



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“REMEDIACIÓN DEL SUELO CONTAMINADO POR HIDROCARBUROS  
MEDIANTE TRATAMIENTO QUÍMICO-BIOLÓGICO EN LA EMPRESA  
OXIGREEN S.A.”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros  
en Medio Ambiente

**Autores**

Bravo De La Cruz Henry Nelson

Guamani Pumasunta Cristian Medardo

**Tutor:**

Ing. Andrade Valencia José Antonio Mg.

**Latacunga - Ecuador**

Noviembre – 2016



Faint text line, possibly a title or header.

Faint text line, possibly a subtitle or introductory sentence.

Faint text line, possibly a date or reference.

Faint text line, possibly a section header.

Faint text block, possibly a paragraph or list of items.

Faint text line, possibly a signature or footer.

Faint text line, possibly a small heading.

Faint text line, possibly a small heading.

Faint text line, possibly a small heading.

Faint text line, possibly a small heading.

Faint text line, possibly a small heading.

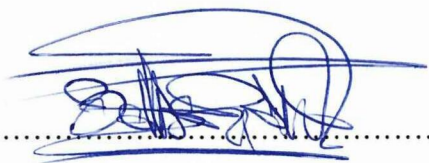
Faint text line, possibly a small heading.

Faint text line, possibly a small heading.

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Bravo de la Cruz Henry Nelson y Guamani Pumasunta Cristian Medardo, declaramos ser **AUTORES** del presente proyecto de investigación: **“REMEDIACIÓN DEL SUELO CONTAMINADO POR HIDROCARBUROS MEDIANTE TRATAMIENTO QUÍMICO-BIOLÓGICO EN LA EMPRESA OXIGREEN S.A.”**, el Ing. Mg. José Antonio Andrade Valencia, tutor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Bravo de la Cruz Henry Nelson  
C.I.: 050351545-4



Guamani Pumasunta Cristian Medardo  
C.I.: 050362171-6

Handwritten text, possibly bleed-through from the reverse side of the page. The text is extremely faint and illegible.

Handwritten text, possibly bleed-through from the reverse side of the page. The text is extremely faint and illegible.

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparece por una parte a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **BRAVO DE LA CRUZ HENRY NELSON**, identificado con C.C. N° **050351545-4**, de estado civil **SOLTERO** y con domicilio en la Av. Unidad Nacional y Calle Rubén Terán “Sector Niagara” del cantón Latacunga, y el Sr. **GUAMANI PUMASUNTA CRISTIAN MEDARDO**, identificado con C.C. N° **050362171-6**, de estado civil **SOLTERO** y con domicilio en la Av. Salcedo –Tena - Mulliquindil “Santa Ana” perteneciente al cantón Salcedo a quien en lo sucesivo se les denominará **LOS CEDENTES**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA/EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado de titulación de Proyecto de Investigación la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Unidad Académica según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. - (OCTUBRE 2010 – FEBRERO 2011 hasta ABRIL – AGOSTO 2016).

Aprobación HCA. - (07 de diciembre del 2016).

Tutor. - Ing. José Antonio Andrade Valencia.

Tema: **REMEDIACIÓN DEL SUELO CONTAMINADO POR HIDROCARBUROS MEDIANTE TRATAMIENTO QUÍMICO-BIOLÓGICO EN LA EMPRESA OXIGREEN S.A.**

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.



**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA/EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

b) La publicación del trabajo de grado.

c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.-** El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.-** El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.-** Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.-** **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.



**CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.-** El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.-** En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.-** Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 24 días del mes de Noviembre del 2016.



Bravo de la Cruz Henry Nelson  
C.I.: 050351545-4  
**CEDENTE**



Guamani Pumasunta Cristian Medardo  
C.I.: 050362171-6  
**CEDENTE**

.....  
Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez  
**EL CESIONARIO**



## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

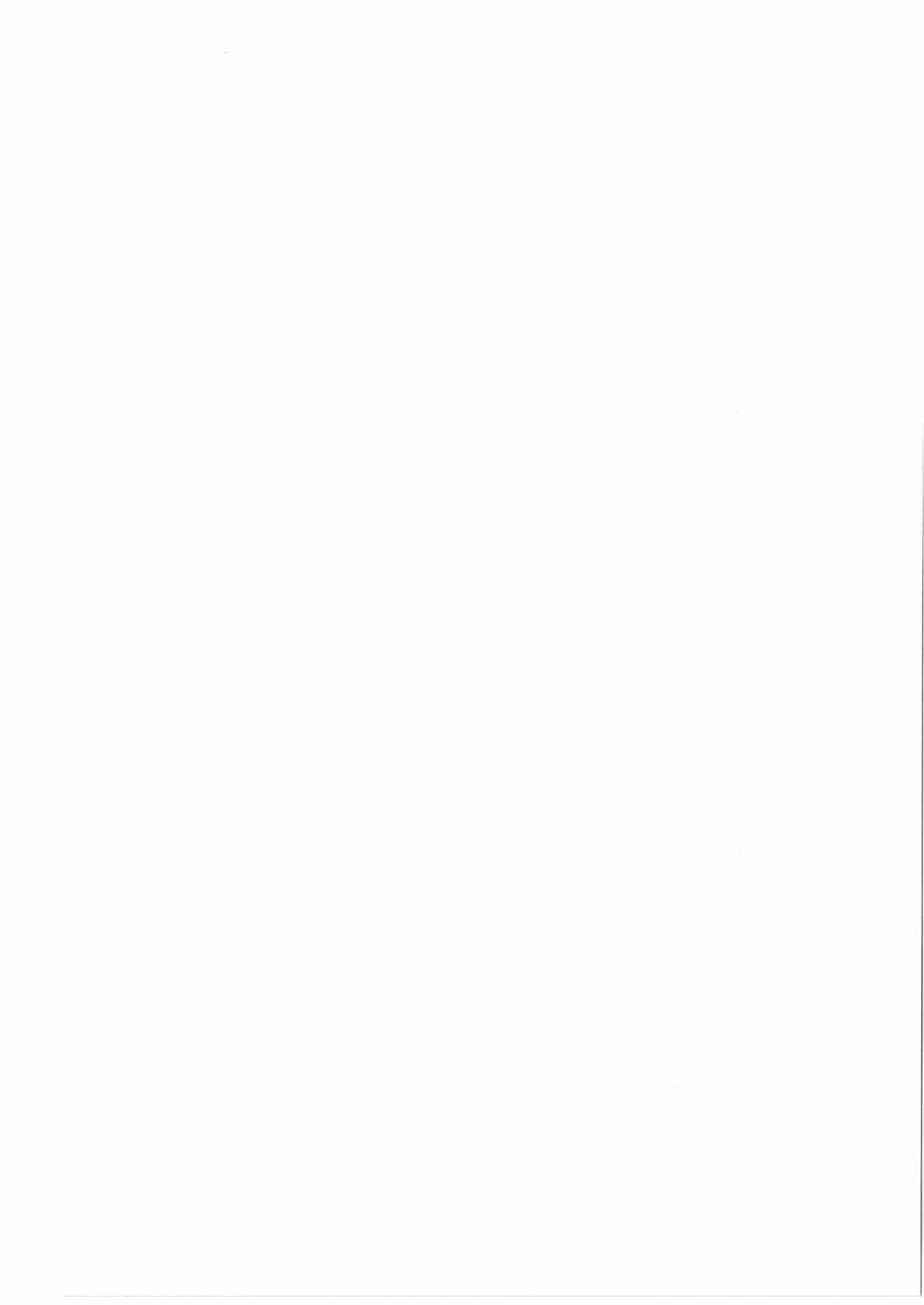
**“REMEDIACIÓN DEL SUELO CONTAMINADO POR HIDROCARBUROS MEDIANTE TRATAMIENTO QUÍMICO – BIOLÓGICO EN LA EMPRESA OXIGREEN S.A.”**, de Bravo De La Cruz Henry Nelson y Guamani Pumasunta Cristian Medardo de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Noviembre, 2016

EL Tutor



Ing. Andrade valencia José Antonio Mg.  
C.I. 0502524481



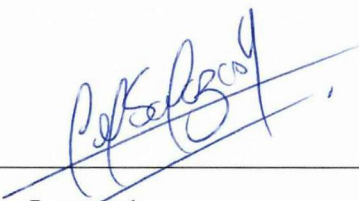
## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y la Facultad Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, a los Postulantes: Bravo De La Cruz Henry Nelson y Guamani Pumasunta Cristian Medardo con el título de Proyecto de Investigación: **“REMEDIACIÓN DEL SUELO CONTAMINADO POR HIDROCARBUROS MEDIANTE TRATAMIENTO QUÍMICO-BIOLÓGICO EN LA EMPRESA OXIGREEN S.A”**. Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

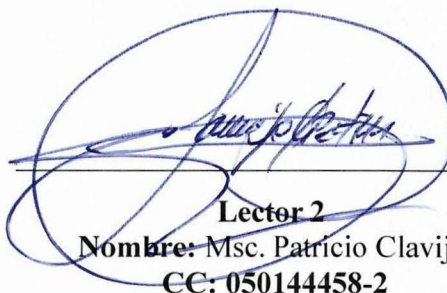
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 01 de Noviembre del 2016

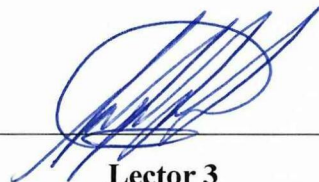
Para constancia firman:



**Lector 1**  
**Nombre:** Ing. Nelson Salazar  
**CC:** 171931190-2



**Lector 2**  
**Nombre:** Msc. Patricio Clavijo  
**CC:** 050144458-2



**Lector 3**  
**Nombre:** Ing. Alexandra Tapia Mg.  
**CC:** 050266175-4

Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is mostly illegible due to fading and bleed-through.

Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is mostly illegible due to fading and bleed-through.

33

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por que sin él no hubiera sido posible terminar la tesis y la sabiduría para culminar con esta etapa de mi vida. A mis padres por haber confiado en mí y el sacrificio que me han brindado durante toda mi vida. A la empresa OXIGREEN y Al Ing. Francisco Vaca por la oportunidad de desarrollar mi proyecto de tesis, por sus recomendaciones, colaboración y su cooperación.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas de su alma mater y dejarme inculcar en sus aulas, enriqueciéndome de saberes y sabiduría a través de sus maestros formadores de personas de espíritu y pioneros con la sociedad.

A los miembros del tribunal de tesis por sus acertadas recomendaciones.

**Guamani Cristian.**



## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico sobre todo a mis padres Miguel Ángel y María del Carmen que, con su paciencia, amor, y bondad me formaron como una persona de bien e hicieron posible que culmine con mi carrera profesional.

A mi abuelita María que siempre me acompaña en mis pasos de la vida de formación con sus bendiciones.

