

**MINISTERIO DE EDUCACIÓN**



**CARRERA DE INGENIERÍA DEL PETRÓLEO  
Y GAS NATURAL**

**EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA LECHUGA DE RIO (*PISTIA STRATIOTES*) PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS POR EMANACIÓN DE HIDROCARBURO EN EL MUNICIPIO DE APOLO MEDIANTE EL MÉTODO DE FITORREMEDIACIÓN**

**PERFIL DE TESIS:** PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA DEL PETRÓLEO Y GAS NATURAL

**PRESENTADO POR:** TEC. MIGUEL ORLANDO MONTERO OYOLA

**ASESOR TÉCNICO:** ING. AMILCAR SOTO

**TERRITORIO GUARANÍ – BOLIVIA**

**2022**

**HOJA DE APROBACIÓN**  
**EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA LECHUGA DE RIO (*PISTIA STRATIOTES*) PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADA POR EMANACIÓN DE HIDROCARBURO EN EL MUNICIPIO DE APOLO MEDIANTE EL MÉTODO DE FITORREMEDIACIÓN**

**PRESENTADO POR: MIGUEL ORLANDO MONTERO OYOLA**

\_\_\_\_\_  
Ing. Elizabeth Vargas Cáceres

**Director de Carrera de Ingeniería del Petróleo y Gas Natural**

\_\_\_\_\_  
Ing. Amilcar Soto

**Asesor Técnico**

\_\_\_\_\_  
Lic: Ignacio Tomicha

**Asesor Lengua Indígena**

\_\_\_\_\_  
Msc Ing. Rodolfo Francisco Toledo E.

**Tribunal Técnico**

\_\_\_\_\_  
Msc. Ing. Katherin Sejas Velasco

**Tribunal Técnico**

\_\_\_\_\_  
Lic: Lidia Chuvé Parapaino

**Tribunal Lengua Indígena**

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a Dios y mi persona por no rendirme pese a las dificultades que se presentaron y a mis seres querido que son mi adoración que los quiero muchísimo mis padres Mirtha Oyola y Juan Carlos montero, mi abuelo Orlando Oyola y Aída Álvarez mis hermanas Liseth, Neydí, Valeria mis tías María Aída, María anel que siempre estuvieron ayudándome en la trayectoria de mi formación profesional.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradecer a todas las personas que participaron, me ayudaron de manera directa e indirectamente con la elaboración de la tesis*

*Extiendo mi más sincero agradecimiento al plantel docente de la carrera ingeniería del petróleo y gas natural de la universidad UNIBOL GUARANÍ APIAGUAQUI TUPAS, por su valioso aporte en mi formación profesional. Quedo agradecido por compartir sus conocimientos especialmente a los ingenieros: Katherin Sejas Velasco, Francisco R. Toledo, Amílcar Soto*

## ÍNDICE

I	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.3	FORMULACION DEL PROBLEMA .....	2
1.4	OBJETIVOS.....	3
1.4.1	Objetivo general.....	3
1.4.2	Objetivos específicos.....	3
1.5	JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5.1	Técnica .....	3
1.5.2	Justificacion Ambiental .....	4
1.6	HIPÓTESIS.....	4
II	MARCO TEÓRICO .....	5
2.1	BIORREMEDIACION.....	5
2.2	TIPOS DE BIORREMEDIACION.....	5
2.2.1	Degradacion enzimatica .....	6
2.2.2	Remediacion microbiana .....	6
2.2.3	Fitorremediacion .....	7
2.3	FITORREMEDIACION ACUATICA .....	8
2.3.1	Caracteristicas de las plantas acuaticas .....	9
2.4	PLANTAS FLOTANTES .....	9
2.5	CARACTERISTICAS .....	10
2.6	CLASIFICACION DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS .....	10
2.7	HIDRÓFITAS EMERGENTES.....	10
2.8	HIDRÓFITAS ARRAIGADAS CON HOJAS FLOTANTES.....	11
2.8.1	Nombre de plantas acuáticas .....	11
2.9	PISTIA STRATIOTE O LECHUGA DE AGUA.....	15
2.10	CONTAMINACIÓN POR PETRÓLEO CRUDO .....	16
2.11	QUE ES EL PETRÓLEO .....	17
2.12	PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL PETRÓLEO.....	18
2.13	HIDROCARBUROS TOTALES EN PETRÓLEO TPH .....	19
2.14	QUE ES EL AGUA.....	19

2.15	CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR HIDROCARBURO .....	20
2.16	CARACTERÍSTICA DEL AGUA .....	20
2.17	PH DEL AGUA.....	22
2.18	POTENCIOMÉTRICO PH .....	23
2.19	COMO SE PUEDE MEDIR EL PH .....	24
2.20	MARCO NORMATIVO LEGAL MEDIO AMBIENTE.....	25
2.21	LIMITES MÁXIMO PERMISIBLES .....	27
III	MARCO METOLOGICO .....	31
3.1.	<b>UBICACIÓN</b> .....	31
3.2.	<b>ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	31
3.3.	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	32
3.4.	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	32
3.5.	<b>UNIVERSO Y MUESTRA</b> .....	32
3.6.	<b>TECNICA E INSTRUMENTACION DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b> .....	33
3.7.	<b>PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.</b> .....	33
IV	RESULTADOS.....	37
4.1	CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA 1 .....	37
4.2	CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA 2 .....	38
V	CONCLUSION/RECOMENDACIONES.....	41
5.1	CONCLUSION.....	41
5.2	RECOMENDACIÓN.....	42
VI	BIBLIOGRAFIA .....	43
VII	ANEXOS .....	44

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1. Mecanismo de fitorremediación .....	8
Cuadro No. 2. característica de la pista stratiote .....	15
Cuadro No. 3. Composición del petróleo .....	17
Cuadro No. 4. Ley Medio Ambiente N°-1333.....	25
Cuadro No. 5. Límites máximos permisibles 7.1.1.....	27
Cuadro No. 6. Agua contaminada.....	37
Cuadro No. 7. Parámetro de pH.....	37
Cuadro No. 8. agua contaminada tratada. ....	38
Cuadro No. 9. Parámetros de tph. ....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1 tipos de biorremediacion .....	5
Figura No. 2. Fitorremediación.....	7
Figura No. 3. Eichhornia crassipes o jacinto de agua.....	11
Figura No. 4. Pistia o lechuga de agua .....	12
Figura No. 5. Stratiodes aloides o pita de agua .....	12
Figura No. 6hydrocharis morcus .....	13
Figura No. 7. Salvinia natans o helecho de agua .....	13
Figura No. 8 Lemna minor o lenteja de agua.....	14
Figura No. 9. Salvina auriculata u oreja de elefante .....	14
Figura No. 10. Pistia stratiote .....	15
Figura No. 11. Efecto de la contaminación por petróleo.....	16
Figura No. 12. Barril de Petróleo.....	17
Figura No. 13. Escala de pH .....	24
Figura No. 14. Muestra 1 agua contaminada.....	35
Figura No. 15. Muestra2 agua tratada .....	36



## ÍNDICE DE ANEXO

ANEXOS No. 1 Recolecion de Hidrocarburo .....	45
ANEXOS No. 2 Recolección de Hidrocarburo .....	45
ANEXOS No. 3. Lugar de recolección .....	46
ANEXOS No. 4 Recolección planta pistia stratiote .....	46
ANEXOS No. 5 Pistia stratiotes .....	47
ANEXOS No. 6 Rio negro de palestina.....	47
ANEXOS No. 7 Agua contamina con hidrocarburo siendo tratada.....	48
ANEXOS No. 8. Agua contaminada.....	48
ANEXOS No. 9 Informe de Resultados de la muestra 1 .....	49
ANEXOS No. 10 Informe de Resultado muestra 2 .....	50

## RESUMEN

La contaminación de aguas con hidrocarburos es un problema medioambiental que ocasiona daños ecológicos de gran importancia con un efecto negativo de estos contaminantes sobre sus diferentes componentes en diferentes ámbitos y por ello provoca un interés y preocupación a nivel científico.

Por ende, se aplican métodos de biorremediación como ser la fitorremediación que significa “recuperar el equilibrio” es una técnica que aprovecha la capacidad de algunas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como metales pesados, elementos radiactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo, se visitó el laboratorio externo a la universidad Yaculab el cual me arrojó los siguientes datos expuesto una vez realizada las muestras (M1;M2) insitu en el desarrollo de la investigación el cual tiene un tph de 609.00 mg/l y un ph de 7.30 UPH para la M1 y para la M2 arrojó un tph de 39.00 y un ph de 7.80 UPH.

Por este motivo el presente trabajo de investigación el investigador pretende realizar la biorremediación de aguas contaminadas por emanación de hidrocarburo utilizando el método de fitorremediación ya que con la biorremediación se puede dar tratamiento de una mejor manera a las aguas contaminadas y de acuerdo al análisis realizado que se efectuó en un periodo de 32 días el resultado es positivo en un 93.6% de efectividad del método empleado fitorremediación en comparación con los parámetros establecidos por la ley 1333 y el Ds 2400 la tabla 7.1.1. Límites máximos permisibles para descargas líquidas en cuerpo de agua para el sector de hidrocarburo.

# I INTRODUCCIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

La contaminación de las aguas por hidrocarburos en los sistemas de almacenamiento, en las fuentes de abastecimiento subterráneas y superficiales, así como en otros emplazamientos, es un hecho que ha venido en aumento como resultado de la explotación, refinación, distribución y almacenamiento de petróleo crudo y sus derivados.

La contaminación de aguas con hidrocarburos es un problema medioambiental que ocasiona daños ecológicos de gran importancia con un efecto negativo de estos contaminantes sobre sus diferentes componentes en diferentes ámbitos y por ello provoca un interés y preocupación a nivel científico. (Pietro Diaz V, 1999)

Por ende, se aplican métodos de biorremediación como ser la fitorremediación que significa “recuperar el equilibrio” y es una técnica que aprovecha la capacidad de algunas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como metales pesados, elementos radiactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. Supone así, una alternativa a los métodos fisicoquímicos que se han utilizado tradicionalmente para solventar los problemas de contaminación ambiental ya que es un método económico.

Por este motivo el presente trabajo de investigación se pretende realizar la biorremediación de aguas contaminadas por emanación de hidrocarburo utilizando el método de fitorremediación ya que con la biorremediación se puede dar tratamiento de una mejor manera a las aguas contaminadas por emanación de petróleo.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación por petróleo se produce por su liberación accidental o natural en el ambiente, provocando efectos adversos sobre el hombre o el medio, directa o indirectamente

La contaminación involucra todas las operaciones relacionadas con la explotación y transporte de hidrocarburos, que conducen inevitablemente al deterioro gradual del ambiente. Afecta en forma directa al suelo, agua, aire, y a la fauna y la flora.

