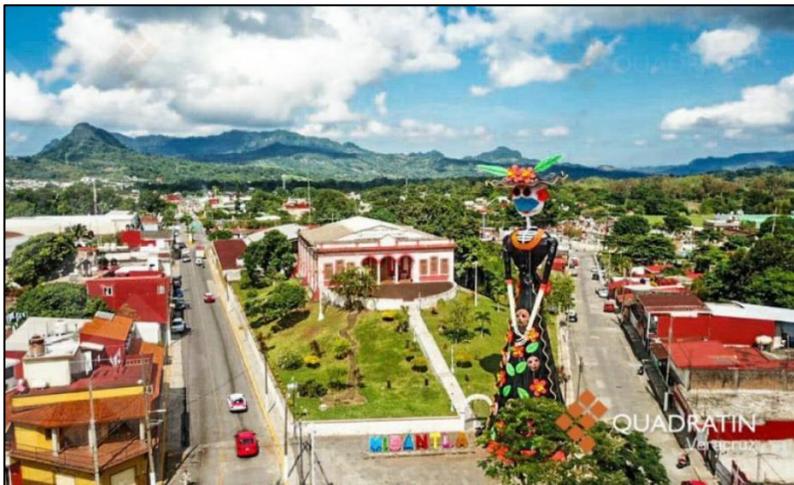


Figura 3.5 Misantla Ver.

Fuente: (Veracruz, 2020)

También se utilizó **agua de mar**, esta se obtuvo de la playa de lechuguillas (Ver figura 3.5) ubicada en la localidad de Emilio Carranza que pertenece al municipio de Vega de la Torre Ver. Esta localidad tiene la característica de ser una zona costera y se encuentra a una altura de 60m sobre el nivel del mar.



Figura 3.6 Playa lechuguillas.

Fuente: (Mapio, s.f.).

3.2.1 Proceso de preparación de las muestras de olote

Para obtener cada tamaño de partícula del olote este se molió en un molino de mano (Ver figura 3.6) y se separo por tamaño de partícula haciendo una prueba de tamizado, de acuerdo con la cantidad de olote por tamaño de partícula, se decidió tomar solo tres.

Los olotes primero se partieron en promedio de tres a cuatro pedazos este tiene que estar completamente seco para que su peso no sea mayor al del agua y este tiende a hundirse si esto pasa el olote no cumple la función de absorber el petróleo. A continuación, se colocaron en la parte de arriba del molino para proceder a darle vuelta y que este comenzara a moler los pedazos de olote



Figura 3.7 Molino de mano.

Fuente: Internet

El primer tamaño se consideró como el más grande en promedio cada partícula mide 0.6cm. El tamaño numero dos es el mediano cada partícula mide en promedio 0.2cm. El tamaño de partícula más pequeño de los tres el cual ya es considerado polvo su tamaño se considera en micras. (ver figura 3.7)

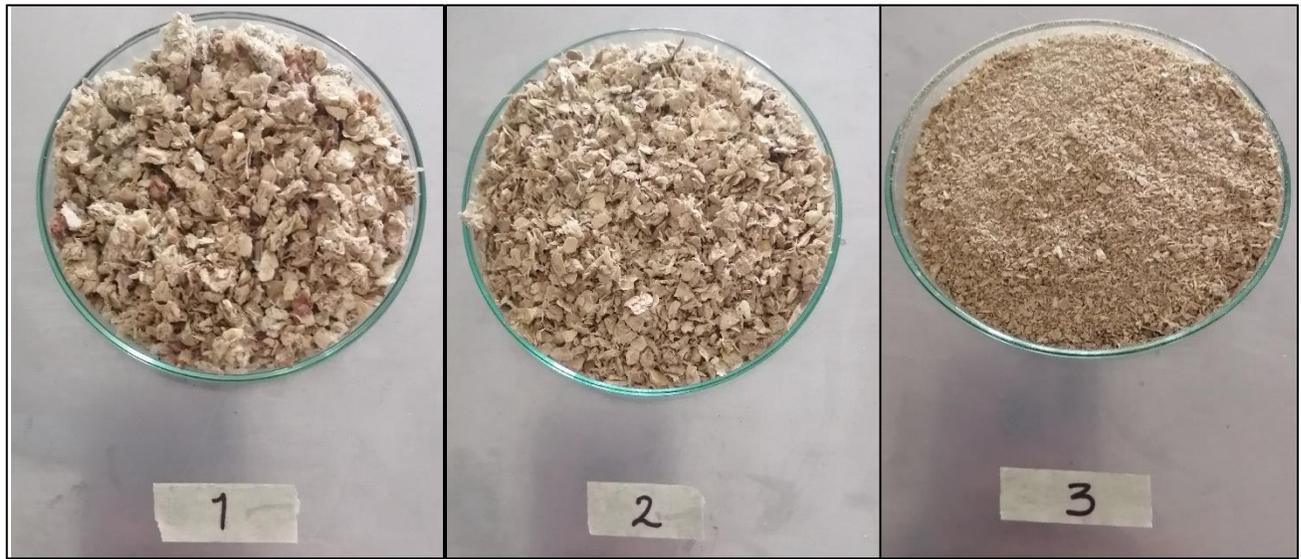


Figura 3.8 Tamaño de partícula del olete.

Fuente: Autoría propia

3.2.2 Procedimiento de recuperación de hidrocarburos en agua dulce utilizando olote.

Para la prueba de agua dulce se ocuparon vasos de precipitado a los cuales se le agregaron 175ml de agua y 25 ml de petróleo. (Ver figura 3.8)



Figura 3.9 Petróleo vertiéndose en el agua.

Fuente: Autoría propia.

Se observa que el grosor de la capa de petróleo sobre el agua es de aproximadamente de 1cm (ver figura 3.9), con esto se está simulando un derrame de petróleo en cuerpos de agua más grandes como si este estuviera ocurriendo en un río o en un lago, a cada una de estas muestras se les agregara olote en sus diferentes tamaños de partícula para determinar la capacidad de absorción que tiene cada una de estas.



Figura 3.10 Vasos de precipitado listos para la prueba.

Fuente: Autoría propia.