Con todo mi corazón a mis hermanos Diego, Galo, Saúl, Tania, Anderson que siempre me apoyaron incondicionalmente, forjadores de mi vida.

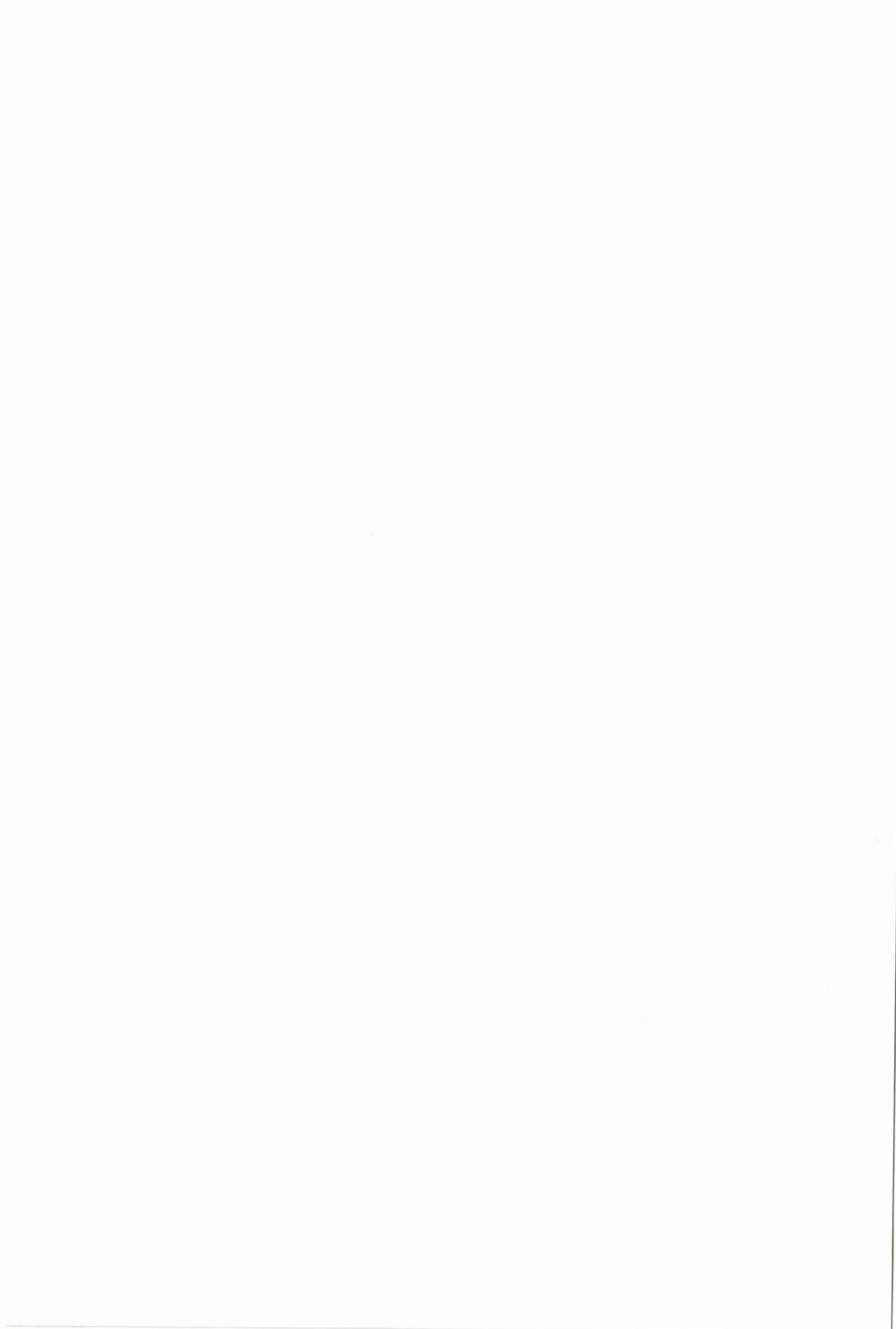
**Guamani Cristian.**



## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres que me dieron el regalo de la vida, a mis hermanos por su apoyo incondicional en todo momento con sabios consejos a lo largo de este tiempo, aquellos que me permitieron seguir adelante y no caer ante situaciones dolorosas de la vida.

**Henry N. Bravo DIC.**



## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado para ti Johannita la mujer más maravillosa de este mundo y sobre todo a mi familia, que de una u otra manera siempre estuvieron apoyándome y motivándome a alcanzar la meta que me establecí a lo largo de estos años de sacrificio y dedicación. Ya que a base de sus ejemplos de vida y palabras de aliento, me di cuenta lo mucho que vale esforzarse por conseguir un sueño y la inmensa satisfacción que se tiene al alcanzarlo.

**Henry N. Bravo DIC.**



# UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TITULO: “Remediación de suelo contaminados por hidrocarburos mediante tratamiento químico – biológico en la empresa Oxigreen S.A”**

**Autores:** Bravo Henry  
Guamani Cristian

## RESUMEN

El trabajo de investigación propuesto es la remediación del suelo contaminado por hidrocarburos mediante tratamiento químico–biológico en la empresa Oxigreen S.A. Para ello se realizó un diagnóstico inicial de la capa superficial terrestre que determinó los contaminantes presentes en la misma, se tomó una serie de sub-muestras de forma aleatoria, con una profundidad no mayor a 30 cm, y fueron mezcladas y homogenizadas obteniendo una muestra compuesta representativa que sirvió para el análisis de laboratorio. Para efectuar el tratamiento químico se utilizaron los siguientes compuestos: **oxigreen** (químico patentado por la empresa); **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** (peróxido de hidrógeno) produciendo ambos una oxidación química. El primer tratamiento biológico se **bioestimuló** el suelo contaminado, con materia orgánica, lo cual incremento la población de bacterias autóctonas, y en el segundo tratamiento se realizó una **bioaumentación**, utilizando el **EM1**, las cuales ayudaron a la biodegradación de los hidrocarburos. Consecuentemente se elaboró ensayos de los dos tratamientos propuestos en cada una de las celdas aplicando el método Landfargming, con dos factores en estudio, dos repeticiones y a dos concentraciones, con una dosis de 0.5 lt/celda, dos veces a la semana. Para determinar los niveles de mejora de los tratamientos, las muestras obtenidas durante los tratamientos químicos y biológicos, fueron analizadas cada 10 semanas en el laboratorio de la Universidad Central del Ecuador, consecuentemente la recopilación de dichos resultados fueron analizados con herramientas estadística (Excel), que permitió determinar costos, niveles y tiempos de una remediación, teniendo como referencia el decreto ejecutivo 1215 del RAOH para suelo de uso agrícola. Al analizar los resultados correspondientes mediante la aplicación de estadística descriptiva, se concluye que ambos tratamientos, tanto químicos como biológicos son eficientes. La concentración al 60% resulto más eficaz que la concentración al 25%, Con la diferencia que los tratamientos biológicos requieren mayor tiempo, a comparación a los tratamientos químicos que necesitan menos tiempo pero conlleva mayores costos de operación.

**Palabras Clave:** Hidrocarburos, Suelos, Peróxido de hidrogeno, EM1, Oxigreen.

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. No specific content can be transcribed.]

# UNIVERSITY TECHNICAL OF COTOPAXI

AGRICULTURAL AND NATURAL RESOURCES FACULTY

**TITLE:** Remediation of contaminated soil by oil through organic-chemical treatment in the company Oxigreen S.A. "

**Authors:** Bravo Henry  
Guamani Cristian

## ABSTRACT

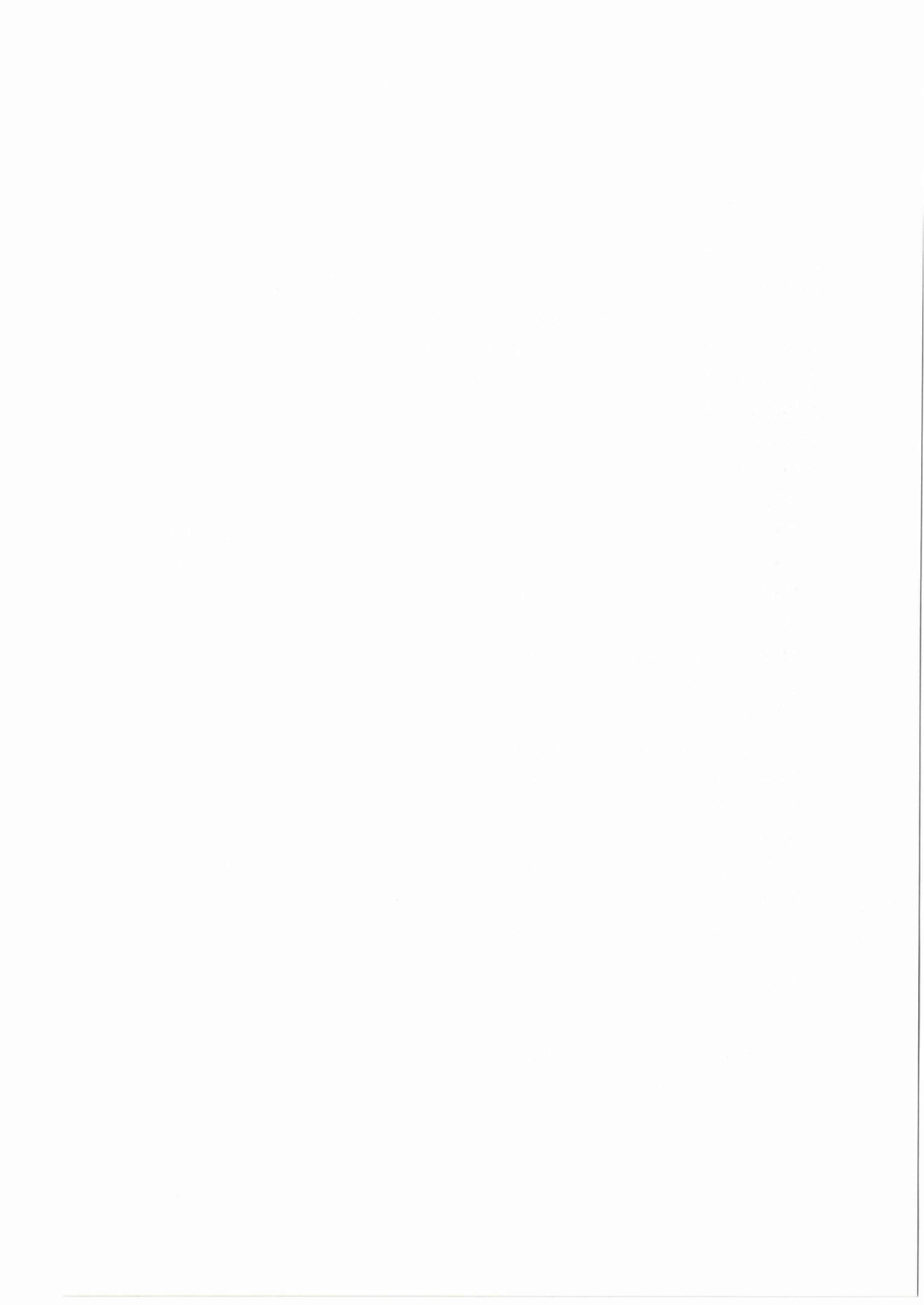
The proposed research is the remediation of soil contaminated by hydrocarbons by chemical treatment - biological in the company Oxigreen S.A. an initial diagnosis of the earth's surface layer determined contaminants in it was made, for it took a series of casual samples , without exceeding 30 cm, and were mixed and homogenized to obtain a sample composite representative. For chemical treatment, the following compounds were used: oxigreen (chemical patented by the company); H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (hydrogen peroxide) producing both chemical oxidation. The first biological treatment contaminated soil bio-stimulus with organic matter, which increase the population of indigenous bacteria, and the second treatment bio-augmentation was performed using the EM1 (effective bacteria 1) they helped the bio-degradation of hydrocarbons in contaminated soil. Consequently trials of the two treatments proposed in each of the cells by applying the Landfargming method, which consisted of making Ex-situ tests, two factors under study, two repetitions and two concentrations with a dose of 0.5 lt / cell was developed twice a week, while to determine levels of improved treatments samples obtained during chemical and biological treatments were analyzed every 10 weeks in the laboratory of the Central University of Ecuador, consequently the collection of these results were analyzed with statistical tools (Excel), which identified costs, levels and remediation times, with reference to executive Order 1215 of RAOH for soil for agricultural use. When analyzing the corresponding results using the descriptive statistics method, it is concluded that both treatments, both chemical and biological are efficient. 60% concentration was more effective than the concentration to 25%, with the difference that biological treatments require more time, compared to chemical treatments that take less time but involves operating costs.