Por este motivo se planteó el siguiente trabajo de investigación que es la EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA LECHUGA DE RIO (PISTIA STRATIOTE) PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS. El proceso que se plantea utilizar es la fitorremediación ya que esta técnica puede tratar la contaminación por compuestos orgánicos e inorgánicos como metales pesados, hidrocarburo y plaguicidas. Los excesos de estos compuestos son utilizados como fuente de energía para la planta,

## 1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

En el municipio de Apolo existe una emanación natural de hidrocarburo liguero que está contaminando el agua y sus alrededores, por ende, se pretende contener con la siguiente investigación aplicando la fitorremediación en sus aguas contaminadas utilizando la planta acuática (*pistia stratiote*), y verificar que la planta cumple con los parámetros de remoción de agente contaminantes y si es eficiente o no, para la fitorremediación de aguas contaminadas por hidrocarburo. Lo cual tendría un gran aporte a la industria petrolera ya que sería de gran aporte científico para la reducción de fuentes contaminadas por petróleo crudo.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar técnicamente la planta lechuga de río (*pistia stratiotes*) para la biorremediación de aguas contaminada por emanación de hidrocarburo en el municipio de Apolo mediante el método de fitorremediación.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Recolectar la muestra de agua contaminada con hidrocarburo in situ del municipio de Apolo
- Obtener la planta vegetal lechuga de agua (*pistia stratiote*) para llevar a cabo la investigación en laboratorio en nuestra casa superior de estudio
- Desarrollar la biorremediación utilizando la planta vegetal lechuga de agua (*pistia stratiote*).
- Determinar los parámetros del pH y tph del agua contaminada obtenida y tratada del laboratorio Yaculab.
- Formular las conclusiones y recomendaciones respectivas a través de los resultados obtenidos.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

### **1.5.1 Técnica**

El presente trabajo de investigación que se efectuó tiene como objetivo reducir los agentes contaminantes aplicando el método de fitorremediación utilizando la planta lechuga de agua (*pistia stratiotes*) como agente de biorremediación de aguas contaminadas por petróleo la plantas van a absorber el contaminante para metabolizarlo o almacenarlo, reduciendo o evitando la liberación de contaminantes en otras zonas del medio

### **1.5.2 Justificación Ambiental**

La fitorremediación presenta un gran potencial para la revegetación y recuperación de emplazamientos contaminados con metales. La fitoestabilización se basa en la inmovilización de los compuestos nocivos, para así disminuir su biodisponibilidad y evitar su transporte a otros compartimentos ambientales, en las raíces de las plantas. De esta forma, los metales quedan localizados en el emplazamiento contaminado y, al haberse disminuido su biodisponibilidad, se minimiza mucho el impacto ambiental que estos contaminantes pueden causar en el ecosistema.

### **1.6 HIPÓTESIS**

Restauración del agua contaminada con hidrocarburo ya que al ser tratada sufrirá un cambio por la manipulación y tratamiento utilizando la planta lechuga de río (*Pistia Stratiote*).

## II MARCO TEÓRICO

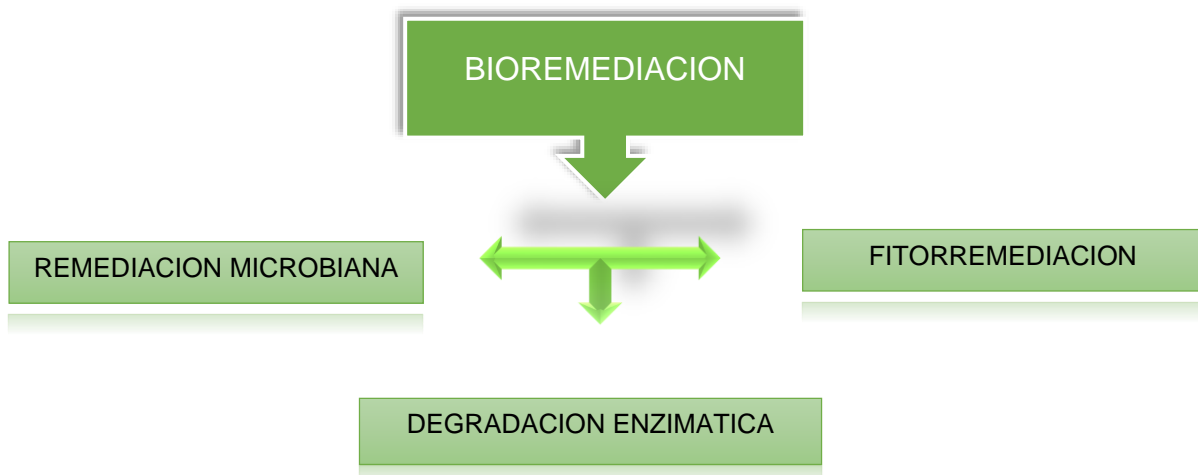
### 2.1 BIORREMEDIACION

La biorremediación es una técnica para limpiar suelos contaminados de una forma muy práctica ya que se usan a los mismos microorganismos que viven en el suelo y el subsuelo. Hay que recordar que al principio se dijo que el suelo y el subsuelo están constituidos por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y microorganismos. (Arguelles, 2010, pág. 10)

### 2.2 TIPOS DE BIORREMEDIACION

Existen tres tipos de biorremediación.

Figura No. 1 tipos de biorremediacion



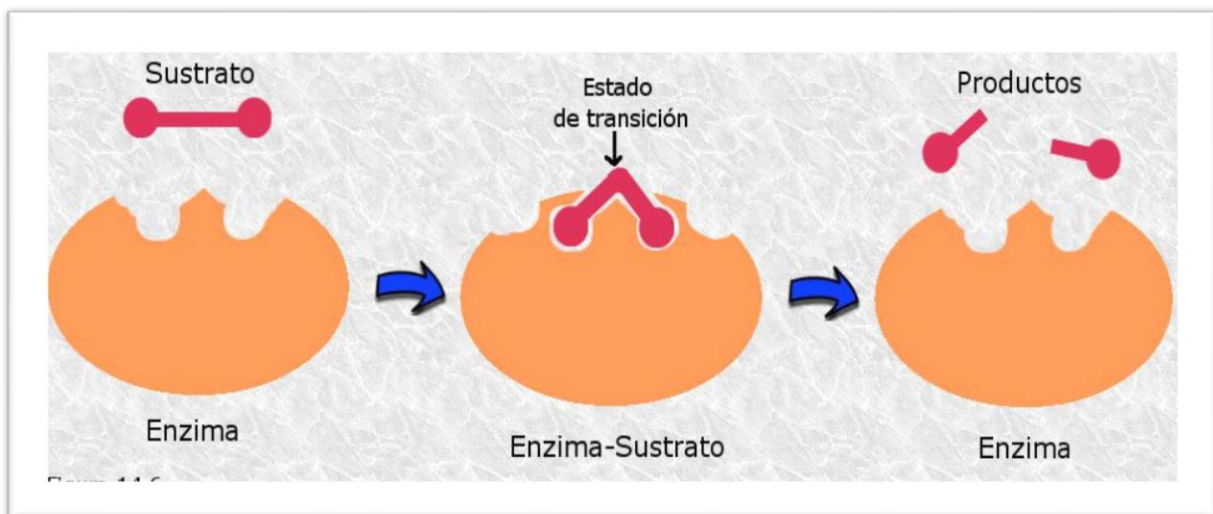
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.1 Degradación enzimática

Se refiere a la descontaminación a través del uso de enzimas producidas en cantidades industriales que se encargan de degradar los componentes tóxicos.

sería el uso de peroxidasa, una enzima que se utiliza para degradar los fenoles presentes en las aguas residuales. Los fenoles son compuestos orgánicos aromáticos que pueden ser cancerígenos, es decir, pueden estimular la formación de cáncer cuando se combinan con otro compuesto cancerígeno. Extraído de: (Juste, 2022, pág. 11)

Figura. 1 Degradación enzimática



Fuente: extraído de google imágenes

### 2.2.2 Remediación microbiana

Es un tipo de biorremediación que emplea bacterias u hongos autóctonos o inoculados que tienen la capacidad de transformar compuestos tóxicos en sustancias más pequeñas.

Esto no elimina el factor contaminante pero sí ayuda a disminuir su toxicidad.

Los usos de ciertas bacterias enzimáticas son usados en derrames petroleros, ya que tienen la capacidad de degradar algunos componentes presentes en los hidrocarburos.