Tamaño de partícula 1

En la primera de muestra se utilizó el tamaño de partícula más grande, para la cantidad de 25ml de petróleo se le agregaron 9 gramos de olote, después de agregarlo se comenzó a observar como el olote comenzaba a absorber el petróleo.

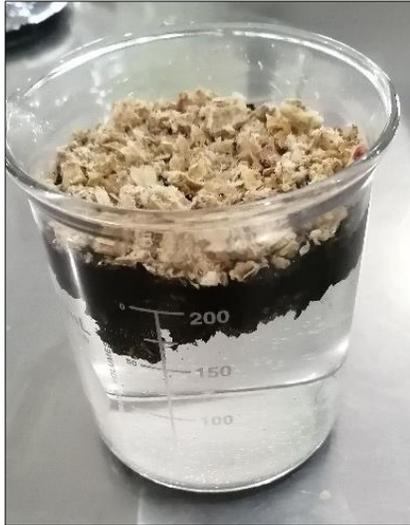


Figura 3.11 Prueba con el tamaño de partícula 1.
Fuente: Autoría propia.

Después de 5 minutos se retiró el olote del vaso de precipitado con una cuchara sin causar alguna dispersión de petróleo y se colocó dentro de una caja Petri (Ver Fig. 3.12). Conforme el olote iba absorbiendo el petróleo este se iba aglomerando de tal forma que su extracción se hizo más fácil. Dentro de una escala más grande se podrían utilizarse palas o algún otro instrumento similar que pueda recoger el olote absorbido de la superficie del agua. La temperatura de todas las pruebas se hizo a temperatura ambiente de 20° -25° C.



Figura 3.12 Olote impregnado de petróleo.
Fuente: Autoría propia.

Una vez que el olote fue retirado el agua quedo con pequeñas manchas de petróleo en su superficie (Ver Fig. 3.13), para hacer la extracción del olote impregnado, hubo que esperar un tiempo de 5 minutos.



Figura 3.13 Resultado de la absorción.
Fuente: Autoría propia.

Tamaño de partícula 2

En la muestra 2 se agregaron 9 gr para los 25 ml de petróleo, para esta muestra la absorción fue un poco más lenta a diferencia de la anterior, en la primera figura 3.14 se muestra el olote cuando recién es colocado dentro del vaso de precipitado para que empiece a absorber el petróleo después de dos minutos se empieza a ver el avance de la absorción como se muestra en la figura 3.15.



Figura 3.14 Olote cuando recién es puesto.

Fuente: Autoría propia.



Figura 3.15 Prueba con el tamaño de partícula 2.

Fuente: Autoría propia.

En la figura 3.16 se observa muestra dos del olote después de ser retirado del vaso de precipitado, se puede notar que absorbió un poco de agua. Por lo que se demuestra que una vez que el residuo es colocado dentro de una superficie fuera del agua el olote empieza a desprender el agua que absorbió quedando solo el petróleo con el olote.



Figura 3.16 Absorción del olote con la muestra 2.

Fuente: Autoría propia.

En la figura 3.17 se muestra que el agua quedó aún más cristalina que con el tamaño de partícula anterior ya que tiene menos manchas de petróleo y se observa más limpia. El tamaño de partícula dos tiene mayor absorción que el anterior.



Figura 3.17 Resultado de la muestra 2.

Fuente: Autoría propia.

Tamaño 3

En la muestra 3 se agregaron 6.2 gr de olote para los 25 ml de petróleo (Fig. 3.18) este es el tamaño de partículas más pequeño del olote y se observó una absorción más rápida.



Figura 3.18 Prueba con el tamaño de partícula 3.

Fuente: Autoría propia.

Después esperar un tiempo de 4 minutos se procedió a retirar el olote, como resultado se muestra que se tuvo una mayor absorción ya que el agua está prácticamente transparente solo se tienen pequeñas manchas de petróleo. (Fig. 3.19)



Figura 3.19 Resultado de la absorción.

Fuente: Autoría propia.

3.2.3 Procedimiento de recuperación de hidrocarburos en agua salada utilizando olote

Se simuló un derrame en el mar abierto para observar cómo actúa el olote en estos casos, se utilizó agua salada obtenida del mar, en la figura 3.20 se observa que tiene una capa delgada de petróleo de aproximadamente 1cm de grosor, el olote que se aplicara de igual manera utilizando los mismos tamaños de partícula y con esto determinar la efectividad que tiene, en esta prueba se utilizaron 175ml de agua y 25ml de petróleo al igual que en el agua dulce.



Figura 3.20 Muestras para las pruebas en agua salda.

Fuente: Autoría propia.

Muestra 1

En la muestra 1 al vaso de precipitado se le coloco 25 ml de petróleo se le agregaron 9 gr de olote, después de aproximadamente 5 minutos ya había absorbido el petróleo.



Figura 3.21 Prueba con el tamaño de partícula 1.
Fuente: Autoría propia.

La figura 3.22 muestra el olote impregnando de petróleo el cual fue retirado con ayuda de una cuchara y se colocó en la caja Petri, el olote fue retirado cuando se observó que ya había terminado de absorber el petróleo.



Figura 3.22 Absorción del olote.
Fuente: Autoría propia.

Al igual que en agua dulce el olote absorbió de manera eficaz (Fig. 3.23) dejando solo algunas manchas de petróleo sobre la superficie del agua, también el agua está más limpia a diferencia de la muestra anterior.



Figura 3.23 Resultado de la prueba de absorción.

Fuente: Autoría propia.

Muestra 2

La muestra número dos de igual manera se le agregaron 25ml de petróleo al vaso de precipitado y se le agregaron 9 gr de olote (Fig. 3.24), conforme va pasando el tiempo el olote empieza a absorber el petróleo hasta que este queda completamente impregnado de petróleo después de aproximadamente 6 minutos ya había absorbido el petróleo.



Figura 3.24 Prueba con el tamaño de partícula 2.
Fuente: Autoría propia.

En la figura 3.25 está el resultado de como quedo agua después de que el olote es retirado y se observa una mejor eficiencia que con el tamaño de partícula anterior ya que el agua tiene menos manchas de petróleo en su superficie.



Figura 3.25 Resultado de la absorción del petróleo.
Fuente: Autoría propia.