**Keywords:** Oil, Soil, hydrogen peroxide, EM1, Oxigreen

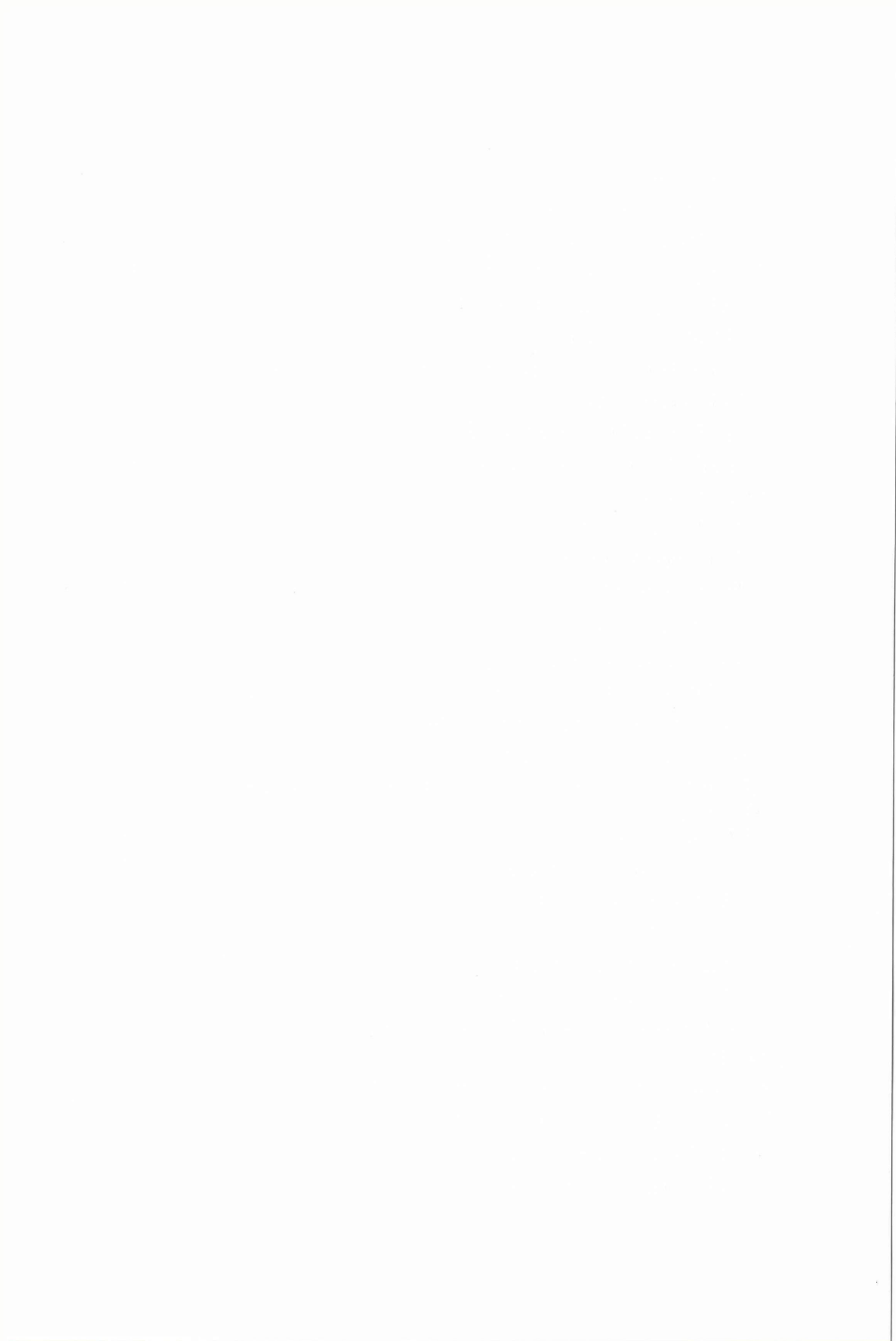


## ÍNDICE

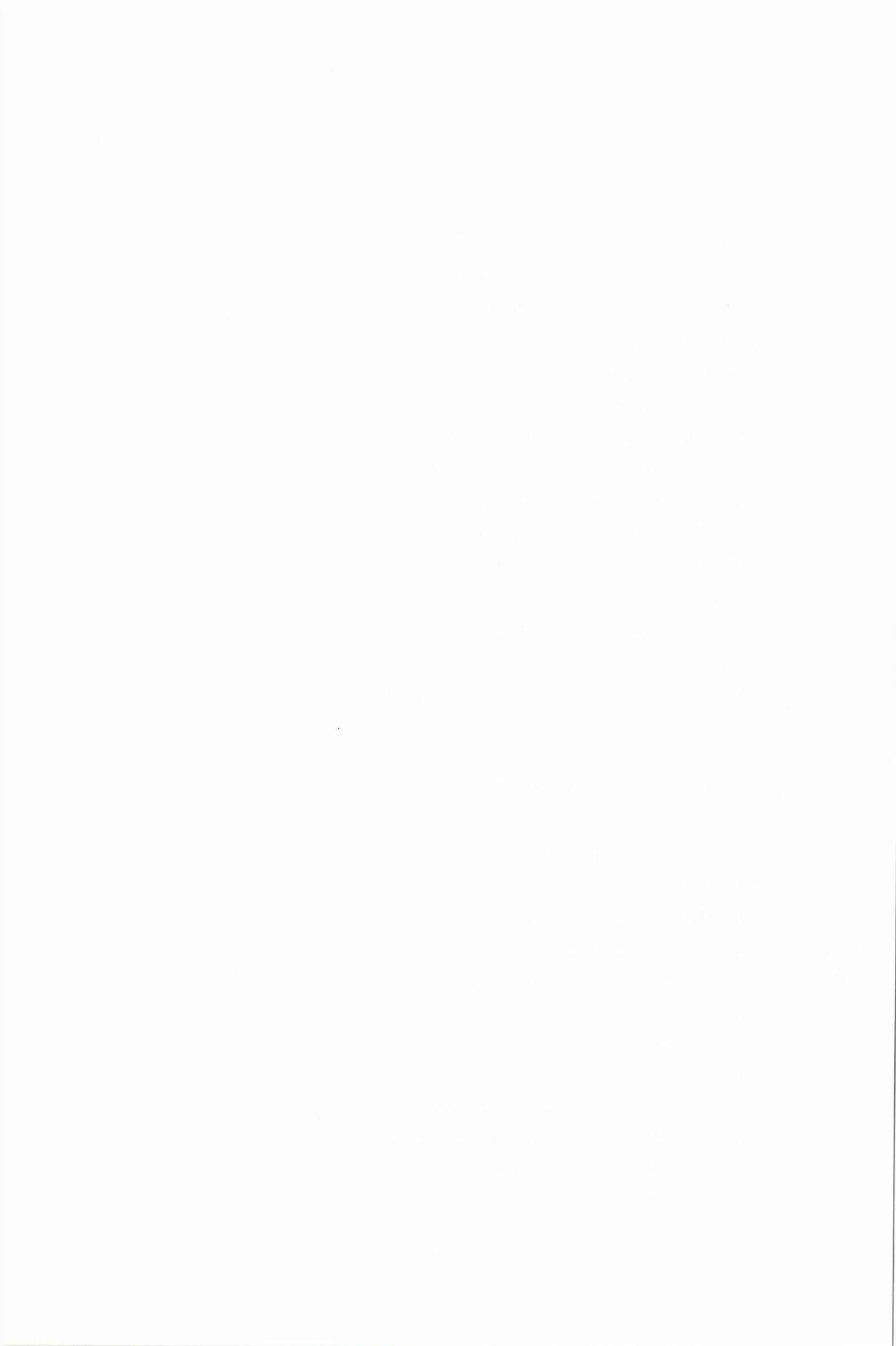
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
DEDICATORIA.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRAC.....	xiii
ÍNDICE .....	xiv
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
3.1 Beneficiarios directos.....	3
3.2 Beneficiarios indirectos.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
5. OBJETIVOS.....	5
5.1. General.....	5
5.2. Específicos.....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	9
7.1 Suelo.....	9
7.1.1 Suelos contaminados.....	9
7.1.2 Suelos contaminados por hidrocarburos.....	10
7.2 Principales fuentes de contaminación.....	10
7.2.1 Lodos de perforación de tipo inversa y recortes.....	10
7.2.2 Tiraderos de desechos aceitosos semisólidos.....	11
7.2.3 Sitios contaminados por descargas petroquímicas y refinerías.....	11