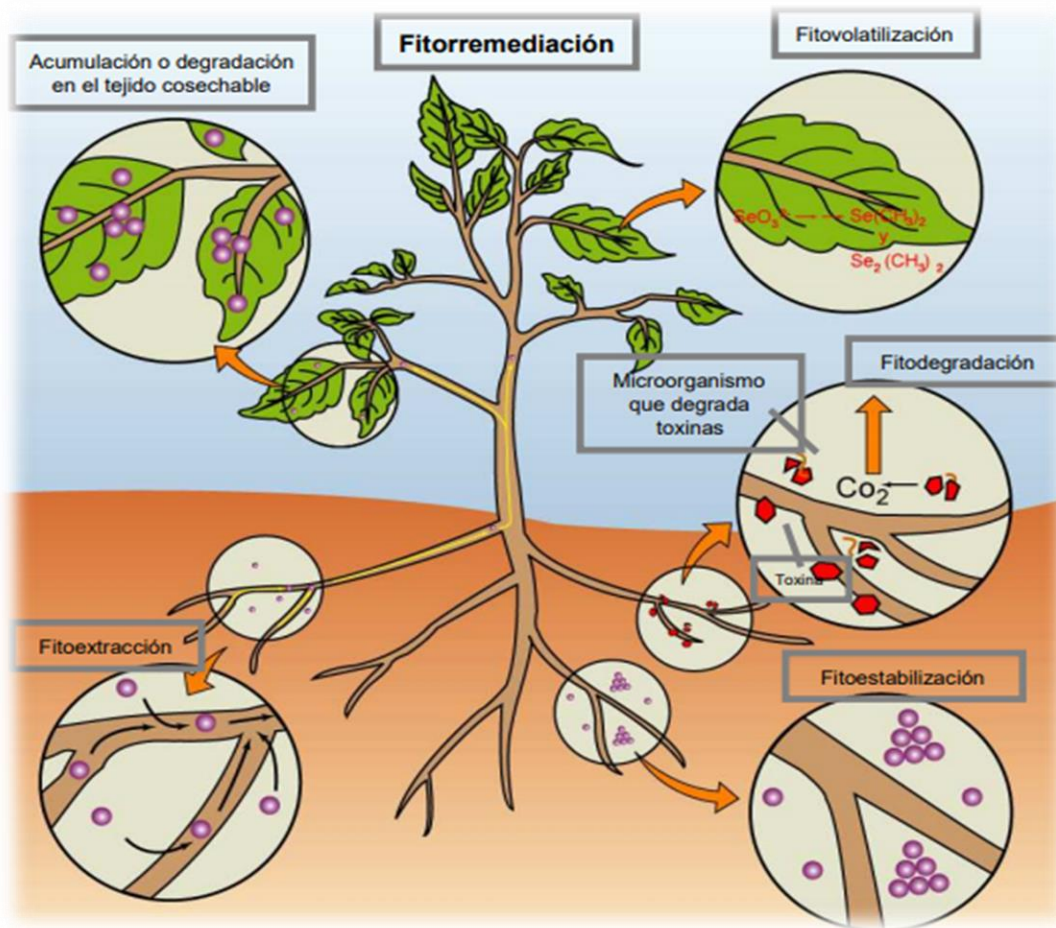
Extraído de: <http://www2.ceride.gov/>



### 2.2.3 Fitorremediación

Se basa en el uso de plantas para degradar o transformar en sustancias menos tóxicas de diversos tipos de contaminantes orgánicos como hidrocarburos aromáticos polinucleares, hidrocarburos totales del petróleo, plaguicidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas), compuestos clorados, explosivos y surfactantes (detergentes). A través de reacciones enzimáticas que llevan a cabo plantas y microorganismos en la rizósfera, es decir, la zona del suelo estrechamente asociada con las raíces de las plantas, dichos contaminantes son parcial o completamente degradados o transformados. De esta manera son asimilados por las plantas y secuestrados en sus vacuolas o fijados a estructuras celulares insolubles, como la lignina. (Dushenkov, 1995, pág. 12)

Figura No. 2. Fitorremediación



Fuente: extraído de Dushenkov 1995.

Cuadro No. 1. Mecanismo de fitorremediación

(Singh, 2005)	Mecanismo	Contaminantes
<b>Fitoestabilización</b>	Complejación	Orgánicos e inorgánicos
<b>Fitoextracción</b>	Hiperacumulación	Inorgánicos
<b>Fitovolatilización</b>	Hiperacumulación Volatilización a través de las hojas	Orgánicos e inorgánicos
<b>Fitoimmobilización</b>	Acumulación en la rizosfera	Orgánicos e inorgánicos
<b>Fitodegradación</b>	Uso de plantas y microorganismos asociados para degradar	Orgánico
<b>Rizofiltración</b>	Uso de raíces para absorber y adsorber contaminantes del agua	Orgánicos e inorgánicos

Fuente: (Singh, 2005, pág. 13)

### 2.3 FITORREMEDIACION ACUATICA

Tradicionalmente, las plantas vasculares acuáticas han sido consideradas como una plaga en sistemas enriquecidos con nutrientes. Su rápida proliferación puede dificultar la navegación y amenazar el balance de la biota en los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, en la actualidad se considera que estas plantas también pueden ser manejadas adecuadamente y volverse útiles, debido a su capacidad para remover y acumular diversos tipos de contaminantes. Además, su biomasa puede ser aprovechada como fuente de energía, forraje y fibra. (Roberto Aurelio Núñez López, 2004)

Las plantas acuáticas son aquellas que viven sumergidas parcial o totalmente en el agua. También son conocidas como plantas hidrófitas, macrófitas o higrófitas. Se adaptan a diversos medios acuáticos como lagunas, deltas, ríos, lagos, estanques, pantanos e incluso charcos. Debido al medio ambiente en el que se encuentran y al que se han adaptado perfectamente, requieren de una gran humedad para crecer y desarrollarse.

Existen diversos tipos de plantas acuáticas (de ribera, flotantes, de aguas profundas o especialmente oxigenadoras) y una gran variedad de cada uno.

### **2.3.1 Características de las plantas acuáticas**

Determinar qué necesitan las plantas acuáticas para vivir está condicionado a las diferentes tipologías, según las adaptaciones de las plantas acuáticas.

Las sumergidas permanentemente en el agua requieren de la absorción de nutrientes y del intercambio de gases de manera directa en el mismo medio.

En cambio, las plantas con una parte por fuera del agua no tienen demasiada resistencia a la pérdida de agua. Poseen estomas (poros) abiertos y dispuestos en la superficie. Además, los tallos y las hojas contienen recubrimientos impermeables reducidos.

Otra de las grandes necesidades de las plantas acuáticas, especialmente las halladas fijas en aguas muy profundas, es la obtención de oxígeno para la respiración por las raíces. Por ello, tienen un cuerpo con espacios vacíos para que el aire circule desde la atmósfera hasta las raíces, permitiendo también que floten o puedan mantenerse firmes en la superficie acuática. Fuente(Antonio lot, 2004, pág. 14)

## **2.4 PLANTAS FLOTANTES**

Son aquellas plantas vasculares que viven en ambientes asociadas a agua dulce y de transición, aunque también existen algunas asociadas a ambiente marinos.

cuyas raíces están permanentemente sueltas en el agua, por lo que flotan y son desplazadas por la superficie por el propio movimiento del agua, el viento o por el de los animales que habitan la zona, a este tipo de plantas también se la conocen como hidrófitas.

## **2.5 CARACTERISTICAS**

Las características principales de las plantas acuáticas son las siguientes:

- Forman parte de las angiospermas, por lo que desarrollan flores, frutos y semillas.
- Son plantas herbáceas que han conquistado el medio acuático.
- Sus estructuras de sostén son menos resistentes que las de las plantas terrestres porque tienen escasa o nula lignina; el agua del medio hace posible que se mantengan erguidas.
- Aquellas que son flotantes presentan aerénquimas en los tallos o en las hojas que son espacios intercelulares llenos de aire.
- En el caso de las plantas sumergidas, suelen tener más clorofila que las plantas terrestres de manera que pueden captar la luz solar que se filtra en el agua.

## **2.6 CLASIFICACION DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS**

Así como hay distintos criterios para considerar o no a una planta como acuática, también hay distintas formas de clasificarlas. Generalmente se tiene en cuenta si la hidrófita está o no arraigada al fondo y en qué posición del cuerpo de agua se encuentran sus hojas.

## **2.7 HIDRÓFITAS EMERGENTES**

También conocidas como plantas anfibias o palustres. Se caracterizan por tener sus raíces y rizomas fijos al sustrato y sus hojas y tallos aéreos. Por lo tanto, el intercambio de gases lo hacen con el aire. Sus órganos reproductivos, es decir las flores, también son externos, por lo que son polinizadas por el viento o por animales, como aves e insectos. Se consideran las hidrófitas más especializadas.

Habitan en las orillas o riberas de los cuerpos de agua, ya sea en suelos sumergidos o expuestos pero que están saturados de agua. El estado en que se encuentra el suelo puede variar entre las

estaciones o con las crecidas de los ríos o de las lagunas. También están presentes en marismas que se llenan con la marea alta. Muchas de estas plantas forman pajonales o junciales.

## **2.8 HIDRÓFITAS ARRAIGADAS CON HOJAS FLOTANTES.**

También conocidas como nenúfares por presentar flores que crecen sobre las hojas flotantes. Se caracterizan por tener sus raíces fijas al fondo del cuerpo de agua, los tallos sumergidos y las hojas flotantes. Estas tienen aerénquimas con grandes cámaras de aire para mantenerse sobre el agua. Algunas especies presentan heterofilia, es decir, hojas sumergidas, flotantes y emergentes con formas diferentes. Por su parte, los órganos reproductivos pueden ser flotantes o emerger del agua.

(Arbo, 2019)

### **2.8.1 Nombre de plantas acuáticas**

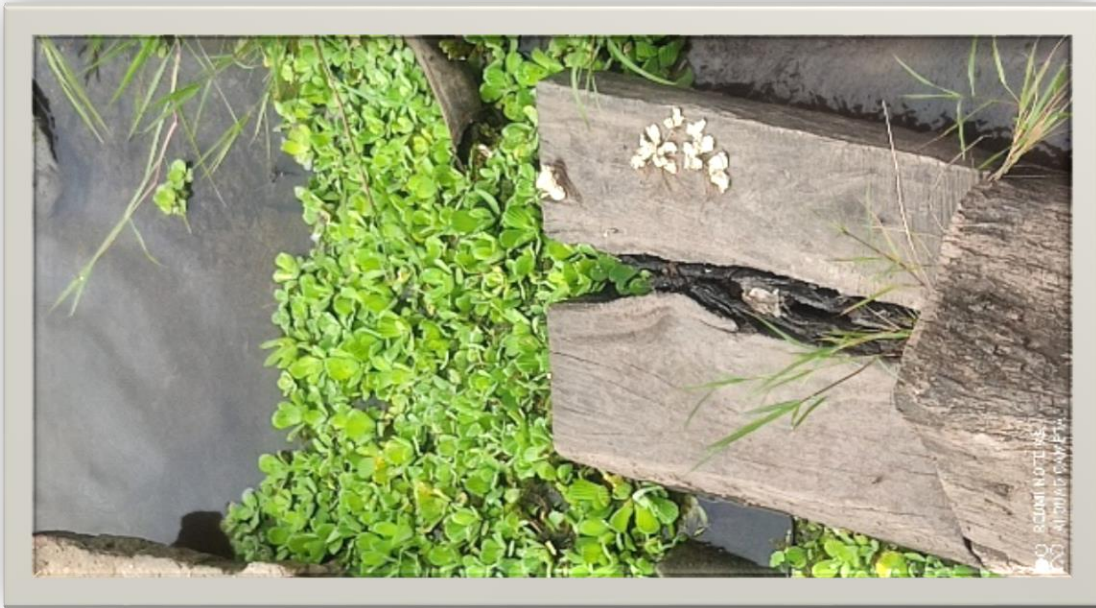
Entre todas las especies las más habituales de este tipo son las siguientes:

Figura No. 3. *Eichhornia crassipes* o jacinto de agua



Fuente: <https://aquaplantasmx.com>

Figura No. 4. Pistia o lechuga de agua



**Fuente: elaboración propia**

Figura No. 5. Stratiodes aloides o pita de agua



**Fuente: <https://aquaplantasmx.com>**

Figura No. 6 *hydrocharis morcus*



Fuente: <https://aquaplantasmx.com>

Figura No. 7. *Salvinia natans* o helecho de agua



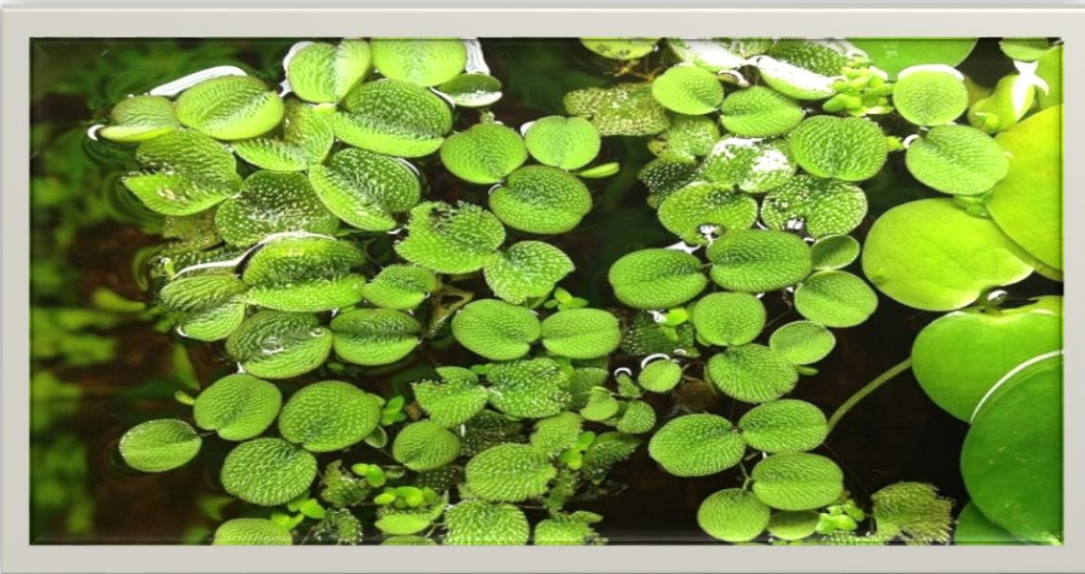
Fuente: <https://aquaplantasmx.com>

Figura No. 8 Lemna minor o lenteja de agua



Fuente: <https://aquaplantasmx.com>

Figura No. 9. Salvinia auriculata u oreja de elefante



Fuente: <https://aquaplantasmx.com>



## 2.9 PISTIA STRATIOTE O LECHUGA DE AGUA

Figura No. 10. Pistia stratiote



**Fuente: Elaboración propia**

Al ser una planta flotante crece en superficie, sin necesidad de sustrato. Consigue mantenerse siempre verde en climas templados, donde no pueda sufrir amenazas de heladas. Forma una roseta de entre 5 a 20 cm de circunferencia, con hojas grandes, de terminación redondeada.

Su necesidad de humedad es enorme, si no vive en contacto directo con el agua, deberá estar siempre en asentamientos que se encuentren lo suficientemente empapados. Puede llegar a extenderse y a cubrir toda la superficie del agua en los lugares donde vive.

Extraído de: (paisajismodigital.com, 2022, pág. 19)

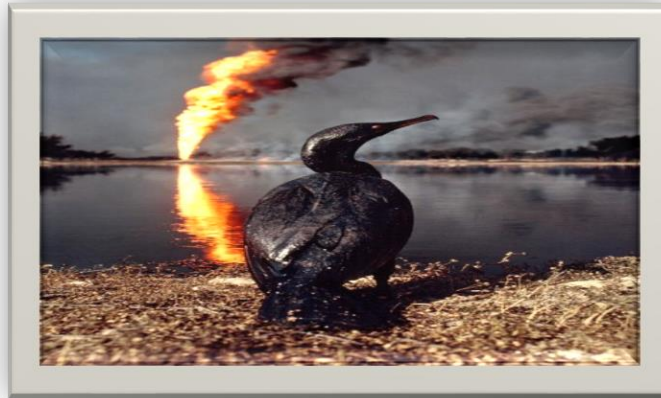
Cuadro No. 2. característica de la pistia stratiote

<b>Dificultad:</b>	Fácil
<b>Iluminación:</b>	Solar
<b>Sustrato</b>	Indiferente, flotante
<b>CO2</b>	Indiferente.
<b>Mantenimiento:</b>	Al tener un rápido desarrollo es frecuente encontrar carencias por falta de potasio o de nitrógeno.

**Fuente: (martinez, 2013, pág. 19)**

## 2.10 CONTAMINACIÓN POR PETRÓLEO CRUDO

Figura No. 11. Efecto de la contaminación por petróleo



**Fuente:** [ar.pinterest.com](https://ar.pinterest.com)

La contaminación por petróleo se produce por su liberación accidental o intencionada en el ambiente, provocando efectos adversos sobre el hombre o sobre el medio, directa o indirectamente.

- Efectos sobre el suelo: las zonas ocupadas por pozos, baterías, playas de maniobra, piletas de purga, ductos y red caminera comprometen una gran superficie del terreno que resulta degradada.
- Efectos sobre el agua: en las aguas superficiales el vertido de petróleo u otros desechos produce disminución del contenido de oxígeno, aporte de sólidos y de sustancias orgánicas e inorgánicas

## 2.11 QUE ES EL PETRÓLEO

Figura No. 12. Barril de Petróleo



Fuente: foronuclear. or

El petróleo es un aceite mineral de color muy oscuro o negro, menos denso que el agua y de un olor a huevo podrido. Está formado por una mezcla de hidrocarburos acompañados de azufre, oxígeno y nitrógeno en cantidades variables. El petróleo se encuentra sólo en las rocas sedimentarias: Extraído de [www\\_foronuclear\\_org](http://www.foronuclear.org).

Cuadro No. 3. Composición del petróleo

	Crudo	Gas natural
<b>Carbono</b>	84-87%	65-80%
<b>Hidrogeno</b>	11-14%	1-25%
<b>Azufre</b>	0.06-2%	0-0.2%
<b>Nitrógeno</b>	0.1-2%	1-15%
<b>Oxigeno</b>	0.1-2%	0%

## 2.12 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL PETRÓLEO

**Densidad.** - El petróleo es más liviano que el agua.

➤ Su peso específico es influenciado por factores físicos y por la composición química del crudo. 0.75-0.95 Kgr/lit. Aumenta con el porcentaje de asfalto.

**Olor.** - Es característico y depende de la naturaleza y composición del aceite crudo.

➤ Los hidrocarburos no saturados dan olor desagradable, debido al ácido sulfhídrico y otros compuestos de azufre.

➤ Los petróleos crudos tienen olor aromático. En otros aceites el olor varía, dependiendo de la cantidad de hidrocarburos livianos y de las impurezas.

**Color-** El color del petróleo varía de amarillo al rojo pardo y negro.

➤ Por luz reflejada, el aceite crudo es usualmente verde, debido a la fluorescencia; Los aceites medianos color ámbar; Los aceites más pesados son oscuros.

➤ Por lo general, su tonalidad se oscurece con el aumento de su peso específico, que se incrementa al aumentar su porcentaje de asfalto.

➤ Los hidrocarburos puros son incoloros, pero a menudo se colorean por oxidación, especialmente los no saturados y de los que contienen N, O, S, además de H y C.

**Viscosidad o resistencia al flujo.** Se mide por el tiempo necesario para que una cantidad dada de petróleo fluya a través de una pequeña abertura.

**Volatilidad-** En el petróleo crudo, depende de los puntos de ebullición de los diversos componentes.

**Tensión superficial y fuerza capilar-** Son propiedades físicas que tienen un papel importante en la migración de hidrocarburos a través de las rocas de la corteza terrestre.

- La tensión superficial del petróleo que contenga gas disuelto es extremadamente baja “las bajas tensiones superficiales tienden a disminuir los efectos de la fuerza capilar en el desplazamiento de petróleo crudo, en medios porosos mediante gases a alta presión”.
- El agua tiene mayor fuerza capilar que el petróleo; en consecuencia, puede esperarse que el agua ocupe los poros más pequeños, forzando al petróleo hacia los poros mayores.

**Fluorescencia.** - Es el aspecto que presentan los hidrocarburos líquidos y gaseosos por efecto de los rayos infrarrojos.

### **2.13 HIDROCARBUROS TOTALES EN PETRÓLEO TPH**

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

### **2.14 QUE ES EL AGUA**

El agua es una sustancia blanquecina que no tiene color ni olor ni sabor compuesta por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno (H<sub>2</sub>O) y se puede encontrar en estado sólido (hielo), gaseoso (vapor) y líquido (agua). Es un compuesto que es esencial para la vida.

## 2.15 CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR HIDROCARBURO

La contaminación de las aguas por hidrocarburos en los sistemas de almacenamiento, en las fuentes de abastecimiento subterráneas y superficiales, así como en otros cuerpos de agua es un hecho que ocurre con relativa frecuencia.

Este tipo de contaminación produce un cambio en las características organolépticas del agua que induce al rechazo de los consumidores, y su ingestión representa un riesgo para la salud; asimismo, el ecosistema puede sufrir afectaciones debidas al impacto negativo de estos contaminantes sobre sus diferentes componentes.

Las contaminaciones pueden presentarse de dos formas generales: puntuales y sistemáticas. Las primeras ocurren de manera fortuita en los cuerpos de agua donde generalmente no hay presencia de hidrocarburos.

Las segundas son habituales y caracterizan a aquellas aguas que son contaminadas por la actividad antrópica que en ellas se realiza. Por otro lado, las fuentes de la contaminación pueden ser simples o múltiples, y verter al medio 1 o varios componentes del petróleo (Díaz1, 1999, pág. 23)

## 2.16 CARACTERÍSTICA DEL AGUA

➤ **Densidad del Agua.** La densidad del agua es 1 (exactamente 0,9999 a 20° C).

La congelación del agua es bastante distinta a la de otros líquidos.

Los puentes de hidrógeno producen un reordenamiento cristalino que hace que el hielo se expanda más allá del volumen del líquido original, de forma que su densidad resulta menor y flota.

Si no fuese así los cuerpos de agua se congelarían en el fondo y la vida, en la forma que conocemos no existiría.

➤ **Viscosidad del Agua.** Es la propiedad que tiene un líquido de oponer resistencia a todo movimiento, ya sea interno o global del flujo.

Es un papel fundamental de las pérdidas de carga y por tanto juega un papel fundamental en el tratamiento del agua.

Disminuye cuando aumenta la temperatura. Aumenta conforme aumenta el contenido en sales disueltas, por lo que es más viscosa el agua del mar que la de un río.

➤ **Calor Específico.** Es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1Kg de agua en 1°C. Es la sustancia que posee mayor calor específico (4.180 J/Kg/°C). Varía en función de la temperatura y presenta un mínimo a 35°C.