Muestra 3

Para la muestra 3 que es la más pequeña le agregaron 7 gramos de olote para absorber los 25ml de petróleo (Fig. 3.26), debido a los componentes del olote especialmente la celulosa absorbe el petróleo.



Figura 3.26 Prueba con el tamaño de partícula 3.
Fuente: Autoría propia.

En la figura 3.27 se observa que el olote absorbió más petróleo a diferencia de las otras muestras y se aglomero de mejor manera esto facilito su extracción del vaso de precipitado, esta aglomeración fue mejor debido a que el tamaño de partícula es más pequeño y permite el petróleo se absorba y se retenga dentro de estas partículas de mejor manera.



Figura 3.27 Absorción del olote.

Fuente: Autoría propia.

Gracias a la buena aglomeración que tuvo el olote al momento de retirar este no se dispersó nuevamente en el agua dejando un resultado muy factible ya que el agua queda prácticamente transparente lo único que se quedó de petróleo fue lo que se quedó impregnando en el vaso de precipitado (Fig. 3.28).



Figura 3.28 Resultado de la absorción.

Fuente: Autoría propia.

3.2.4 Proceso de preparación de la muestra de aserrín

3.2.5 Procedimiento de la recuperación de hidrocarburos en agua dulce utilizando aserrín.

Para hacer las pruebas con el aserrín se utilizaron 175ml de agua y 25ml de petróleo al cual se le agregaron 5.5 gramos de aserrín (Fig. 3.29), estas pruebas también fueron hechas a temperatura ambiente y de igual manera que con el olote no se consideraron las corrientes de aire ni la marea, después de unos minutos el petróleo ya se había absorbido.



Figura 3.29 Prueba con Aserrín en agua dulce.
Fuente: Autoría propia.

En la figura 3.30 se observa que el aserrín se aglomero muy bien al igual que la partícula número tres del olote esto como consecuencia hace que en el agua no queden manchas de petróleo.



Figura 3.30 Absorción del petróleo.
Fuente: Autoría propia.

En la figura 3.31 se muestra el cómo se ve el agua después de que el aserrín fue retirado, también se puede observar que alrededor del vaso de precipitado quedaron algunas manchas de petróleo que no fueron absorbidas por el aserrín, esto nos quiere decir que el aserrín solo absorbió el petróleo que se encontraba flotando en el centro del vaso de precipitado.



Figura 3.31 Resultado de la absorción con aserrín.
Fuente: Autoría propia

3.2.6 Procedimiento de la recuperación de hidrocarburos en agua salada utilizando aserrín.

Para la prueba en agua salada se utilizaron 175ml de agua y 25ml de petróleo al cual se le agregaron 6.2 gramos de aserrín (Fig. 3.32), el aserrín fue absorbiendo el petróleo de igual manera que con la prueba en agua dulce esto también es gracias a uno de sus componentes es la celulosa.



Figura 3.32 Prueba de aserrín en agua salada.

Fuente: Autoría propia.

En la figura 3.33 se muestra el resultado de cómo queda el aserrín después de ser extraído del vaso de precipitado, demostrando que tiene la capacidad de aglomerarse de igual manera que lo hace con la muestra en agua dulce, gracias a este comportamiento que tiene el aserrín al contacto con el petróleo, sirve para limpiar la superficie del agua cuando contiene petróleo, obtenido un resultado satisfactorio ya que ayuda a la restauración del ecosistema de manera ecológica.



Figura 3.33 Absorción del aserrín en agua salada.

Fuente: Autoría propia.

El agua queda transparente después de retirar el aserrín obteniendo una buena eficiencia de absorción (Fig. 3.34) esto permite que el agua quede sin manchas de petróleo por la absorción que tiene el aserrín.



Figura 3.34 Resultado de la absorción del aserrín en agua salada.

Fuente: Autoría propia.

4 CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

4.1 Análisis de la recuperación de hidrocarburos en agua dulce y salada utilizando olote.

Antes de empezar con las pruebas de laboratorio se hicieron pasos previos, el primero fue que con una báscula del laboratorio (Fig. 4.1) se pesaron 10gr olote de cada tamaño de partícula, para determinar la cantidad que se iba a utilizar en cada una de las pruebas.



Figura 4.1 Báscula
Fuente: Autoría propia.

Cálculo para el total de olote en agua dulce.

Para determinar la cantidad de olote que se utilizó para cada muestra se consideró un total de 10gr para todas las pruebas, conforme este iba absorbiendo el petróleo se le iba agregando más olote así fue hasta que se observó que el olote ya no se impregnaba de petróleo, a los 10gr a considerar se le resto el olote que quedo en el recipiente ósea el olote que no se impregno de petróleo, como resultado nos dio la cantidad de olote utilizada en cada prueba que se realizó.

Tabla 4.1 Cálculo para el total de olote en agua dulce.

Muestra	Cantidad total de olote	Cantidad absorbida	Cantidad no absorbida
1	10gr	9gr	1gr
2	10gr	9gr	1gr
3	10gr	6.2gr	3.8gr

Fuente: Autoría propia.

También se pesó la caja Petri que se utilizó para colocar el olote en cada una de las muestras, después de que el olote termino de absorber el petróleo en un tiempo aproximado de 4 a 5 minutos se procedió a retirar el olote con una cuchara y se colocó el residuo en la caja petri que se utilizó para su tamaño de partícula, una vez hecho esto se procedió a pesar la caja petri con el residuo a lo que en la tabla 4.2 aparece como peso total, al peso total se le resto el peso de la caja Petri y como resultado nos da el peso del olote impregnado de petróleo y agua (peso de la absorción) ya que el olote tuvo una pequeña absorción de agua esto se observa en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Peso impregnado de petróleo.

Muestra	Peso caja Petri	Peso total (Caja Petri + olote impregnado)	Peso de la absorción
1	40gr	80gr	40gr
2	45gr	82gr	47gr
3	40gr	74gr	34gr

Fuente: Autoría propia.

Para determinar cuanta recuperación que se había obtenido por cada muestra al peso impregnado de petróleo y agua se le resto la cantidad de olote que se utilizó en cada muestra quedando así la recuperación que se obtuvo como se muestra en la tabla 4.3

Tabla 4.3 Cantidad absorbida de petróleo y agua.