<b>7.3 Hidrocarburos.....</b>	<b>11</b>
<b>7.3.1 Hidrocarburos totales.....</b>	<b>12</b>
<b>7.3.2 Hidrocarburos aromáticos policíclicos.....</b>	<b>13</b>
<b>7.4 Composición del crudo de petróleo.....</b>	<b>13</b>
<b>7.4.1 Tipos de crudo según la gravedad API.....</b>	<b>14</b>
<b>7.5 Remediación de suelos.....</b>	<b>14</b>
<b>7.5.1 Tecnologías de remediación Ex-situ.....</b>	<b>14</b>
<b>7.5.1.1 Landfarming.....</b>	<b>15</b>
<b>7.5.1.1.1 Procedimiento Landfarming.....</b>	<b>15</b>
<b>7.5.1.1.2 Ventajas de Landfarming.....</b>	<b>16</b>
<b>7.6 Tratamientos biológicos.....</b>	<b>16</b>
<b>7.6.1 Biorremediación.....</b>	<b>17</b>
<b>7.6.1.1 Bioestimulación.....</b>	<b>17</b>
<b>7.6.1.2 Bioaumentación.....</b>	<b>17</b>
<b>7.6.1.3 Biodegradación.....</b>	<b>18</b>
<b>7.6.1.3.1 Biodegradación aerobia.....</b>	<b>19</b>
<b>7.6.2 Degradación por bacterias.....</b>	<b>19</b>
<b>7.6.2.1 Acción microbiana en el petróleo.....</b>	<b>22</b>
<b>7.7 Microbiología de suelos y residuos sólidos.....</b>	<b>23</b>
<b>7.8 Efecto de los factores ambientales sobre la biodegradación de hidrocarburos.....</b>	<b>23</b>
<b>7.9 Tratamiento químico.....</b>	<b>24</b>
<b>7.9.1 Oxido-reducción química.....</b>	<b>24</b>
<b>7.9.2 Degradación química.....</b>	<b>24</b>
<b>7.9.2.1 Oxigreen.....</b>	<b>25</b>
<b>7.9.2.2 Peróxido de hidrógeno.....</b>	<b>26</b>
<b>7.9.3 Acción de la Remediación Química.....</b>	<b>27</b>
<b>7.9.4 Ventajas y desventajas del tratamiento químico.....</b>	<b>27</b>
<b>8. HIPÓTESIS.....</b>	<b>28</b>
<b>9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>29</b>
<b>9.1 Descripción del área de trabajo.....</b>	<b>29</b>
<b>9.1.1. Localización geográfica.....</b>	<b>29</b>
<b>9.1.2 Localización del tratamiento.....</b>	<b>29</b>



9.1.3 Datos físicos.....	31
9.1.3.1 Topografía.....	31
9.1.4 Determinación de condiciones climáticas.....	32
9.1.5 Caracterización del tipo del suelo.....	36
9.1.6 Métodos analíticos o ensayos de laboratorio.....	37
9.2 Parte experimental.....	39
9.2.1 Materiales experimentales.....	39
9.2.2 Metodología.....	41
9.2.2.1 Preparación del terreno.....	41
9.2.2.2 Construcción de las Celdas de tratamiento.....	41
9.2.2.3 Transporte del suelo contaminado.....	42
9.2.2.4 Aplicación y distribución del ensayo.....	42
9.2.2.5 Preparación de los tratamientos.....	44
9.2.2.6 Pruebas analíticas.....	45
9.2.2.7 Recolección de lixiviados.....	49
9.3 Análisis del suelo tratado.....	49
9.3.1 Recolección del material en tratamiento (celdas).....	49
9.3.2 Etiquetado.....	50
9.4 Análisis estadístico.....	51
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	52
10.1 Caracterización del suelo contaminado con Hidrocarburos.....	52
10.2 Resultados de Biorremediación.....	54
10.3 Remediación de hidrocarburos totales.....	55
10.3.1 Remediación biológica.....	55
10.3.1.1 Remediación con EMI (BIOAUMENTACIÓN).....	56
10.3.1.2 Remediación con bacterias Autóctonas (BIOESTIMULACIÓN)...	57
10.3.2 Remediación Química.....	59
10.3.2.1 Remediación con oxigreen.....	60
10.3.2.2 Remediación con peróxido de hidrogeno.....	61
10.4 Rendimientos del proceso de remediación.....	62
10.4.1 Rendimiento de los tratamientos biológicos.....	62
10.4.2 Rendimiento de los tratamientos químicos.....	62
10.4.3 Rendimientos (químicos vs biológicos).....	63



<b>10.5 Aplicación estadística</b> .....	64
<b>10.5.1 Tratamiento Biológico</b> .....	64
<b>10.5.2 Tratamiento Químico</b> .....	66
<b>11. IMPACTOS (SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)</b> .....	68
<b>12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO</b> .....	70
<b>13. CONCLUSIONES</b> .....	71
<b>14. RECOMENDACIONES</b> .....	72
<b>15. BIBLIOGRAFIA</b> .....	73
<b>16. ANEXOS</b> .....	79

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Temperaturas en Lago Agrio.....	32
<b>Gráfico 2:</b> Precipitaciones en Lago Agrio.....	33
<b>Gráfico 3:</b> Evapotranspiración en Lago Agrio.....	33
<b>Gráfico 4:</b> Nubosidad en Lago Agrio.....	34
<b>Gráfico 5:</b> Índices de remediación tratamientos biológicos.....	55
<b>Gráfico 6:</b> Índices de remediación EM1.....	56
<b>Gráfico 7:</b> Índices de remediación bacterias Autóctonas.....	57
<b>Gráfico 8:</b> Variación de la temperatura del suelo.....	58
<b>Gráfico 9:</b> Variación del pH del suelo.....	58
<b>Gráfico 10:</b> Índices de remediación tratamientos químicos.....	59
<b>Gráfico 1:</b> Índices de remediación utilizando oxigreen.....	60
<b>Gráfico 2:</b> Índices de remediación utilizando peróxido de hidrógeno.....	61
<b>Gráfico 13:</b> Porcentajes de los rendimientos de bioaumentación y bioestimulación....	62
<b>Gráfico 14:</b> Porcentajes de los rendimientos del oxigreen y H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	62
<b>Gráfico 15:</b> Rendimiento tratamientos químicos y biológicos:.....	63
<b>Gráfico 16:</b> Perdida del contaminante por tratamientos químicos.....	65
<b>Gráfico 17:</b> Perdida del contaminante por tratamientos biológicos.....	67



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Total trabajadores de la empresa .....	3
<b>Tabla 2:</b> Total de población en áreas aledañas.....	3
<b>Tabla 3:</b> Total de población en el Cantón Lago Agrio.....	3
<b>Tabla 4:</b> Límites permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria hidrocarburífera, incluidas las estaciones de servicios.....	12
<b>Tabla 5:</b> Composición del crudo.....	13
<b>Tabla 6:</b> Tipos de crudo (API).....	14
<b>Tabla 7:</b> Distribución de microorganismos en diferentes profundidades de un perfil de suelo .....	20
<b>Tabla 8:</b> Propiedades físico-químicas del bacgreen.....	21
<b>Tabla 9:</b> Composición / información de los ingredientes (bacgreen).....	22
<b>Tabla 10:</b> Características del oxigreen.....	25
<b>Tabla 11:</b> Ventajas y desventajas del tratamiento químico.....	27
<b>Tabla 12:</b> Coordenadas área contaminada.....	30
<b>Tabla 13:</b> Cálculo de Koopen de medias anuales y mensuales de los datos climáticos	35
<b>Tabla 14:</b> porcentajes del volumen y medida alcanzada según el tipo de material del suelo.....	36
<b>Tabla 15:</b> Profundidad del muestreo según el uso del suelo.....	38
<b>Tabla 16:</b> Determinación de parámetros y su metodología aplicada.....	39
<b>Tabla 17:</b> Ubicación del ensayo .....	42
<b>Tabla 18:</b> Arreglo intencional de las unidades experimentales e incorporación en campo.....	43
<b>Tabla 19:</b> Recipientes, temperatura de preservación y tiempo de conservación de muestras ambientales para los análisis correspondientes.....	50
<b>Tabla 20:</b> Resultados de laboratorio.....	52
<b>Tabla 21:</b> Valores de TPH según el tratamiento.....	54
<b>Tabla 22:</b> Índice de variación tratamientos biológicos.....	64
<b>Tabla 23:</b> Estadísticos descriptivos tratamientos biológicos.....	65
<b>Tabla 24:</b> Índice de variación tratamientos químicos.....	66
<b>Tabla 25:</b> Estadísticos descriptivos tratamientos biológicos.....	67



## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1:</b> Degradación del petróleo por microorganismos.....	18
<b>Imagen 2:</b> Acción microbiana en el petróleo.....	22
<b>Imagen 3:</b> Mapa de Sucumbíos.....	29
<b>Imagen 4:</b> Triangulo de textura.....	37
<b>Imagen 5:</b> Cuadrícula de muestreo.....	38
<b>Imagen 6:</b> Diseño de celdas tratamiento.....	41
<b>Imagen 7:</b> Agitador eléctrico.....	46
<b>Imagen 8:</b> Pesado de la muestra.....	47
<b>Imagen 9:</b> Secado de la muestra.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Zonificación del área contaminada.....	30
<b>Figura 2:</b> Topografía de la parroquia.....	31



## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del Proyecto:**

Remediación del suelo contaminado por hidrocarburos mediante tratamiento químico-biológico en la empresa OXIGREEN SA.

**Fecha de inicio:** 12 de octubre del 2015.

**Fecha de finalización:** 27 de agosto del 2016.

**Lugar de ejecución:** Provincia de Sucumbíos, Cantón lago agrio, parroquia El Eno, terrenos de la empresa.

**Unidad Académica que auspicia:** Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

**Carrera que auspicia:** Ingeniería de Medio Ambiente.

**Proyecto de investigación vinculado:**

**Equipo de Trabajo:**

**Coordinadores del Proyecto:**

- Henry Nelson Bravo De La Cruz
- Cristian Medardo Guamani Pumasunta

**Tutor de Titulación:**

- Ing. José Antonio Andrade Valencia Mg.

**Delegado de la empresa:**

- Ing. Francisco Vaca

**Área de Conocimiento:** Ciencias de la vida.

**Línea de investigación:** Ambiente.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:** Tecnología ambiental y estándares de calidad

[The page contains extremely faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. The text is too light to transcribe accurately.]