➤ **Calor Latente.** Cantidad de calor necesaria para efectuar el cambio de estado de la unidad de masa previamente llevada a la temperatura que corresponda a la tensión reinante.

La energía requerida para romper un puente de hidrógeno y liberar una molécula de agua (H<sub>2</sub>O) para formar vapor, es mucho mayor que la requerida por muchos compuestos químicos comunes.

El calor de vaporización del agua es de 539 Kcal/Kg, es por ello que el vapor de agua tiene un alto contenido energético y es un medio ideal para transferir energía.

➤ **Tensión Superficial** Es la fuerza de tracción que se ejerce sobre la superficie del líquido. El agua tiene una tensión superficial muy elevada debido a los puentes de hidrógeno. La tensión superficial disminuye al aumentar la temperatura. Se mide en Newton/metro.

➤ **Conductividad** El agua es ligeramente conductora de electricidad, aumentando su conductividad si se añaden sales u otros materiales ionizantes. Su unidad es microsiemens por centímetro (μS/cm).

➤ **Color** El agua pura no es incolora, tiene un tinte azul verdoso en grandes volúmenes. El color afecta estéticamente a la potabilidad de las aguas y afecta como colorante de ciertos productos cuando se utiliza en su fabricación.

Las medidas de color se hacen por comparación con un estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto  $\text{Cl}_2\text{Co}$  y cloro platinó de potasio  $\text{Cl}_6\text{PtK}_2$  y se expresa en una escala de unidades de Pt-Co (unidades Hazen) o simplemente escala Pt.

➤ **Turbidez** Es la dificultad del agua para transmitir la luz de los materiales en suspensión, coloidales o muy finos. Son materiales difíciles de decantar y filtrar.

La medición se hace por comparación con la turbidez inducida por diversas sustancias. Se utilizan unos aparatos llamados turbidímetros de los que existen varios tipos.

El color, la turbidez y la conductividad se utilizan como parámetros de la calidad del agua. (ceupe, 2018, pág. 25)

## 2.17 PH DEL AGUA

es una medida de la concentración de iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) en una solución acuosa. El término proviene del latín pondus hydrogenii (“cantidad de hidrógeno”). No solo nos enfocaremos al pH del agua, si no que hablaremos del pH en general.

Más adelante se muestra que la concentración de iones hidrógeno tiene una relación directa con la concentración de iones hidróxido ( $\text{OH}^-$ ), por lo que el pH también es una medida de la concentración de estos últimos.



## 2.18 POTENCIOMÉTRICO PH

Figura N°14: potenciómetro



Fuente: (cromtex.com, 2021)

El pH-metro realiza la medida del pH por un método Potenciométrico. Este método se basa en el hecho de que entre dos disoluciones con distinta  $[H^+]$  se establece una diferencia de potencial.

Esta diferencia de potencial determina que cuando las dos disoluciones se ponen en contacto se produzca un flujo de  $H^+$ , o, en otras palabras, una corriente eléctrica. En la práctica, la medida del pH es relativa, ya que no se determina directamente la concentración de  $H^+$ , sino que se compara el pH de una muestra con el de una disolución patrón de pH conocido.

Para ello se utiliza un electrodo de pH (ver tabla inferior). Cuando el electrodo entra en contacto con la disolución se establece un potencial a través de la membrana de vidrio que recubre el electrodo. Este potencial varía según el pH. Para determinar el valor del pH se necesita un electrodo de referencia, cuyo potencial no varía. El electrodo de referencia puede ser externo o puede estar integrado en el electrodo de pH

La diferencia de potencial (E) es proporcional a  $[H^+]$ , y viene definida por la **ecuación de Nernst**:

$$E_{\text{medido}} = E_{\text{referencia}} + (2,3 RT/NF) \text{ pH}$$

(biomolecula, 2016, págs. 17, 18)

## 2.19 COMO SE PUEDE MEDIR EL PH

Figura No. 13. Escala de pH



Fuente: (Bermejo, 2006)

El pH es una medida importante del agua y se mide comúnmente en puntos de muestreo y en laboratorios. Hay muchos modelos de medidores de pH, pequeños desde tiras reactivas, electrónicos de bolsillo o instrumentos más precisos de laboratorio. Hay modelos portátiles que se pueden llevar al campo y modelos más grandes como este que se pueden usar en el laboratorio.

Para usar el medidor de pH que se muestra a continuación, coloque la muestra de agua en el vaso de precipitados e inserte la sonda de vidrio en el extremo del brazo extensible en el agua. Dentro del bulbo de vidrio delgado al final de la sonda hay dos electrodos potenciométricos. Uno de los electrodos está en un líquido con una acidez o pH ajustado. El segundo electrodo reacciona con la acidez de la muestra de agua. El voltímetro en la sonda mide la diferencia de potencial entre los dos electrodos. El medidor luego convertirá la diferencia de voltaje a pH y lo mostrará en la pequeña pantalla principal. Medidor de pH electrónico digital. Fuente/Aplicación: Dominio Público. Medidor de pH electrónico portátil.

El medidor debe estar "calibrado" antes de tomar una medida de pH. Sumerja la sonda en una solución de pH conocido, como agua limpia con un pH neutro de 7.0. La perilla en la caja se usa para calibrar el medidor ajustando el pH mostrado al pH conocido de la solución. Extraído de : (Bermejo, 2006, págs. 27, 28)

## 2.20 MARCO NORMATIVO LEGAL MEDIO AMBIENTE

Cuadro No. 4. Ley Medio Ambiente N°-1333.

<b>LEY Nª 1333. LEY DEL MEDIO AMBIENTE</b> <b>PROMULGADA EL 27 de Abril de 1992</b>	
<b>CAPITULO III. DE LA PLANIFICACIÓN AMBIENTAL ARTICULO 12</b>	<p>Son instrumentos básicos de la planificación ambiental.</p> <p>a) La formulación de planes, programas y proyectos a corto, mediano y largo plazo, a nivel nacional, departamental y local.</p> <p>b) El ordenamiento territorial sobre la base de la capacidad de uso de los ecosistemas, la localización de asentamientos humanos y las necesidades de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.</p> <p>c) El manejo integral y sostenible de los recursos a nivel de cuenca y otra unidad geográfica.</p> <p>d) Los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental.</p> <p>e) Los mecanismos de coordinación y concertación intersectorial interinstitucional e interregional.</p> <p>f) Los inventarios, diagnósticos, estudios y otras fuentes de información.</p> <p>g) Los medios de evaluación, control y seguimiento de la calidad ambiental.</p>

<p><b>CAPITULO III DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES DERIVADOS DE DESASTRES NACIONALES</b> <b>ARTICULO 22</b></p>	<p>Es deber del Estado y la sociedad la prevención y control de los problemas ambientales derivados de desastres naturales o de las actividades humanas. El Estado promoverá y fomentará la investigación referente a los efectos de los desastres naturales sobre la salud, el medio ambiente y la economía nacional.</p>
<p><b>DE LOS RECURSOS NATURALES EN GENERAL CAPITULO II DEL RECURSO AGUA ARTÍCULO 39</b></p>	<p>El Estado normará y controlará el vertido de cualquier sustancia o residuo líquido, sólido y gaseoso que cause o pueda causar la contaminación de las aguas o la degradación de su entorno. Los organismos correspondientes reglamentarán el aprovechamiento integral, uso racional, protección y conservación de las aguas.</p>
<p><b>DEL AIRE Y LA ATMOSFERA ARTÍCULO 41</b></p>	<p>El Estado a través de los organismos correspondientes normará y controlará la descarga en la atmósfera de cualquier sustancia en la forma de gases, 23 vapores, humos y polvos que puedan causar daños a la salud, al medio ambiente, molestias a la comunidad o sus habitantes y efectos nocivos a la propiedad pública o privada.</p>
<p><b>CAPITULO IV DEL RECURSO SUELO ARTICULO 45</b></p>	<p>Es deber del Estado normar y controlar la conservación y manejo adecuado de los suelos. El Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios en coordinación con la Secretaría Nacional del Medio Ambiente, establecerá los</p>

	reglamentos pertinentes que regulen el uso, manejo y conservación de los suelos y sus mecanismos de control de acuerdo a lo establecido en el ordenamiento territorial.
<b>CAPITULO VI DE LA FLORA Y FAUNA SILVESTRE ARTICULO 52</b>	El Estado y la sociedad deben velar por la protección, conservación y restauración de la fauna y flora silvestre, tanto acuática como terrestre, consideradas patrimonio del Estado, en particular de las especies endémicas, de distribución restringida, amenazadas y en peligro de extinción.

Fuente: elaboración propia

## 2.21 LIMITES MÁXIMO PERMISIBLES

Tabla 7.1.1. límites máximos permisibles para descargas líquidas en cuerpo de agua para el sector de hidrocarburo.

Cuadro No. 5. Límites máximos permisibles 7.1.1.

No	Parámetros	Unidad	Límite	Observaciones
Parámetros básicos				
1	pH	-	6 – 9	
2	Sólidos disueltos totales	mg/L	1500	
3	Sólidos suspendidos totales	mg/L	60	

4	Diferencia de Temperatura	°C	± 5	Se debe reportar la temperatura del cuerpo receptor.
5	Turbidez	NTU	< 200	
Constituyentes inorgánicos metálicos				
6	Aluminio (c/Al)	mg/L	1	
7	Antimonio total	mg/L	1	
8	Arsénico total	mg/L	0,1	
9	Bario (c/Ba)	mg/L	5	
10	Calcio	mg/L	400	Se debe reportar el valor del agua de abastecimiento en el caso que sobrepase los límites.
11	Cadmio total	mg/L	0,3	
12	Cobre total	mg/L	1	
13	Cobalto total	mg/L	0,2	
14	Cromo total	mg/L	0,05	
15	Estaño total	mg/L	2	
16	Hierro total	mg/L	1	Se debe reportar el valor del agua de abastecimiento en el caso que sobrepase los límites.
17	Manganeso total	mg/L	1	Se debe reportar el valor del agua de abastecimiento en el caso que sobrepase los límites.
18	Mercurio total	mg/L	0,001	
19	Molibdeno total	mg/L	7,3	
20	Níquel total	mg/L	0,5	
21	Plomo total	mg/L	0,05	
22	Sodio (c/Na)	mg/L	200	Se debe reportar el valor del agua de abastecimiento en

				el caso que sobrepase los límites.
23	Zinc total	mg/L	3	
Constituyentes inorgánicos no metálicos				
24	Nitrógeno Amoniacal c/N	mg/L	4	Para disposición a través de dispersión en suelos el valor será hasta 12 mg/L
25	Cianuro libre	mg/L	0,5	
26	Cloruros	mg/L	300	Se debe reportar el valor del agua de abastecimiento en el caso que sobrepase los límites.
27	Sulfatos	mg/L	400	Se debe reportar el valor del agua de abastecimiento en el caso que sobrepase los límites.
28	Sulfuros	mg/L	0,01	Se debe reportar el valor del agua de abastecimiento en el caso que sobrepase los límites.
Constituyentes orgánicos				
29	Fenoles	mg/L	0,05	
30	HTP	mg/L	1	
31	Benceno	mg/L	0,01	
32	Tolueno	mg/L	1,2	
33	Etilbenceno	mg/L	0,8	
34	Xileno	mg/L	1,6	
35	Naftaleno	mg/L	5,9	
36	Acenaftileno	mg/L	2	
37	Acenafteno	mg/L	1,7	
38	Antraceno	mg/L	0,012	
39	Fenantreno	mg/L	0,063	
40	Fluoreno	mg/L	0,29	