Muestra	Cantidad absorbida	Peso de absorción	Petróleo y agua
1	9gr	40gr	28gr
2	9gr	47gr	35.5gr
3	6.2gr	34gr	27.8gr

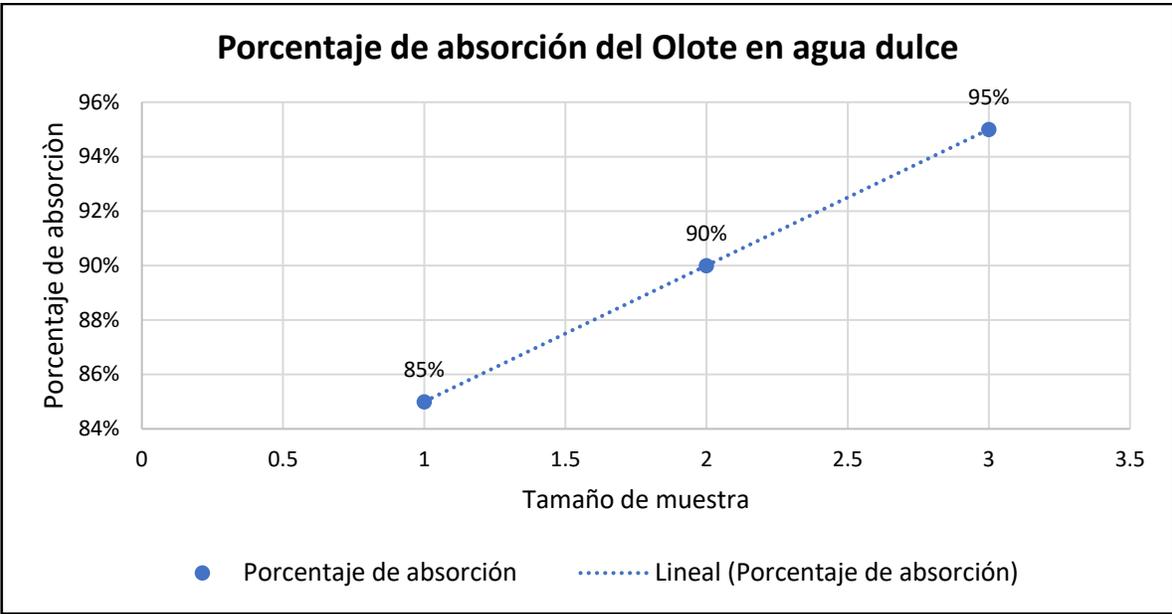
Fuente: Autoría propia.

En la tabla 4.3 se muestra la cantidad de petróleo y agua que absorbió cada tamaño de partícula de olote, se necesita saber cuánto absorbió de petróleo cada tamaño de partícula, para esto se hizo una observación cualitativa donde se determinó el porcentaje de absorción de cada muestra, tomando un cuenta que un 100% de absorción es que el agua quede sin ningún residuo de petróleo y de acuerdo a este análisis se determinó la cantidad que absorbió cada tamaño de partícula, al total de petróleo y agua se multiplico por el porcentaje se le dio al tamaño de partícula obteniendo como resultado la cantidad de petróleo que absorbió y lo restante es la cantidad de agua, tal análisis se muestra en la tabla 4.4. Y en la gráfica 4.1.

Tabla 4.4 Cantidad absorbida de petróleo.

Muestra	Petróleo y agua	Porcentaje de absorción	Agua	Petróleo
1	31gr	85%	4.65gr	26.35gr
2	28gr	90%	2.8gr	25.2gr
3	27.8gr	95%	1.39gr	26.41gr

Fuente: Autoría propia.



Grafica 4.1 Porcentaje de absorción del Olote en agua dulce.

Fuente: Autoría propia.

Calculo para el total de olote en agua salada.

Con las pruebas en agua salada se utilizaron los mismos principios que en las pruebas con agua dulce, los 10gr de olote, 175ml de agua salada y 25 ml de petróleo. En la tabla 4.5 se muestra la cantidad de olote que se utilizó en cada tamaño de muestra para la recuperación del petróleo.

Tabla 4.5 Calculo para el total de olote en agua salada.

Muestra	Cantidad total	Cantidad absorbida	Cantidad no absorbida
1	10gr	9gr	1gr
2	10gr	9.5gr	0.5gr
3	10gr	7gr	3gr

Fuente: Autoría propia.

Una vez que el olote termina de absorber el petróleo este residuo es recuperado y puesto en una caja Petri, la cual fue pesada en una báscula, para determinar el peso del petróleo y del agua se pesó la caja Petri antes de ser utilizada para después sacar la diferencia del peso al pesarla con el olote impregnado, estos resultados se muestran en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 Peso del olote impregnado en agua salada.

Muestra	Peso caja Petri	Peso total (Caja Petri+ olote impregnado)	Peso de absorción
1	40gr	79.5gr	39.5gr
2	40gr	77.5gr	37.5gr
3	42gr	79gr	37gr

Fuente: Autoría propia.

Se tiene el peso de la absorción del petróleo y del agua, para decretar solo la cantidad que se tienen de petróleo y agua se le resta la cantidad de olote que se utilizó para cada muestra, tabla 4.7.

Tabla 4.7 Cantidad absorbida de petróleo y agua.