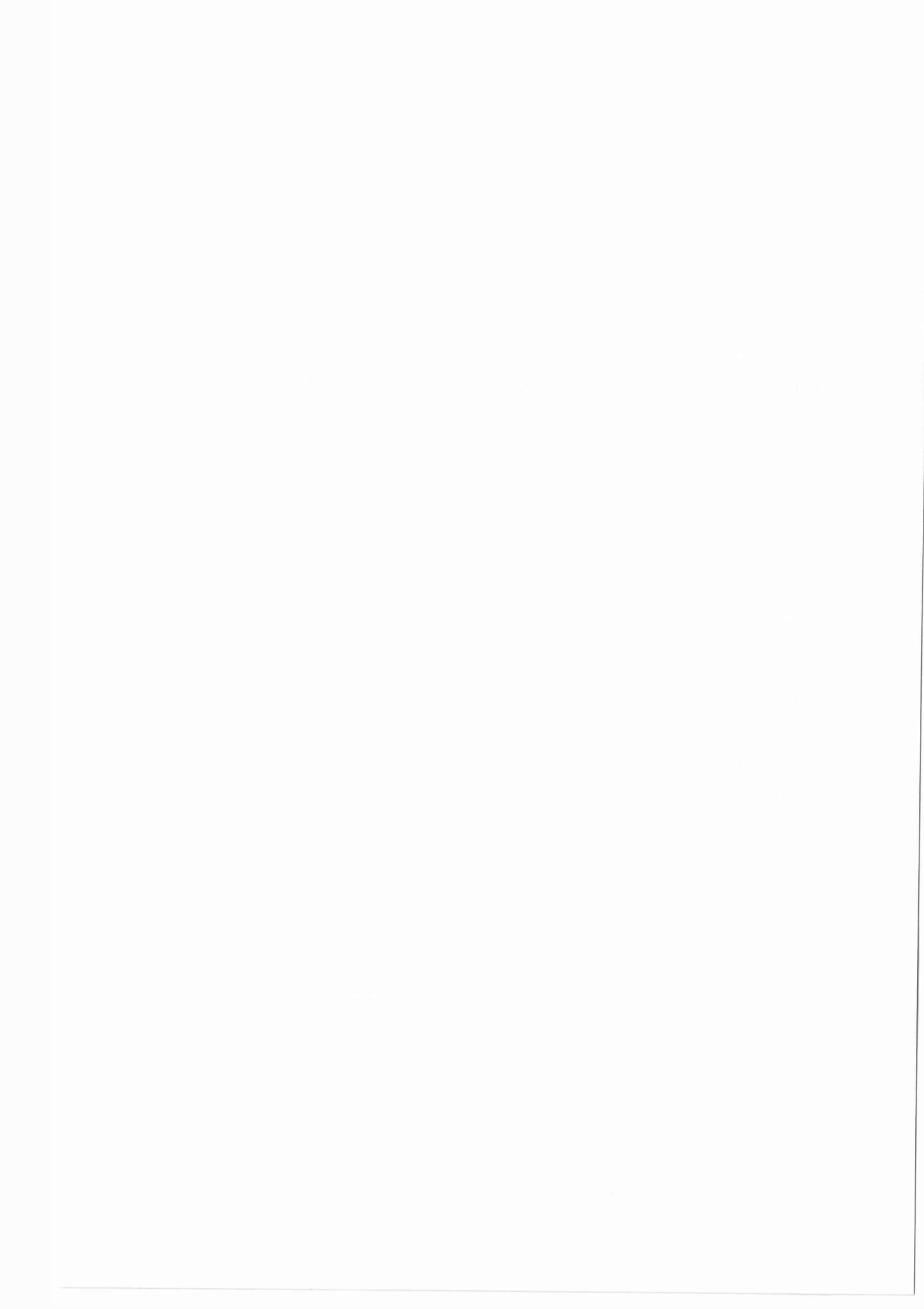
## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La investigación está encaminada en la búsqueda de alternativas amigables con el Medio Ambiente con el afán de recuperar el componente suelo, se debe considerar que los métodos más comunes de remediación pueden ser de orden físico, pero dicho método conlleva altos rubros económicos y muchas de las veces no se obtienen los resultados esperados. Mientras que la remediación por medio de métodos químicos y biológicos poseen bajos costos de operación además de no requerir equipamiento especializado para su aplicación.

La remediación por tratamientos químicos y biológicos evitará que se generen grandes pérdidas ambientales, tanto del recurso suelo por la degradación y pérdida de fertilidad; el recurso agua, especialmente las aguas subterráneas puesto que no se verán afectadas por la infiltración de lixiviados y a la atmósfera la cual recibe gases que se generan por la descomposición de los contaminantes hidrocarbúricos.

Independientemente de cada uno de los tratamientos ya mencionados, éstos traen consigo ventajas como: evitar la liberación de gases dañinos al aire, generan una cantidad mínima de lixiviados, y la generación de poco o nada de residuos peligrosos que presenten riesgos a la salud humana. Sobre todo mucha de la flora y micro fauna de la zona se verá beneficiada al restablecerse el equilibrio ecológico del lugar.

El proyecto además de recuperar la imagen paisajista de la zona contaminada mediante la remediación del suelo, trae consigo beneficios hacia las comunidades, disminuyendo los pasivos ambientales, la cual podrá garantizar un ambiente limpio y sano. En la cual los pobladores puedan vivir en perfecta armonía con el ambiente sin temores a contraer enfermedades y alteraciones en su organismo.



### 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

#### 3.1 Beneficiarios directos

**Tabla 1:** Total trabajadores de la empresa

Trabajadores Oxigreen		
SEXO	POBLACIÓN	TOTAL
HOMBRES	67	86
MUJERES	19	

Fuente: Secretaria Oxigreen S.A.

**Tabla 2:** Total de población en áreas aledañas

Pobladores ubicados a 5km a la redonda del proyecto		
SEXO	POBLACIÓN	TOTAL
HOMBRES	24	43
MUJERES	19	

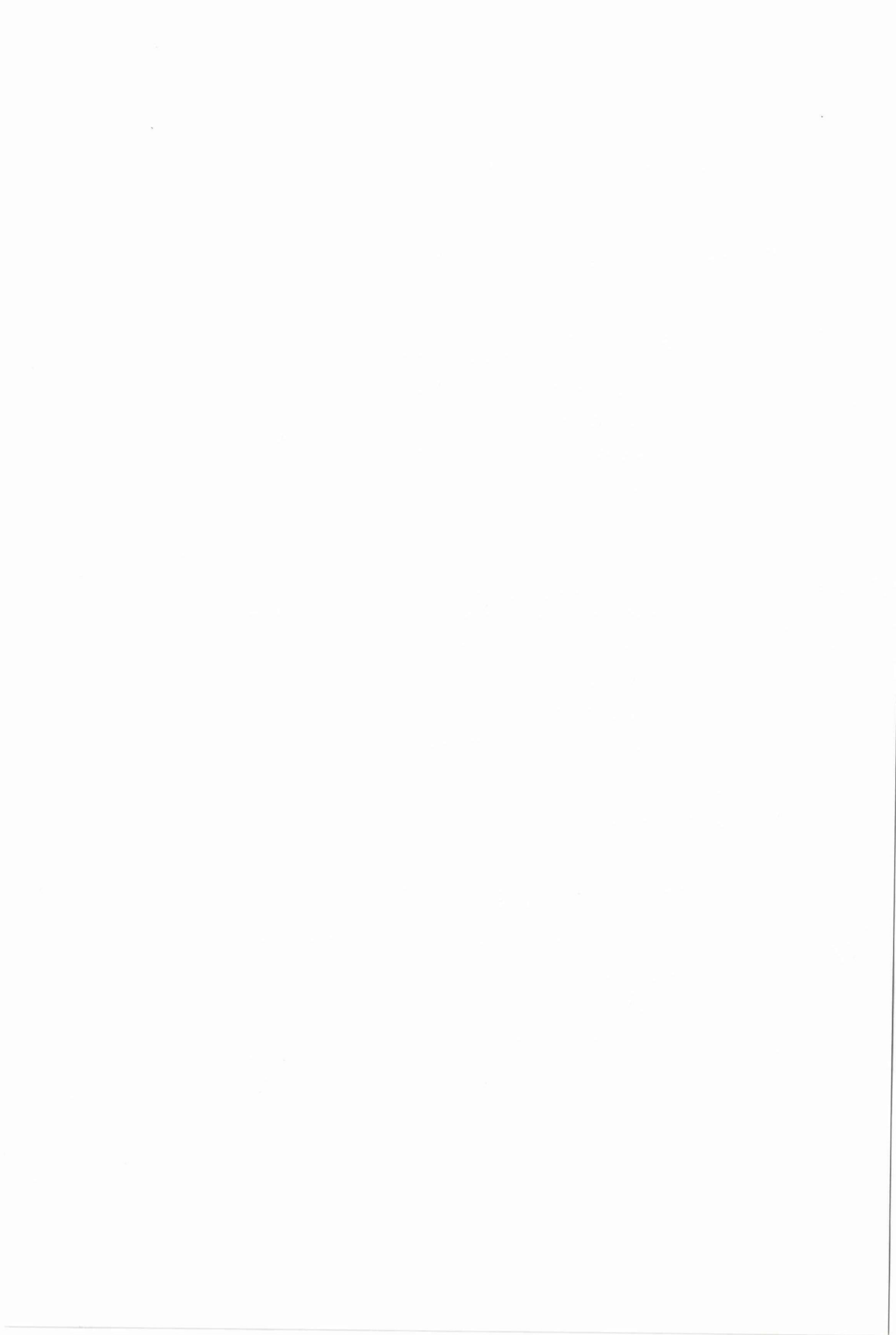
Fuente: Datos encuesta realizada por Oxigreen 2008