41	Fluoranteno	mg/L	0,13	
42	Pireno	mg/L	0,04	
43	Criseno	mg/L	0,003	
44	Benzo (a) antraceno	mg/L	0,005	
45	Benzo (a) pireno	mg/L	0,0019	
46	Benzo (b) fluoranteno	mg/L	0,007	
47	Benzo (k) fluoranteno	mg/L	0,0004	
48	Benzo (g, h, i) perileno	mg/L	0,0002	
49	Indenopireno	mg/L	0,00027	
50	Dibenzo (a, h) antraceno	mg/L	0,00025	
51	Metil etil cetona	mg/L	50	
52	Metil isobutil cetona	mg/L	50	
53	Metil terbutil éter	mg/L	50	
Constituyentes orgánicos agregados				
54	Aceites y grasas	mg/L	20	
55	DBO5	mg/L	80	
56	DQO	mg/L	300	

Nota: Los límites establecidos en la presente tabla serán aplicados, en tanto no cuenten con clasificación a las que hace referencia los Artículos 4, 5, 6 y 7 del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.



### III MARCO METEOROLOGICO

#### 3.1. UBICACIÓN

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo en nuestra prestigiosa casa superior de estudios UNIBOL GUARANI en instalaciones de nuestro laboratorio que se encuentra ubicada en el departamento de Chuquisaca, municipio Machareti a una hora de la Ciudad de Camiri con las coordenadas  $20^{\circ}27'05.31''$  S;  $63^{\circ}25'41,37''$  O

Figura N°16: Ubicación



Fuente: Google Map.

#### 3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene un enfoque cualicuantitativo por que estará basado en analizar, interpretar y expresar aquellos datos que a su vez ayudaran a determinar la capacidad de

remoción de la planta que se utilizara para llevar a cabo la biorremediación de aguas contaminadas por petróleo.

### **3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación será de tipo descriptivo porque estará centrada en especificar, medir o evaluar los diversos aspectos y propiedades que posee la planta pistia stratiote para la remoción de los agentes contaminantes y así pueda fortalecer de una mejor manera el objeto de estudio.

### **3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de la presente investigación se define como experimental debido a que existirá la manipulación de variables que posteriormente serán analizados mediante pruebas en laboratorio.

### **3.5. UNIVERSO Y MUESTRA**

➤ Se procede a la recolección del petróleo del lugar para así llevar a cabo la prueba en nuestra casa superior de estudio.

La muestra de la fuente hídrica contaminada con hidrocarburo fue recolectada del municipio de Apolo se recolecto 1500ml agua

➤ Recolección de la planta vegetal (pistia stratiote)

Se lleva a cabo en los alrededores del municipio de concepción ubicado en el departamento de Santa Cruz.

➤ Se obtiene dos muestras (M1 y M2) la M1 contaminada y la segunda M2 se obtiene una vez el agua es sometida a la fitorremediación

➤ Realizan análisis físico-químico mediante laboratorio a ambas muestras.

### 3.6. TECNICA E INSTRUMENTACION DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las diferentes metodologías de la investigación de información son por medio de investigación, se procedió a las diferentes fuentes de las cuales mencionaré las principales:

- Consultas fuentes bibliográficas
- Información obtenida de las fuentes bibliográficas.
- Consultas al internet para enriquecimiento del tema
- Conocer la factibilidad sobre la Fitorremediación en aguas contaminadas.
- procesamiento de la información bibliográfica obtenida

### 3.7. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.

Se obtiene una muestra de 1500 ml de agua contaminada con hidrocarburo del municipio de Apolo que se encuentra al norte de la Paz con las siguientes coordenadas  $14^{\circ} 43'12''$  S  $68^{\circ}30'14''$  O/-14. posteriormente se procede al traslado de la muestra (M1) a nuestra casa superior de estudio dónde se llevará a cabo el proceso de biorremediación.

Para la recolección del agente intermediario que se utilizó para la fitorremediación de agua contaminada la planta lechuga de rio (*pistia stratiote*). se prosigue de la siguiente manera

- Recolección del hidrocarburo municipio de Apolo que se encuentra 1237km



Fuente: Elaboración propia



**Fuente: Elaboración propia**

- Recolección de la planta (*pistia stratiote*) del departamento de Santa Cruz provincia Ñunflo de Chaves



**Fuente: Elaboración propia**

- Proseguir con la introducción del agente que se utilizó para la fitorremediación

**Paso 1:** Se tomó en cuenta toda la información recolectada desde que se abarco el tema abordado.

**Paso 2.** El procedimiento de la fitorremediación se lleva a cabo en una bañera de plástico de 30000 ml en lo cual se le vierte 1500 ml de agua contaminada con hidrocarburo procedente del municipio de apolo se procede con la recolección de la M1 y se prosigue con lo propuesto en los objetivos generales de llevar la M1, al laboratorio de Yaculab que se encuentra en la ciudad de Santa Cruz para su respectivo análisis fisicoquímico de PH Y TPH.


YACULAB LABORATORIOS Y SERVICIOS		INFORME DE RESULTADOS			
Código de Documento: GS-P03-F02		Versión: 01		VIGENCIA: 2018/01/18	
		Fecha: 18/04/2022		HOJA: 1 de 1	
Nº PROTOCOLO:		19796			
CLIENTE:		Miguel O. Montero			
SOLICITANTE:		Miguel O. Montero			
DIRECCION:		Localidad Apolo - La Paz			
ENSAYO SOLICITADO:		Agua de Quebrada			
FECHA DE MUESTREO:		02-nov-22			
PROCEDENCIA / PUNTO DE MUESTREO:		Agua de Quebrada Localidad Apolo			
MUESTRA EXTRAIDA POR:		Miguel O. Montero			
TIPO DE MUESTRA:		Agua de descarga Líquidas DS 2400 Tabla 7.1.1			
TEMP. Y HUM. REL. AMBIENTAL LAB.		22,0 ºC - 54%			
Nº	PARAMETRO	UNID	METODO UTILIZADO	LIMITES MAX SEGÚN ds DS 2400 Tabla 7.1.1	VALOR OBTENIDO
1	PH	UPH	POTENCIOMÉTRICO	-	7,30
2	TPH	mg/l	EXTRACCION/INFRAROJO	1,0	609,00
<b>OBSERVACIONES:</b> La muestra de agua fue evaluada según criterios establecidos por DS 2400 Tabla 7.1.1 Límites máximos permisibles para descargas líquidas en cuerpos de agua para el sector hidrocarburos.					
<b>NOTAS ADICIONALES:</b> * En caso de que el personal de Yaculab no hubiera realizado la toma de muestras, no somos responsables por la representatividad, como tampoco por la preservación de las mismas, ni por la información de fecha, hora y lugar de la toma, ya que ésta es proporcionada por el cliente sin participación nuestra. * Los resultados de este informe corresponden únicamente a la muestra enviada para evaluación. * Ensayos realizados por el técnico de laboratorio Luis Carlos Cabral					
 <b>YACULAB S.R.L.</b> <b>Ing. Felipe Rojas A.</b> <b>SÚP. DE LABORATORIO</b>					
Barrio Urbari Calle Aguirre # 36 A - Telf. 3258026 - Santa Cruz (BOLIVIA) www.yaculab.com.bo					

Figura No. 14. Muestra 1 agua contaminada

Siguiendo lo propuesto en nuestros objetivos se prosigue al colocado de las plantas en agua contaminada por hidrocarburo poniendo en marcha el proceso de fitorremediación se observa que en los primeros 8 días no hay cambio notorio a simple vista los cambios se empiezan a notar desde el día 26 el líquido contaminado muestra una apariencia más cristalina y menos aceitosa.

Las plantas colocadas los primeros 19 días no muestran con la misma vitalidad el día que fueron colocadas en el H<sub>2</sub>O contaminada por hidrocarburo, los cambios fueron notorios el día finalización de la recolección de la muestra dos (M2) se muestra que del 100% las plantas sobrevivieron un 90%. Demostrando la resistencia y efectividad del agente utilizado para la fitorremediación durante los 34 días que se llevó a cabo la experimentación con dicha planta a temperatura ambiente. Se prosiguió con la toma de la muestra dos y así concluir el experimento. M2 se lleva al laboratorio Yaculab en Santa Cruz y se obtiene los siguientes parámetros de pH y TPH.