Muestra	Olote	Peso absorción	Petróleo y agua
1	9gr	39.5gr	30.5gr
2	9.5gr	37.5gr	28gr
3	7gr	37gr	30gr

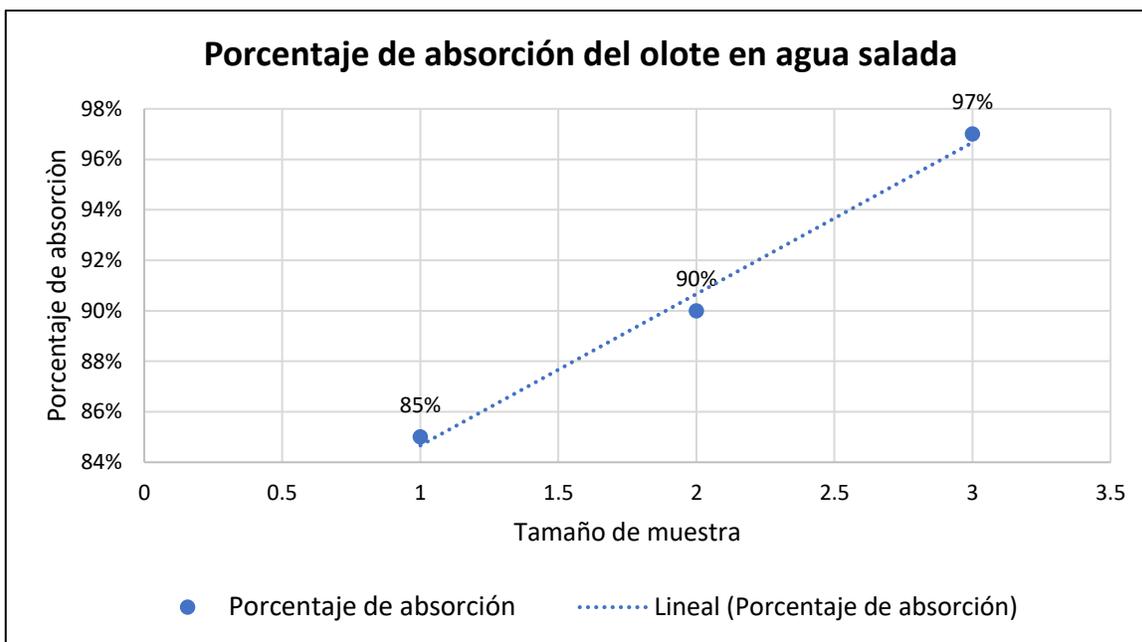
Fuente: Autoría propia.

En los resultados de la última columna tabla 4.7 se tiene el peso de dos variantes en uno solo las cuales son el petróleo y el agua, estas se separarán para establecer la cantidad de petróleo que se recupera por cada tamaño de partícula del olote, para hacer esta separación se volvió a hacer una observación cualitativa en la cual se determinó en porcentaje de absorción que se tuvo en cada muestra tabla 4.8

Tabla 4.8 Cantidad absorbida de petróleo.

Muestra	Petróleo y agua	Porcentaje de absorción	Agua	Petróleo
1	30.5gr	85%	4.575gr	25.925gr
2	28gr	90%	2.8gr	25.2gr
3	30gr	97%	0.9gr	29.1gr

Fuente: Autoría propia.



Grafica 4.2 Porcentaje de absorción del olote en agua salada.

Fuente: Autoría propia.

4.2 Análisis de la recuperación de hidrocarburos en agua dulce y salada utilizando aserrín.

Para hacer las pruebas con la muestra de aserrín se hizo exactamente el mismo procedimiento que con las muestras que se tenían de olote, para así determinar la absorción de petróleo que tiene el aserrín.

Calculo total de aserrín para agua dulce

En la muestra de agua dulce se utilizó como base 10gr de aserrín, los cuales se fueron vertiendo en el vaso de precipitado que tenía 175ml de agua y 25ml de petróleo, se dejó de verter la muestra hasta que el aserrín ya no absorbía más petróleo tabla 4.9.

Tabla 4.9 Cantidad de aserrín utilizada.

Muestra	Cantidad total	Cantidad absorbida	Cantidad no absorbida
4	10gr	5.5gr	4.5gr

Fuente: Autoría propia.

Cuando el aserrín termino de absorber el petróleo en un tiempo promedio de 5 minutos se retiró el residuo y se puso dentro de una caja Petri, la cual fue pesada antes de ponerle el aserrín impregnando de petróleo a este resultado se le resto el peso de la caja Petri vacía para así obtener el peso del petróleo y del agua impregnados en el aserrín.

Tabla 4.10 Peso del aserrín en el agua dulce.

Muestra	Peso caja Petri	Peso total (Caja Petri + aserrín)	Peso de absorción
4	27gr	70gr	23gr

Fuente: Autoría propia.

Se necesita saber cuál es la cantidad de absorción sin el peso del aserrín para esto al peso impregnado de petróleo y agua se le resto la cantidad de aserrín utilizada como se muestra en la tabla 4.11.

Tabla 4.11 Cantidad absorbida de petróleo y agua por el aserrín.

Muestra	Aserrín	Peso de absorción	Petróleo y agua
4	5.5gr	23gr	17.5gr

Fuente: Autoría propia.

Ya que el peso del petróleo y del agua están juntos, nuevamente se hizo un análisis cualitativo para determinar el porcentaje de absorción que tiene el aserrín en agua dulce y así determinar qué cantidad de petróleo absorbió tabla 4.12.

Tabla 4.12 Cantidad absorbida de petróleo por el aserrín en agua dulce.

Muestra	Petróleo y agua	Porcentaje de absorción	Agua	Petróleo
4	17.5gr	85%	2.625gr	14.875gr

Fuente: Autoría propia.

Calculo total de aserrín para agua salada

A continuación, se muestran los cálculos para determinar la cantidad de petróleo que absorbió el aserrín en agua salada.

Tabla 4.13 Calculo del aserrín para agua salada.

Muestra	Cantidad total	Cantidad absorbida	Cantidad no absorbida
4	10gr	6.2gr	3.8gr

Fuente: Autoría propia.

Tabla 4.14 Peso del aserrín en agua salada.

Muestra	Peso caja Petri	Peso total (Caja Petri+ aserrín)	Peso de absorción
4	42gr	75gr	33gr

Fuente: Autoría propia.

Tabla 4.15 Cantidad absorbida de petróleo y agua por el aserrín.

Muestra	Aserrín	Peso de absorción	Petróleo y agua
4	6.2gr	33gr	26.8gr

Fuente: Autoría propia.

Tabla 4.16 Cantidad absorbida de petróleo por el aserrín en agua salada.

Muestra	Petróleo y agua	Porcentaje de absorción	agua	Petróleo
4	26.8gr	97%	0.804gr	25.996gr

Fuente: Autoría propia.