#### 3.2 Beneficiarios indirectos

**Tabla 3:** Total de población en el Cantón Lago Agrio

CANTÓN LAGO AGRIO		
SEXO	POBLACIÓN	TOTAL POBLACIONAL
HOMBRES	46.966	9 1744
MUJERES	44.778	

Fuente: Instituto Nacional De Estadísticas Y Censos 2010



#### 4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

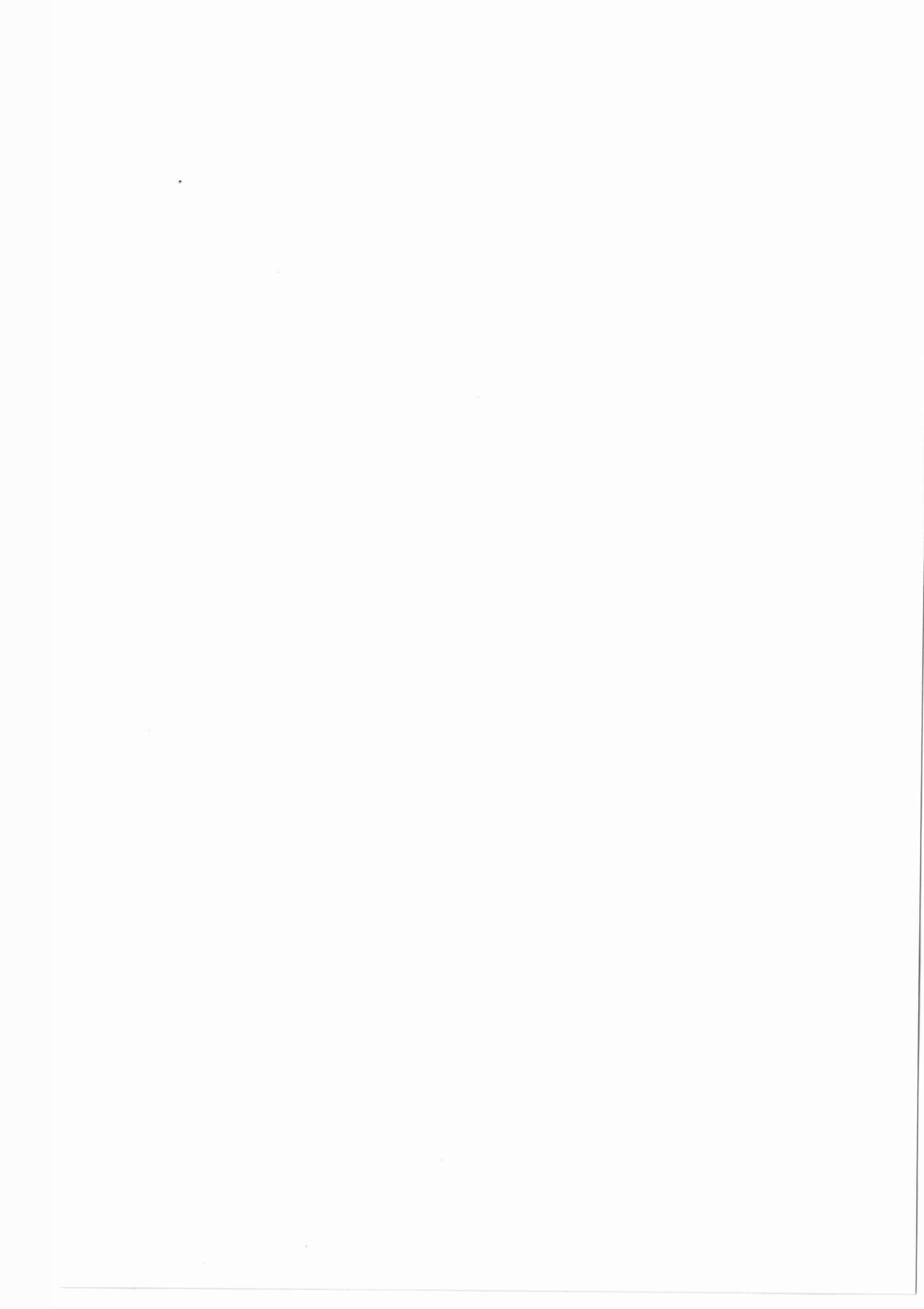
El petróleo como fuente principal de combustible utilizado en todo el mundo, conlleva una serie de procesos para su extracción los mismos que generan la liberación del producto, generando niveles mayoritarios de contaminación al agua y suelo; acarreando problemas ambientales como la erosión, degradación y pérdida de fertilidad de la capa superficial de la corteza terrestre. Mucha de la flora y fauna se ve afectada por los continuos derrames de hidrocarburos, dichos derramamientos han alterado su composición tanto biológica como fisiológica.

Como consecuencia de la contaminación por hidrocarburos Ferreira, Rojas, Poggi, Alarcón, y Cañizares (2006) señalan:

Uno de los grandes problemas que enfrentan las actividades de Petróleos es la generación de residuos peligrosos, los cuales representan el 22% de las emisiones y descargas totales de esta industria. De este porcentaje, el 86% se compone de tres tipos de residuos; 72% corresponde a lodos y recortes de perforación (residuos de perforación), 8% a lodos aceitosos provenientes de refinerías y 6% a aceites gastados de refinerías y complejos petroquímicos. Tan solo en el año 2011 en el Ecuador, se estima que se generaron 145000 toneladas de residuos peligrosos (lodos y recortes) durante el procesamiento del petróleo.

Según datos del Ministerio de Energía y Minas del Ecuador (MEM, 2007) La sociedad en general y particularmente la de la región amazónica, han tenido en el petróleo el origen de nuevas prácticas depredadoras que han ido deteriorando el tejido social y por cierto el equilibrio ecológico del nororiente del país.

Sobre las Tecnologías de remediación para suelos contaminados Velasco Trejo (2002) señaló:



Como consecuencia de varios siglos de actividad de refinación de petróleo, se han producido cantidades muy grandes, pero muy difíciles de cuantificar de residuos peligrosos. Aunado a lo anterior, la intensiva actividad de otras industrias, junto con accidentes durante el almacenamiento, transporte o transvase de sustancias (fugas, derrames, incendios) y la disposición clandestina e incontrolada de residuos, contribuyen en gran medida a la contaminación de suelos. (pp. 18-19)

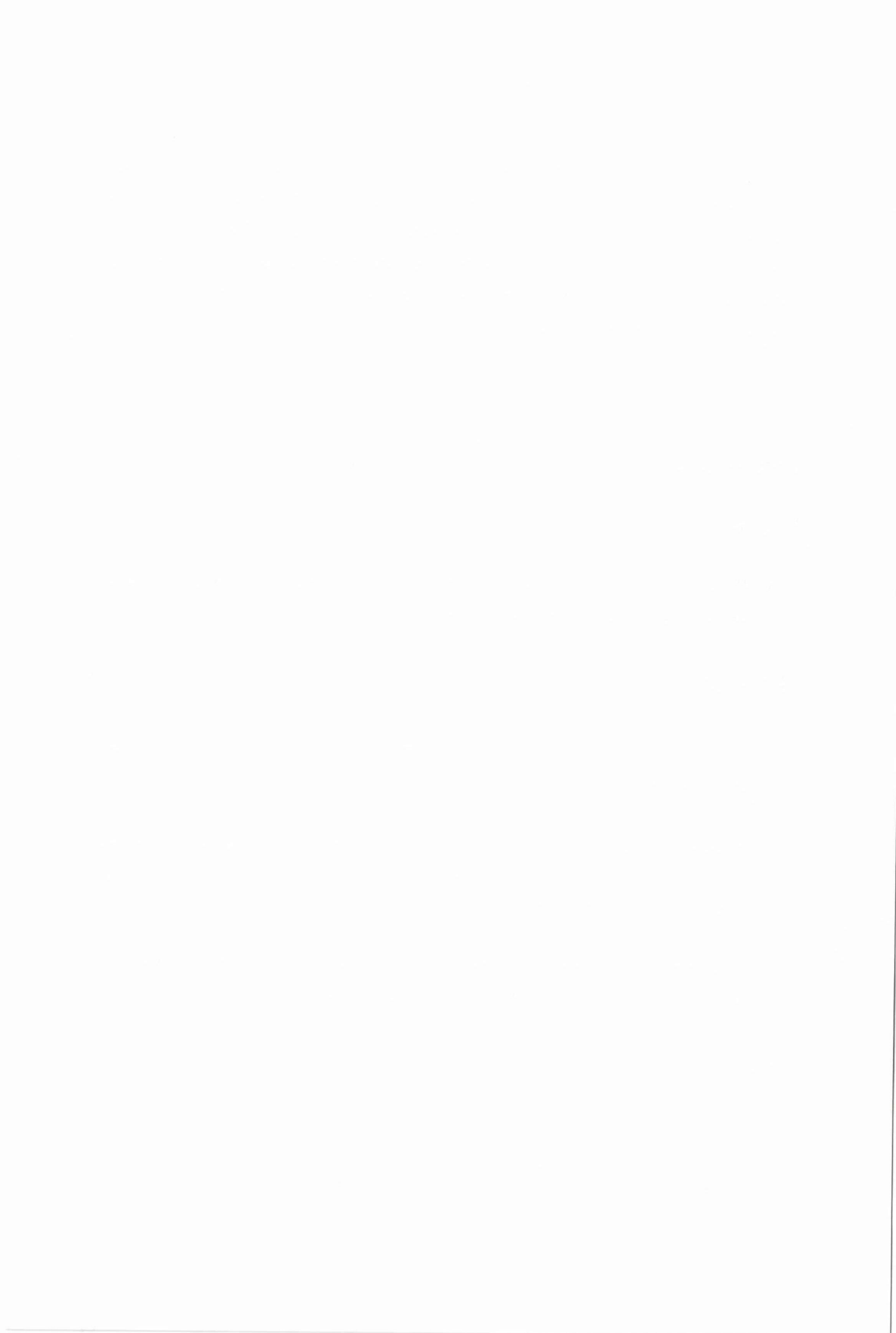
## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

- Remediar el suelo contaminado por hidrocarburos mediante tratamiento químico-biológico en la empresa OXIGREEN SA.

### **5.2. Específicos**

- Diagnosticar la calidad físico-químico del suelo contaminado por derrame de hidrocarburos medianos.
- Evaluar la utilización de dos químicos: Oxigreen y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; la utilización de bacterias autóctonas (*Flavubacterium sp* y *Pseudomona ptutzeri*) y el EM1, mediante la aplicación del método Landfarming.
- Comparar los parámetros físico-químicos de la remediación del suelo contaminados por hidrocarburos con la normativa vigente para hidrocarburos.