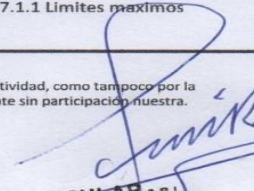
YACULAB LABORATORIOS Y SERVICIOS		INFORME DE RESULTADOS			
Código de Documento: GS-P03-F02		Versión: 01		VIGENCIA: 2018/01/18	
		Fecha: 18/04/2022		HOJA: 1 de 1	
Nº PROTOCOLO:		19797			
CLIENTE:		Miguel O. Montero			
SOLICITANTE:		Miguel O. Montero			
DIRECCION:		Localidad Apolo - La Paz			
ENSAYO SOLICITADO:		Agua de Quebrada			
FECHA DE MUESTREO:		06-dic-22			
PROCEDENCIA / PUNTO DE MUESTREO:		Agua de Quebrada Localidad Apolo			
MUESTRA EXTRAIDA POR:		Miguel O. Montero			
TIPO DE MUESTRA:		Agua de descarga Liquidas DS 2400 Tabla 7.1.1			
TEMP. Y HUM. REL. AMBIENTAL LAB.		22,0 °C - 54%			
Nº	PARAMETRO	UNID	METODO UTILIZADO	LIMITES MAX SEGÚN ds DS 2400 Tabla 7.1.1	VALOR OBTENIDO
1	PH	UPH	POTENCIOMÉTRICO	-	7,80
2	TPH	mg/l	EXTRACCION/INFRAROJO	1,0	39,00
<p><b>OBSERVACIONES:</b> La muestra de agua fue evaluada según criterios establecidos por DS 2400 Tabla 7.1.1 Límites máximos permisibles para descargas líquidas en cuerpos de agua para el sector hidrocarburos.</p>					
<p><b>NOTAS ADICIONALES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* En caso de que el personal de Yaculab no hubiera realizado la toma de muestras, no somos responsables por la representatividad, como tampoco por la preservación de las mismas, ni por la información de fecha, hora y lugar de la toma, ya que ésta es proporcionada por el cliente sin participación nuestra.</li> <li>* Los resultados de este Informe corresponden únicamente a la muestra enviada para evaluación.</li> <li>* Ensayos realizados por el técnico de laboratorio Luis Carlos Cabral</li> </ul>					
 <b>C. YACULAB S.R.L.</b> <b>Ing. Felipe Rojo A.</b> <b>SUP. DE LABORATORIO</b>					
Barrio Urbari Calle Aguiarenda # 36 A - Telf. 3258026 - Santa Cruz (BOLIVIA) <a href="http://www.yaculab.com.bo">www.yaculab.com.bo</a>					

Figura No. 15. Muestra2 agua tratada

## IV RESULTADOS

Una vez realizados los análisis físico-químicos de la M1 y M2 se obtienen los parámetros del PH Y TPH.

La muestra de agua fue evaluada según criterios establecidos por DS 2400 Tabla 7.1.1. límites máximo permisible para descarga liquidas en cuerpo de agua para hidrocarburo.

### 4.1 CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA 1

Cuadro No. 6. Agua contaminada

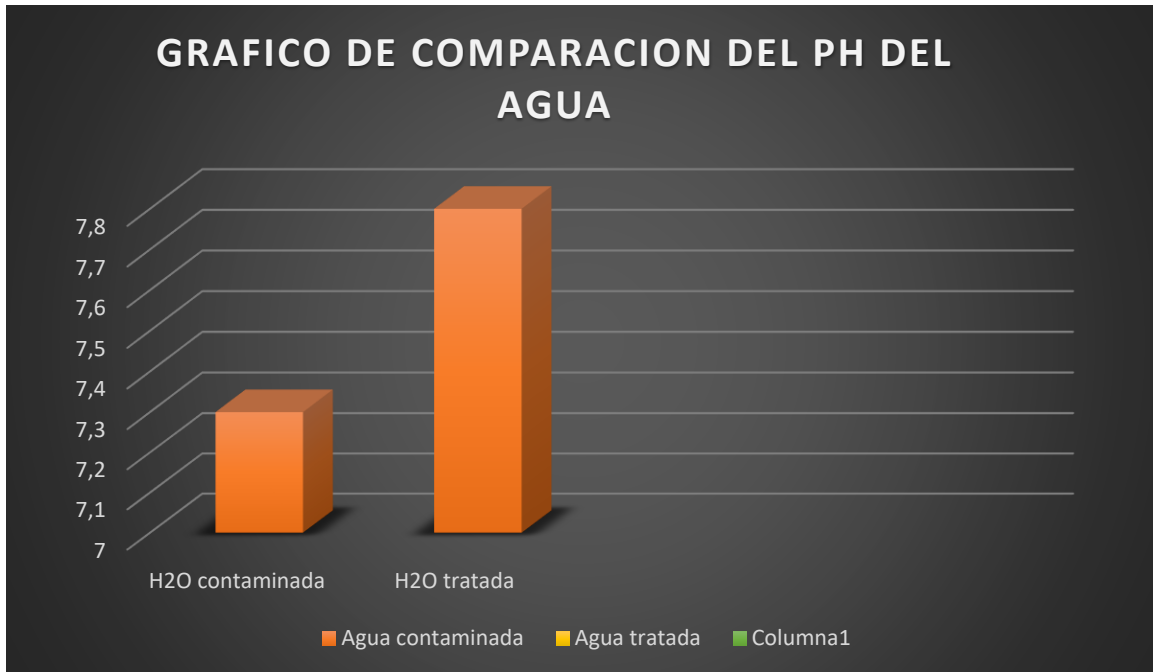
DIRECCIÓN	Localidad Apolo – La Paz
ENSAYO SOLICITADO	Agua de quebrada
FECHA DE MUESTREO	02/nov/2021
PROCEDENCIA/PUNTO DE MUESTREO	Agua de quebrada comunidad apolo
MUESTRA EXTRAÍDO POR:	Miguel Orlando Montero Oyola
TIPO DE MUESTRA	Agua de descarga liquidas DS 2400 Tabla 7.1.1
TEMP. Y HUM. REAL AMBIENTAL LABORATORIO	22 °C – 54%
PARÁMETROS	PH Y TPH

Fuente: Elaboración propia

➤ Parámetros de PH.

Cuadro No. 7. Parámetro de pH

MUESTRA 1	MUESTRA 2
7.30	7.80



**Fuente: Elaboración Propia**

En la variación del PH del agua de la M 1 y la M 2 podemos observar una variación de un aumento del 0.93% de potencial de iones de hidrogeno a la muestra, M2 de 0.50 teniendo en cuenta que desde el día 1 que se introduce la planta PISTIA STRATIOTE hasta que el día 34 que se procede a recolectar la M2.

Se observa que la variación está en los rangos permisibles por la ley 1333 de medio ambiente. Tabla 7.1.1. límites máximos permisibles para descargas liquidas en cuerpo de agua para el sector de hidrocarburo medición del pH en cuerpos de aguas para pH de 6.0 a 9.0 lo cual se muestra en el Cuadro No. 7 que está en el rango

#### 4.2 CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA 2

Cuadro No. 8. agua contaminada tratada.

DIRECCIÓN	Localidad Apolo – La Paz
ENSAYO SOLICITADO	Agua de quebrada
FECHA DE MUESTREO	06/dic/2021
PROCEDENCIA/PUNTO DE MUESTREO	Agua sometida a la fitorremediación



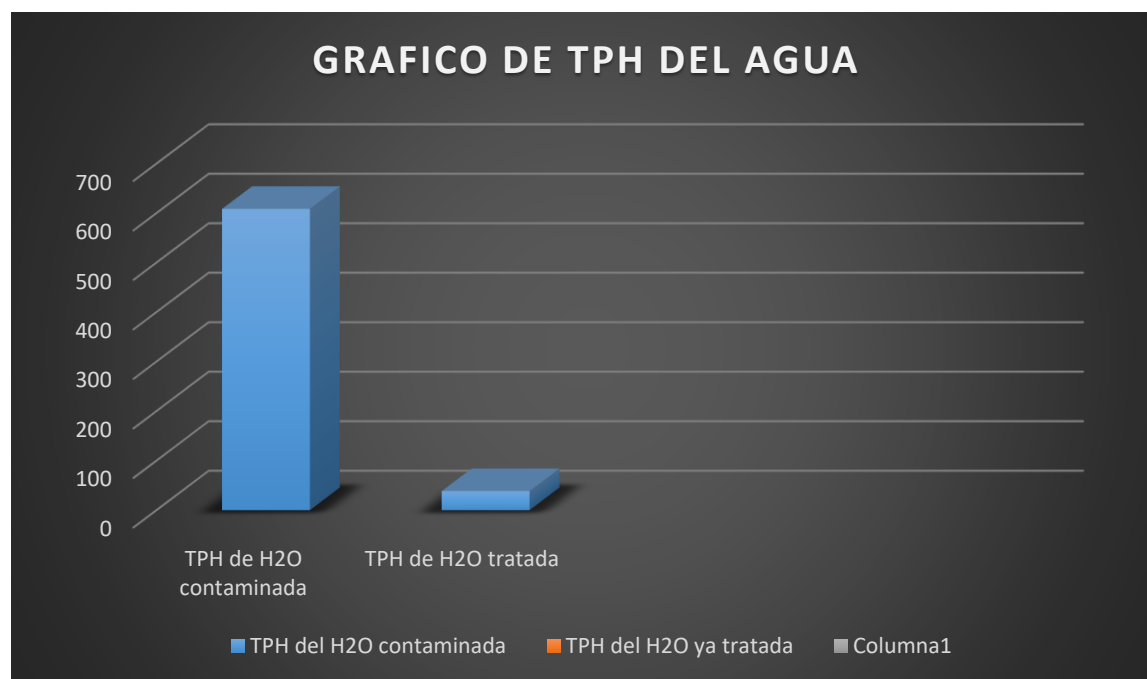
<b>MUESTRA EXTRAÍDO POR:</b>	Miguel Orlando Montero Oyola
<b>TIPO DE MUESTRA</b>	Agua de descarga liquidas DS 2400 Tabla 7.1.1
<b>TEMP. Y HUM. REAL AMBIENTAL</b>	22 °C – 54%
<b>LABORATORIO</b>	
<b>PARÁMETROS</b>	PH Y TPH

Fuente: Elaboración propia

➤ Parámetros de TPH

Cuadro No. 9. Parámetros de tph.

MUESTRA 1	MUESTRA 2
609.00	39.00



Fuente: Elaboración propia

En la muestra del TPH del agua contaminada por hidrocarburo, se observa que en M1 recolectada del día 1 y llevada al laboratorio de Yaculab en el departamento de santa cruz

Después se introduce la planta PISTIA STRATIOTE con respecto a la muestra M2 recolectada el día 32 tenemos una variación 570 mg/L menos de hidrocarburos totales en petróleo demostrando la eficiencia de fitorremediación de la planta utilizada como un agente de fitorremediación.

Se observa el resultado obtenido aun no cumple con los rangos permisibles por la ley 1333 de medio ambiente y los parámetros de la tabla 7.1.1. límites máximos permisibles 1.mg/l para descargas liquidas en cuerpo de agua para el sector de hidrocarburo, teniendo en cuenta que para que este en los rangos permisibles tendría que bajar un 38 mg/l el TPH (hidrocarburos totales en petróleo).

## V CONCLUSION/RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSION

Con respecto al trabajo de investigación referente a la fitorremediación de agua contaminada por hidrocarburo, la cual se utilizó la planta (*pistia stratiote*) para llevar a cabo la investigación se llegó a las siguientes conclusiones.

Generalmente las contaminaciones de fuentes híbridas se producen por actividades petrolera, ya sea naturalmente o provocadas, generalmente se puede tratar este tipo de desastre utilizando el método de biorremediación que emplea microorganismo a través de distintos nutrientes, para recuperar un ambiente contaminado.

Se dio cumplimiento a todos y cada uno de los objetivos generales planteado.