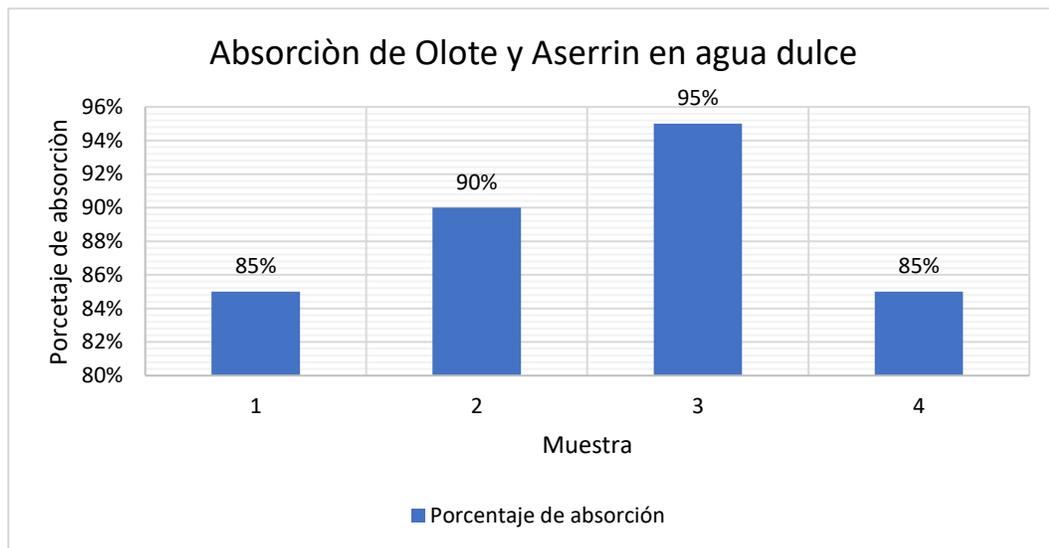
4.3 Comparación de la absorción entre el aserrín y el olote

Los dos materiales orgánicos que son el aserrín y el olote de acuerdo con las pruebas que se hicieron por ser materiales celulósicos se comprobó que, si absorben petróleo. Para determinar este resultado se enumeraron los tañamos de partícula del olote del uno al número tres y la muestra cuatro es la del aserrín (Ver Fig. 4.2), en la gráfica 4.3 se muestran los resultados de las pruebas que se hicieron en agua dulce, en la cual se observa el tamaño de partícula número tres del olote tuvo una mayor absorción con un 95%, el aserrín en cambio tuvo un 85%.



Figura 4.2 Absorción de petróleo con olote y aserrín.

Fuente: Autoría propia.

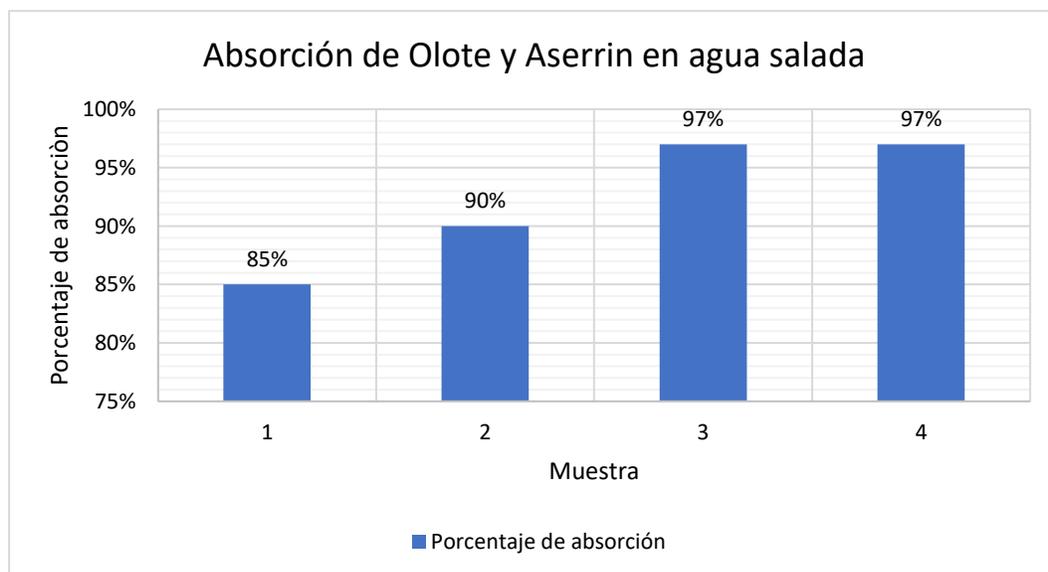


Grafica 4.3 Absorción de Olote y Aserrín en agua dulce.

Fuente: Autoría propia.

Los resultados del agua de mar se muestran en la gráfica 4.4 donde se observa que la mayor absorción la tuvo el aserrín y el tamaño de partícula número tres del olote ambas con un 97%.

Con esta comparación se determina que el olote en polvo que es el tamaño de partícula número 3, es más eficiente por que tuvo gran absorción de petróleo tanto en agua salada como en agua dulce.



Grafica 4.4 Absorción de Olote y Aserrín en agua salada.

Fuente: Autoría propia.

4.4 Análisis comparativo de costos

El olote no es el único material orgánico que existe para la absorción de petróleo. Como se trató en los capítulos anteriores también se puede utilizar madera de pino, bagazo de caña, aserrín e incluso existen materiales sintéticos que no son contaminantes y también tienen una buena absorción. Pero entonces ¿por qué el olote sería una buena opción para utilizar como material absorbente? La respuesta esta es que en comparación con los costos de los productos antes mencionados el precio del olote es muy bajo en la tabla se muestra el costo de materiales utilizados actualmente para la recuperación del petróleo en los derrames.

Cada día estamos enfrentando un entorno más cambiante donde los consumidores van creciendo cada día esto aplica a los cientos de derrames de petróleo que ocurren diario en todo el mundo donde los productos para limpiarlos son caros debido a que la mayoría de estos pasan por diferentes etapas y procesos para poder ser utilizados como material absorbente, pero este no es el caso del olote ya que por el único proceso que pasa es porque se tiene que moler así que su precio está establecido en base como lo venden ya molido.