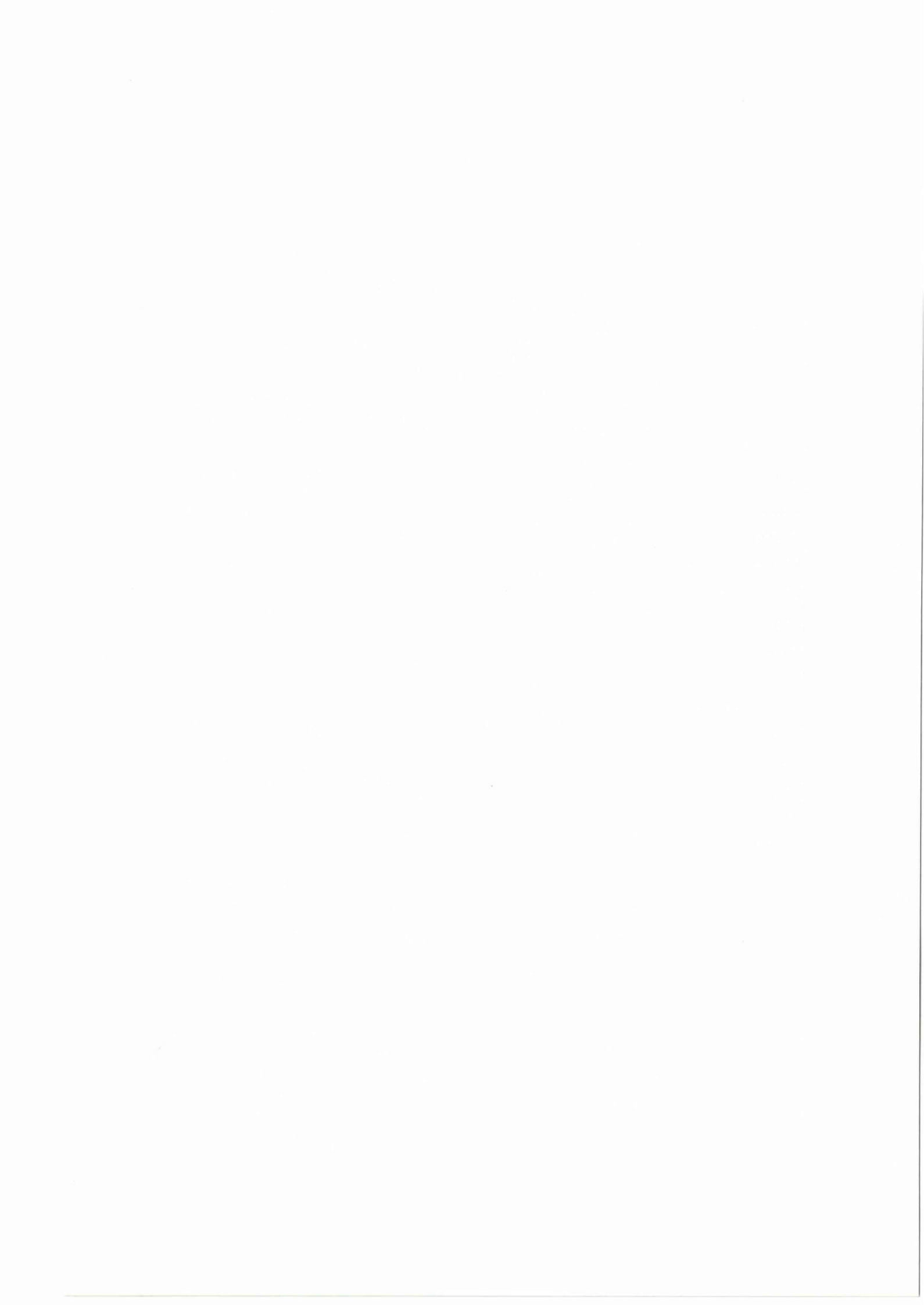


## 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

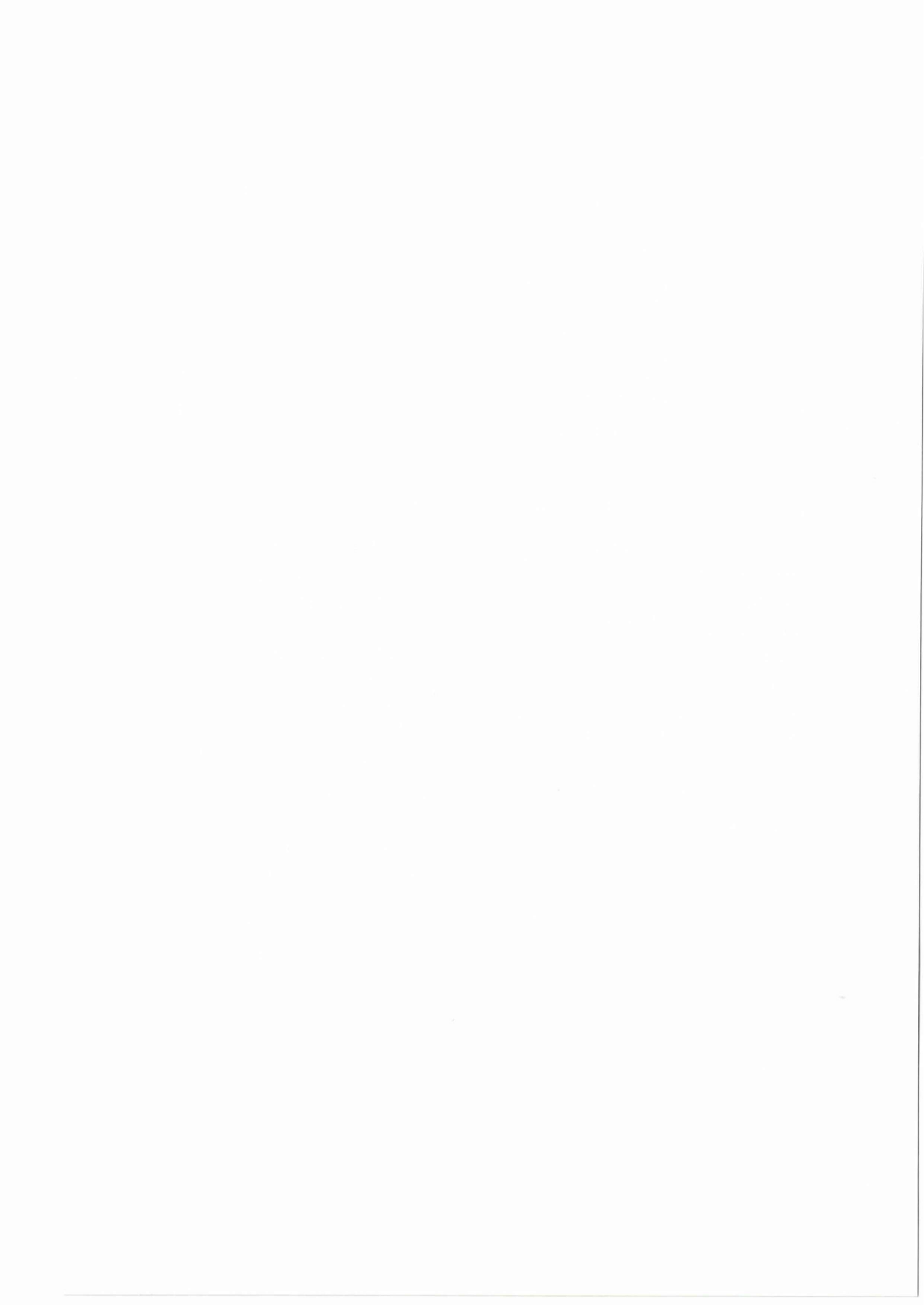
OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA POR ACTIVIDAD
<p><b>O.1.</b> Diagnosticar la calidad físico-química del suelo contaminado por derrame de hidrocarburos medianos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ubicación geográfica de la zona de contaminación.</li> <li>2. Levantamiento Topográfico.</li> <li>3. Determinación Condiciones climáticas.</li> <li>4. caracterización del tipo de suelo.</li> <li>5. Análisis de muestra de suelo en laboratorio.</li> </ol>	<p>Calidad física y química del suelo</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Método exploratorio (se determinó al área contaminada mediante recopilación bibliográfica y la utilización de herramienta ArcGIS e imágenes geo referenciales.</li> <li>2. Levantamiento del perfil topográfico mediante coordenadas.</li> <li>3. Clasificación climática de Köppen, Cálculo de evapotranspiración y análisis estadístico.</li> <li>4. (Revisión bibliográfica en base a estudios previos de la zona), análisis gravimétrico y utilización del Triángulo de textura.</li> <li>5. Métodos utilizados para medir los distintos contaminantes y parámetros del suelo: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Método PNE/DPEC/A/EPA 418. (Hidrocarburos totales)</li> <li>- Método MAL-78 / EPA 8270 D (Hidrocarburos poli-núcleo aromáticos)</li> <li>- Método APHA 2510 B (Conductividad)</li> <li>- Método PNE/DPEC/A/EPA 4095 C (pH)</li> <li>- Método PNE/DPEC/A/SM 2550 B (Temperatura)</li> <li>- Método INFRARROJO, (Humedad)</li> <li>- Método APHA 2520 B (Salinidad)</li> </ul> </li> </ol>



<p><b>O.2.-</b> Evaluar la utilización de dos químicos: Oxigreen y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; la utilización de bacterias autóctonas (<i>Flavubacterium sp</i> y <i>Pseudomonas putzeri</i>) y EM1, mediante la utilización del método landfarming.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adecuación del lugar de tratamiento.</li> <li>2. Construcción e Impermeabilización de la celda de tratamiento.</li> <li>3. Transporte del suelo contaminado hacia las unidades experimentales.</li> <li>4. Preparación de la dosis y aplicación sustancia acuosa EM1 (dos veces por semana)</li> <li>5. Preparación de la dosis y aplicación del OXIGREEN (dos veces por semana)</li> <li>6. Preparación de la dosis y aplicación del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (dos veces por semana).</li> <li>7. Bioestimulación del suelo para aumentar el número de poblaciones bacterianas (<i>Flavubacterium sp</i> y <i>pseudomonas putzeri</i>)</li> <li>8. Control del contenido de humedad a un rango comprendido entre 50%-60%</li> </ol>	<p>Obtención de resultados que indiquen niveles de eficiencia de degradación de hidrocarburos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se compactó el suelo y se levantó un sistema cerrado.</li> <li>2. Se recubrió las celdas con Geomembrana de 200 micras de espesor.</li> <li>3. El suelo se trasladó en lonas de yute perfectamente selladas y etiquetadas.</li> <li>4. La dosificación del EM1 fue de 0.5Lt/día al 25% y 60% respectivamente.</li> <li>5. La dosificación del producto químico OXIGREEN fue de 0.5Lt/día al 25% y 60% respectivamente.</li> <li>6. La dosificación del compuesto químico H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> fue de 0.5Lt/día al 25% y 60% respectivamente.</li> <li>7. Se Adicionó materia orgánica al 25% y 60% en relación al volumen de suelo tratado.</li> <li>8. Se realizó un Análisis volumétrico cada dos semanas.</li> <li>9. Se efectuó una Labranza del terreno de forma mecánica.</li> <li>10. Se Mantuvo el pH entre 6 a 8 mediante la adición de Caliza o cal agrícola.</li> <li>11. El suelo fue acondicionado con cascarilla de arroz (<i>Oryza sativa</i>))</li> <li>12. la Temperatura se la midió periódicamente in situ, la misma que permaneció dentro del rango óptimo de 37 a 50 °C.</li> <li>13. Para el proceso de recolección se impermeabilizo las celdas, conjuntamente se adaptó un sistema de tubería para la recolección de lixiviados con un ángulo de inclinación de 5 grados.</li> </ol>
--	--	--	--



	<p><b>9.</b> Aireación en los tratamientos</p> <p><b>10.</b> Verificación del pH.</p> <p><b>11.</b> acondicionamiento del suelo tratado</p> <p><b>12.</b> control de Temperatura.</p> <p><b>13.</b> Recolección de lixiviados</p>		
<p><b>O.3.-</b> Comparar los parámetros físico-químicos de la remediación del suelo contaminados por hidrocarburos con la normativa vigente para hidrocarburos.</p>	<p><b>1.</b> Muestreo de los tratamientos en estudio.</p> <p><b>2.</b> Almacenamiento y transporte de la muestra.</p> <p><b>3.</b> Análisis de muestra de suelo en laboratorio.</p> <p><b>4.</b> Comparar resultados obtenidos.</p> <p><b>5.</b> Deposición del suelo tratado en el lugar que fue extraído.</p>	<p>Índices de disminución de contaminantes.</p>	<p><b>1.</b> Se realizó un muestreo casual</p> <p><b>2.</b> Para ello se preservó la muestra en envases de vidrio debidamente etiquetados.</p> <p><b>3.</b> Métodos utilizados para medir los distintos contaminantes: - Método PNE/DPEC/A/EPA 418. (Hidrocarburos totales)</p> <p><b>4.</b> Se utilizó el Método analítico (análisis estadístico). Representación en barras, tablas y pasteles.</p> <p><b>5.</b> Medidas de seguridad para trasladar suelos contaminados.</p>