Con el presente trabajo de investigación presentado se demostró los beneficios de la fitorremediación con aguas contaminadas por hidrocarburos, aunque no llegó a límites máximo permisible de 1.0 (hidrocarburos totales en petróleo), establecidos por el Ds 2400 la tabla 7.1.1 ya que el agua contaminada contenía un tph de 609.00 y un ph de 7.30 una vez concluida la prueba se toma la M2 que es llevada para su respectivo análisis en laboratorio YACULAB ubicado en el departamento de santa cruz; Una vez obtenido los datos se muestra una disminución en el grado de contaminación del tph de un 93.6%, demostrando que es una alternativa viable para remover dichos contaminantes con la planta utilizada lechuga de río o (*Pistia Stratiote*).

A partir de esta investigación llevada a cabo se da una opción más económica para llevar a cabo la mejora de ambientes acuáticos contaminados por hidrocarburos

En nuestro país existe poca información respecto a la aplicación de esta planta acuática lechuga de río (*Pistia Stratiote*). como un agente de fitorremediación de aguas contaminadas por hidrocarburos

Se demostró en 32 días una disminución del 93.6% de hidrocarburos totales en petróleo demostrando que la planta lechuga de río (*Pistia Stratiote*).es eficiente para la aplicación de fitorremediación de aguas contaminadas atreves del método de absorción, que logró una descontaminación 570 mg/l de TPH

Se demostró la veracidad de la hipótesis planteada.

## **5.2 RECOMENDACIÓN**

Para realizar el tratamiento de biorremediación se aconseja realizar pantanales artificiales para para evitar la invasión de las plantas ya que se consideran una especie invasora

Es necesario realizar la fitorremediación con plantas jóvenes para que sea más eficiente su reproducción ya que así será mayor su grado de absorción de los contaminantes

Se recomienda desarrollar la investigación con volumen mayores en zonas de aguas contaminadas en base que se demostró que si existe biorremediación en base a la prueba piloto que se llevó acabo.

Se recomienda llevar acaba la biorremediación en un periodo de 60 días en un volumen moderado de agua a tratar para así llegara a descontaminar el agua según la Ds 2400 de la tabla 7.1.1 máximo permisible de TPH

## VI BIBLIOGRAFIA

(s.f.).

Antonio lot, A. N. (2004). *Plantas acuaticas* . mexico .

Arbo, M. &. (2019). Hidrofitos e hidrofitos. En Gonzalez, *Morfologia de plantas vasculares* . argentina .

Arguelles, R. I. (2010). *que es la bioremediacion*. mexico: fundacion telmex.

Bermejo, M. J. (2006). Auxiliares de laboratorio IV. En M. J. Bermejo, *Auxiliares de laboratorio IV*.

biomolecula. (2016). *pH-metro*. españa.

ceupe. (2018). *aguas y características* .

cromtex.com. (7 de mayo de 2021). *cromtex*.

Díaz1, L. V. (1999). *LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR HIDROCARBUROS*. cuba .

Dushenkov. (1995). alemania.

Juste, I. (2022). *ecologiaverde.com*.

martinez, h. (2013). *aquaplanta.com*. Obtenido de *aquaplanta.com*.

*paisajismodigital.com*. (2022). Obtenido de *paisajismodigital.com*.

Pietro Diaz V. (1999). Contaminacio de aguas por hidrocarburos . En M. d. Perez, *Revista cubana de higiene y epidemiologia* .

Roberto Aurelio Núñez López, Y. M. (2004). *fitoremediacion* .

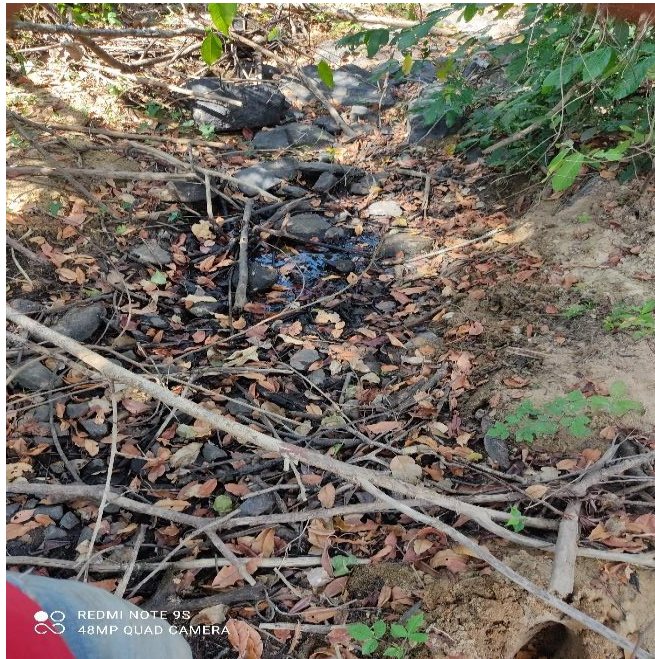
Singh, G. y. (2005). *mecanismo de fitoremediacion* .

# VII ANEXOS

ANEXOS No. 1 Recoleccion de Hidrocarburo



ANEXOS No. 4 Recolección de Hidrocarburo



ANEXOS No. 5. Lugar de recolección



ANEXOS No. 7 Recolección planta pistia stratiote





ANEXOS No. 10 Pistia stratiotes



ANEXOS No. 13 Rio negro de palestina




ANEXOS No. 16 Agua contamina con hidrocarburo siendo tratada



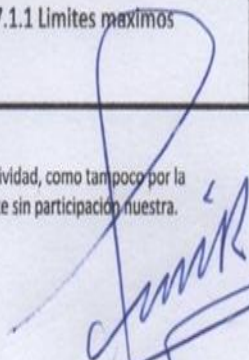
ANEXOS No. 19. Agua contaminada



## ANEXOS No. 22 Informe de Resultados de la muestra 1

YACULAB LABORATORIOS Y SERVICIOS		INFORME DE RESULTADOS			
Código de Documento: GS-P03-F02		Versión: 01		VIGENCIA: 2018/01/18	
		Fecha: 18/04/2022		HOJA: 1 de 1	
Nº PROTOCOLO:		19796			
CLIENTE:		Miguel O. Montero			
SOLICITANTE:		Miguel O. Montero			
DIRECCION:		Localidad Apolo - La Paz			
ENSAYO SOLICITADO:		Agua de Quebrada			
FECHA DE MUESTREO:		02-nov-22			
PROCEDENCIA / PUNTO DE MUESTREO:		Agua de Quebrada Localidad Apolo			
MUESTRA EXTRAIDA POR:		Miguel O. Montero			
TIPO DE MUESTRA:		Agua de descarga Líquidas DS 2400 Tabla 7.1.1			
TEMP. Y HUM. REL. AMBIENTAL LAB.		22,0 °C - 54%			
Nº	PARAMETRO	UNID	METODO UTILIZADO	LIMITES MAX SEGÚN ds DS 2400 Tabla 7.1.1	VALOR OBTENIDO
1	PH	UPH	POTENCIOMÉTRICO	-	7,30
2	TPH	mg/l	EXTRACCION/INFRAROJO	1,0	609,00
<p><b>OBSERVACIONES:</b> La muestra de agua fue evaluada según criterios establecidos por DS 2400 Tabla 7.1.1 Límites máximos permisibles para descargas líquidas en cuerpos de agua para el sector hidrocarburos.</p>					
<p><b>NOTAS ADICIONALES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* En caso de que el personal de Yaculab no hubiera realizado la toma de muestras, no somos responsables por la representatividad, como tampoco por la preservación de las mismas, ni por la información de fecha, hora y lugar de la toma, ya que ésta es proporcionada por el cliente sin participación nuestra.</li> <li>* Los resultados de este informe corresponden únicamente a la muestra enviada para evaluación.</li> <li>* Ensayos realizados por el técnico de laboratorio Luis Carlos Cabral</li> </ul>					
 <b>YACULAB S.R.L.</b> <b>Ing. Felipe Rojo A.</b> <b>SUP. DE LABORATORIO</b>					
Barrio Urbari Calle Aguiarenda # 36 A - Telf. 3258026 - Santa Cruz (BOLIVIA) www.yaculab.com.bo					

## ANEXOS No. 25 Informe de Resultado muestra 2

YACULAB LABORATORIOS Y SERVICIOS		INFORME DE RESULTADOS			
Código de Documento: GS-P03-F02		Versión: 01		VIGENCIA: 2018/01/18	
		Fecha: 18/04/2022		HOJA: 1 de 1	
Nº PROTOCOLO:		19797			
CLIENTE:		Miguel O. Montero			
SOLICITANTE:		Miguel O. Montero			
DIRECCION:		Localidad Apolo - La Paz			
ENSAYO SOLICITADO:		Agua de Quebrada			
FECHA DE MUESTREO:		06-dic-22			
PROCEDENCIA / PUNTO DE MUESTREO:		Agua de Quebrada Localidad Apolo			
MUESTRA EXTRAIDA POR:		Miguel O. Montero			
TIPO DE MUESTRA:		Agua de descarga Liquidas DS 2400 Tabla 7.1.1			
TEMP. Y HUM. REL. AMBIENTAL LAB.		22,0 °C - 54%			
Nº	PARAMETRO	UNID	METODO UTILIZADO	LIMITES MAX SEGÚN ds DS 2400 Tabla 7.1.1	VALOR OBTENIDO
1	PH	UPH	POTENCIOMÉTRICO	-	7,80
2	TPH	mg/l	EXTRACCION/INFRAROJO	1,0	39,00
<p><b>OBSERVACIONES:</b> La muestra de agua fue evaluada según criterios establecidos por DS 2400 Tabla 7.1.1 Límites máximos permisibles para descargas líquidas en cuerpos de agua para el sector hidrocarburos.</p>					
<p><b>NOTAS ADICIONALES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* En caso de que el personal de Yaculab no hubiera realizado la toma de muestras, no somos responsables por la representatividad, como tampoco por la preservación de las mismas, ni por la información de fecha, hora y lugar de la toma, ya que ésta es proporcionada por el cliente sin participación nuestra.</li> <li>* Los resultados de este informe corresponden únicamente a la muestra enviada para evaluación.</li> <li>* Ensayos realizados por el técnico de laboratorio Luis Carlos Cabral</li> </ul>					
 <b>YACULAB S.R.L.</b> <b>Ing. Felipe Rojo A.</b> <b>SUP. DE LABORATORIO</b>					
Barrio Urbari Calle Aguirrenda # 36 A - Telf. 3258026 - Santa Cruz (BOLIVIA) <a href="http://www.yaculab.com.bo">www.yaculab.com.bo</a>					