Tabla 4.17 Comparación de costos

Producto	Precio
Olote	\$2 kilo
Aserrín	\$14 kilo
Bagazo de caña	\$4.50
Madera de pino	\$157 10 hojas (150mm * 40mm)
Musgo absorbente	\$427.50

Fuente: Autoría propia.

4.5 Conclusiones

El petróleo es un recurso natural muy importante en el desarrollo de las civilizaciones, a lo largo del tiempo se ha utilizado para crear diferentes productos que utilizamos los seres humanos diariamente debido a la gran cantidad de derivados del petróleo que existen.

Los componentes que tiene el petróleo son altamente contaminantes para el medio ambiente debido a que algunos de estos son muy tóxicos, por lo que se han muerto diferentes especies de animales y plantas cuando estos son expuestos a la contaminación por petróleo.

Algunos de los materiales que se utilizan para la remediación de derrames de petróleo están hechos de manera sintética y contienen componentes tóxicos que afectan de manera negativa al ecosistema.

De acuerdo con los resultados mostrados en las pruebas se puede decir que el olote es un buen absorbente de petróleo ya que tiene una absorción promedio del 90% dependiente de su tamaño de partícula y se puede usar para remediar los derrames de petróleo que se ocasionan todos los días en el mar alrededor del mundo.

Los tres tamaños de partícula del olote son lo suficientemente eficientes para recuperar los hidrocarburos vertidos en cuerpos de agua.

El tamaño de partícula del olote que mejor absorbe el petróleo es el número tres que es la más pequeña que se obtuvo del olote porque tienen una absorción del 97% de petróleo en el agua salada y 95% en agua dulce, entonces se determina que entre menor sea el tamaño de partícula mayor absorción de petróleo se tiene.

El aserrín también es un buen absorbente de petróleo y actualmente este ya se está utilizando como material de emergencia para contener derrames de petróleo.

Los dos materiales comparados que son el olote y el aserrín tienen la ventaja de ser materiales orgánicos que no dañan el medio ambiente ya que estos le ayudan a la naturaleza a que se restaure por si sola sin causar malas consecuencias.

El uso del olote en ecosistemas naturales para la recuperación de petróleo desde el punto de vista ecológico y económico tiene una fuerte ventaja sobre los otros productos ya que su precio es de \$2 ya a la venta y no tienen efectos negativos en el medio ambiente.

Para absorber un barril de petróleo se necesitan 28.62 kg de olote con el tamaño de muestra número 3 en agua salada y en agua dulce 26.53 kg de olote.

El costo de recuperación por barril de petróleo utilizando el número de muestra número 3 del olote es de \$57.24 en agua salada y \$53.06 en agua dulce, se tomó solo el costo de la muestra número tres porque es la que presento mejor eficiencia en la absorción debido a su tamaño.

5 Bibliografía

3M. (s.f.). *3M Salud Ocupacional y Seguridad Ambiental*. Obtenido de Control de Derrames de Líquidos: https://prebecon.com/uploads/catalogo_absorbentes_3M.pdf

ABINEC. (s.f.). Obtenido de Absorbentes Industriales ecologicos: <https://www.abinec.com/tienda/absorbent-track/>

ABINEC. (s.f.). Obtenido de Absorbentes industriales ecologicos: <https://www.abinec.com/tienda/musgo-absorbente/>

Agrupación Gasoil. (22 de Agosto de 2017). *PRINCIPALES TEORIAS QUE EXPLICAN EL ORIGEN DEL PETROLEO*. Obtenido de Teoria aceptada: <https://www.agrupaciongasoil.es/blog/principales-teorias-que-explican-el-origen-del-petroleo/>

Angarita, M. A. (2015). Derrame de petróleo. *S.O.S*, 17.

AQUE FUNDACIÒN. (s.f.). Obtenido de Vertidos de petróleo manchas mortales.: https://www.fundacionaquae.org/wiki-explora/34_vertidos/index.html

Avelar, D. E. (Febrero de 2020). *Course Hero*. Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/p9mh9f/Se-han-tomado-medid-al-respecto-pero-los-expertos-aseguran-que-este-derrame/>

Barrios, V. H. (s.f.). *Acontecimientos zona norte*. Obtenido de Nuestra Historia, Pozo Cerro Azul N° 4: <https://acontecimientoszonanorte.com/2018/02/11/nuestra-historia-pozo-cerro-azul-no-4/>

BBC NEWS, MUNDO. (13 de MARZO de 2017). *BBC NEWS,MUNDO*. Obtenido de La innovadora esponja que absorbe petróleo que puede ser la solución para los derrames de crudo: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-39255635>

BDA SEGURIDAD. (s.f.). Obtenido de PAÑOS ABSORBENTES HP156 3M 100 UNIDADES: <http://www.bdaseguridad.com/catalogo/control-de-derrames/3m-control-de-derrames/panos-absorbentes-hp156-3m-100-unidades/>

BDA SEGURIDAD. (s.f.). Obtenido de CORDON ABSORBENTE T270 3M: <http://www.bdaseguridad.com/catalogo/control-de-derrames/3m-control-de-derrames/cordon-absorbente-t270-3m/>

BIORREMEDIACION . (s.f.). Obtenido de <https://www.biopulcher.com/biorremediacion/>

BLANCO, P. C. (Junio de 2010). Obtenido de EL PETRÓLEO. HISTORIA Y REFINO. : <https://zaguan.unizar.es/record/5134/files/TAZ-PFC-2010-205.pdf>

Coacoatzintla una tierra de oportunidades. (s.f.). Obtenido de <https://coacoatzintla.com/>

Desventajas y Ventajas de los Productos derivados del Aserrin. (15 de Abril de 2017). Obtenido de <https://construir.esnicaragua.com/desventajas-y-ventajas-de-los-productos-derivados-del-aserrin/>

Dr.C Miguel Ángel Díaz-Díaz, M. L.-T.-B.-S. (2018). *Material absorbente para recogida de hidrocarburos en derrames en aguas y suelos*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212018000200010

Excelsior California. (23 de 07 de 2010). *Excèlsior*. Obtenido de Efectos de los derrames de petroleo en el medio ambiente: <https://www.excelsiorcalifornia.com/2010/07/23/efectos-de-los-derrames-de-petrleo-en-el-medio-ambiente/>

Expreso.ec. (29 de 02 de 2016). *NGENIERO ECUATORIANO INVENTA UNA ALTERNATIVA PARA LIMPIAR DERRAMES DE PETRÓLEO*. Obtenido de <https://www.turistamagazine.com/v2/?p=20552>

Función de Carbohidratos en los alimentos. (24 de 09 de 2005). Obtenido de <http://quimicadelaguastephanievadoaleska.blogspot.com/2016/10/celulosa-y-hemicelulosa.html>

- IM NOVATION. (s.f.). *IM NOVATION*. Obtenido de Una nueva membrana capaz de limpiar los derrames de petróleo y aprovechar el combustible:
<https://www.imnovation-hub.com/es/ciencia-y-tecnologia/nueva-membrana-limpiar-derrames-petroleo-aprovechar-combustible/>
- Ignacio Vergara, F. P. (s.f.). Biorremediación. En F. P. Ignacio Vergara, *Control de Derrames de Petróleo* (págs. 3-24). Santiago, Chile.
- Ignacio Vergara, Francisco Pizarro. (s.f.). Uso de sorbentes en derrames de petróleo. En *Control de derrames de petróleo* (págs. 8-1). Santiago Chile.
- J.A. Nichols, H. P. (s.f.). Aplicación de dispersantes en el mar. En F. P. Ignacio Vergara, *Control de derrames de petróleo* (págs. 7-1). Santiago Chile.
- J.L. Rodríguez, A. C. (4 de 12 de 2005). *Revista Iberoamericana de Polímeros*. Obtenido de UN POLÍMERO ANFIFÍLICO CON PROPIEDADES DE COLECTOR:
<https://reviberpol.files.wordpress.com/2019/08/2005-rodriuez.pdf>
- J.L. Rodríguez, A. C. (Diciembre de 2005). *Revista Iberoamericana de Polímeros*. Obtenido de UN POLÍMERO ANFIFÍLICO CON PROPIEDADES DE COLECTOR DE DERRAMES DE PETRÓLEO:
<https://reviberpol.files.wordpress.com/2019/08/2005-rodriuez.pdf>
- Jhon Alexander Córdobaac, E. S. (12 de 2013). *SCIELO*. Obtenido de Caracterización y valoración química del olote: degradación hidrotérmica bajo condiciones subcríticas:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-59432013000300004
- Mapio. (s.f.). *s.f.* Obtenido de <https://mapio.net/pic/p-2884501/>
- Martí, J. J. (s.f.). El petróleo, el recorrido de la energía. *REPSOL YPF*, 19.
- Marvin Chávez-Sifontes, M. E. (2013). LIGNINA, ESTRUCTURA Y APLICACIONES: MÉTODOS DE DESPOLIMERIZACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE DERIVADOS AROMÁTICOS DE INTERÉS INDUSTRIAL. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 1-32.

- Mexico., E. d. (s.f.). *Estado de Veracruz-LLave*. Obtenido de Misantla: <http://inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30109a.html>
- Nacional, I. P. (2010). Derrame de petroleo en el golfo ¿Como nos afeca? *Conversus*, 42.
- Pavòn, S. (Abril de 2019). *CRUDO TRANSPARENTE*. Obtenido de Desastre ambiental la Limaza, un año despues.: <https://crudotransparente.com/2019/04/24/desastre-ambiental-la-lisama-un-ano-despues/>
- Pedro Emiro Machado, L. C. (Sabado de Abril de 2016). *Manifestaciones superficiales de petroleo*. Obtenido de <http://lenincardozo.blogspot.com/2016/04/los-menes-manifestaciones-superficiales.html>
- PEMEX, E. y. (s.f.). Obtenido de Presencia de Hidrocarburos en la superficie: <http://usuarios.geofisica.unam.mx/gvazquez/geoquimpetrolFI/zonadesplegar/Clases/Clase%2011%20Presencia%20de%20hidrocarburos%20en%20la%20naturaleza.pdf>
- R.R.F. Concepcìon, R. C. (2016). Determinaciòn de las potencialidades de aserrin en la ciudad de Guayaquil como materia prima para la producciòn de diversos surtidos en la industria forestal. *HOLOS*.
- Repsol YPF, M. i. (05 de 2019). *El petroleo el recorrido de la energia*. Obtenido de ¿ Que es y de donde proviene el petroleo?: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2019/05/recorrido-de-la-energia-el-petroleo.pdf>
- Santelices, D. J. (s.f.). Derrames de petroleo en el mar. *Revista Marina*, 660.
- Semana. (23 de 03 de 2016). *Semana*. Obtenido de Estudiantes crean el primer absorbente de petròleo 100 % colombiano: <https://www.semana.com/educacion/articulo/primer-absorbente-de-petroleo-e-hidrocarburos-creado-en-colombia/466434/>
- Tejedor, A. S. (s.f.). *Química Orgánica Industrial*. Obtenido de Tecnología de la celulosa. La industria papelera: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php>
- Teoría aceptada*. (s.f.).

- Unam. (s.f.). *Origen del petroleo e historia de la perforaciòn en Mexico*. Obtenido de <http://usuarios.geofisica.unam.mx/gvazquez/yacimientosELIA/zonadesplegar/Lecturas/Origen%20del%20petroleo%20e%20historia.pdf>
- Unam, G. (s.f.). *Ha nacido un gigante "Historia del cerro Azul N°4"* . Obtenido de <http://usuarios.geofisica.unam.mx/gvazquez/yacimientosELIA/zonadesplegar/Lecturas/pozo%20cerro%20azul.pdf>
- Velàszquez, J. A. (2017). Contaminaciòn de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Anàlisis de la fitorremediaciòn como estrategia biotecnològica de recuperaciòn. *Revista de investigaciòn, agraria y ambiental*, 18. Obtenido de Contaminaciòn de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Anàlisis de la fitorremediaciòn como estrategia biotecnològica de recuperaciòn.
- Veracruz, J. J. (22 de Octubre de 2020). *Misantla Veracruz*. Obtenido de <https://yucatan.quadratin.com.mx/turismo/misantla-luce-catrina-monumental-concubrebocas/>