## **7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **7.1 Suelo**

Es considerado como la capa superficial de la corteza terrestre. Mientras que Ortiz, Sanz, Dorado y Villar (2007) afirma que:

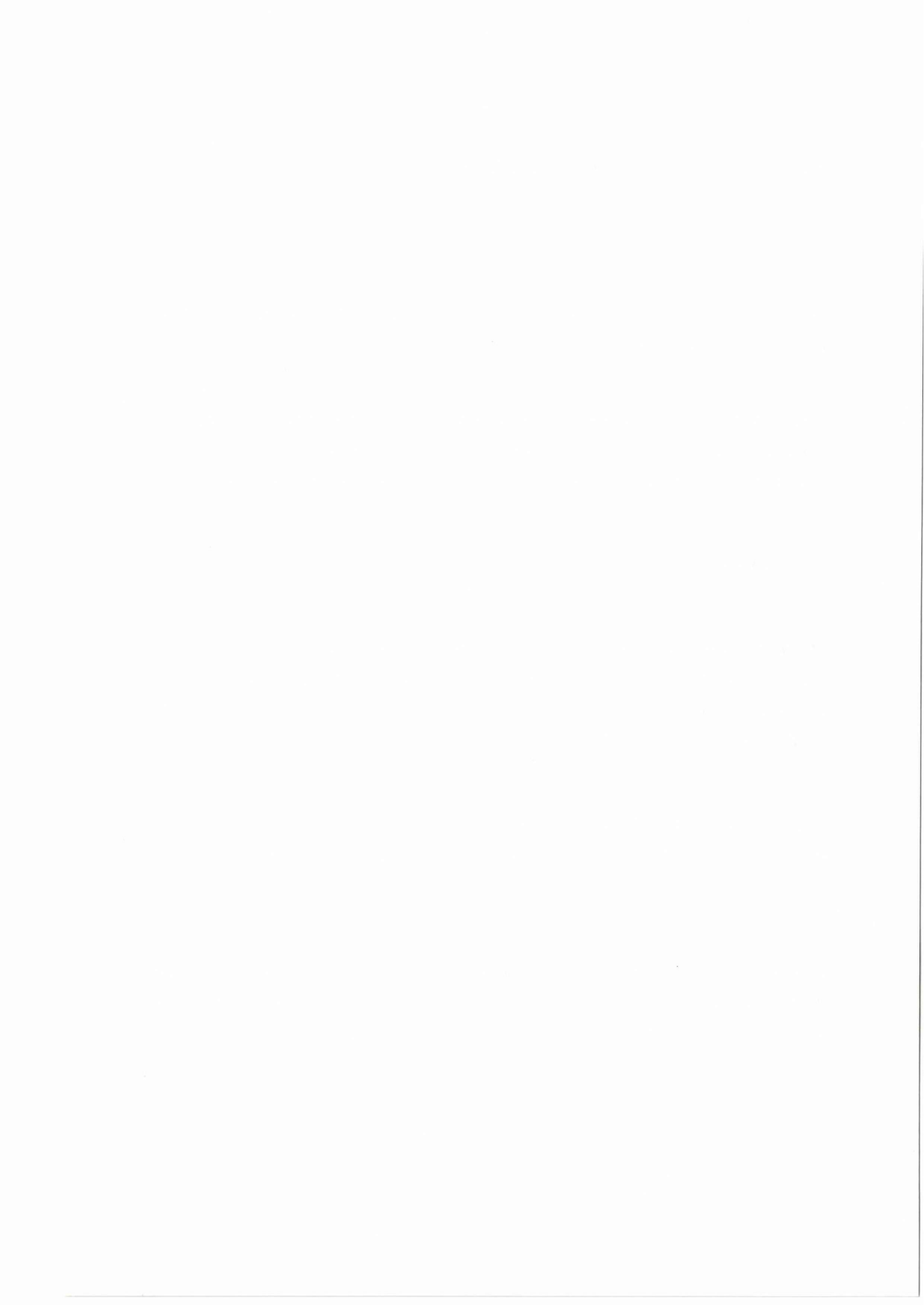
El suelo es un elemento frágil del medio ambiente, un recurso natural no renovable puesto que su velocidad de formación y regeneración es muy lenta mientras que los procesos que contribuyen a su degradación, deterioro y destrucción son mucho más rápidos. (pp. 6,7).

#### **7.1.1 Suelos contaminados**

El acuerdo ministerial 097-A de la calidad ambiental (2015), en su anexo 2, literal 3 establece que el suelo contaminado es “Todo aquel cuyas características físicas, químicas y biológicas naturales, han sido alteradas debido a actividades antropogénicas y representa un riesgo para la salud humana o el ambiente.”

“La contaminación de suelos se da principalmente por la acumulación de los metales pesados, que en pequeñas cantidades son beneficiosos y sirven como nutrientes del suelo” (Toledo, 2009, p. 5)

Generalmente los suelos del Ecuador en la región amazónica están repletos de contaminantes derivados del petróleo, los hidrocarburos alteran las características físicas del suelo erosionando grandes hectáreas de terrenos.



### **7.1.2 Suelos contaminados por hidrocarburos**

En el trabajo de tesis de grado Toledo Moran (2009) manifiesta:

Los derrames de petróleo y sus derivados han provocado a nivel mundial una contaminación de suelos de proporciones todavía incalculables, no solo por la contaminación provocada al medio ambiente sino porque los hidrocarburos están constituidos por compuestos tóxicos para los seres vivos ya que estos son cancerígenos y muta génicos. (pp.14, 15)

Benavides et. al. (2006) Afirman que “El manejo inadecuado de los materiales y residuos peligrosos ha generado a escala mundial, un problema de contaminación de suelos, aire y agua.” (p. 82).

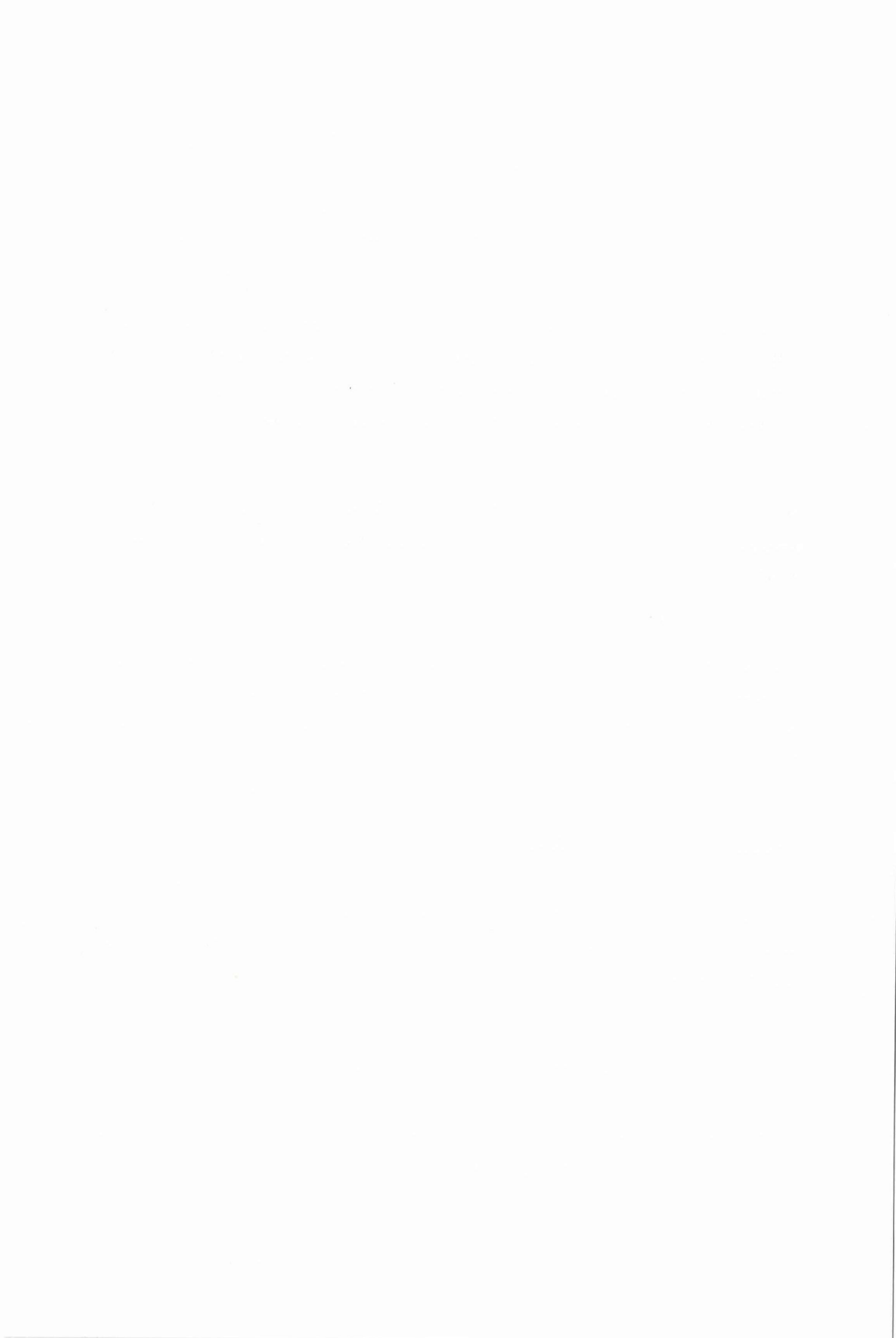
“La contaminación por hidrocarburos tiene un efecto perjudicial en el suelo cambiando sus propiedades físicas, químicas y biológicas con efectos momentáneos o duraderos dependiendo de la concentración y del tiempo de contacto del suelo con el contaminante” (Toledo, 2009, p 15).

## **7.2 Principales fuentes de contaminación**

Con respecto a las principales fuentes de contaminación, en una investigación realizada por el Instituto Americano de Petróleo (API, 1981), citado por Benavides et. al. (2006, p. 84). Se identifican las siguientes:

### **7.2.1 Lodos de perforación de tipo inversa y recortes**

Estos lodos contienen un tipo de aceite muy similar a diésel en concentraciones de aproximadamente 10% y son sumamente arcillosos.



### **7.2.2 Tiraderos de desechos aceitosos semisólidos**

Se utilizan pozos que nunca produjeron petróleo o un pozo antiguo que no produce y está tapado, puesto que nunca fueron diseñados para dicho fin y son construidos de materiales impermeables, muchas veces se termina el espacio disponible y se sigue depositando el relleno sobre la plataforma lo que resulta en escurrimientos e infiltraciones de hidrocarburos al medio ambiente cercano.

### **7.2.3 Sitios contaminados por descargas petroquímicas y refinerías**

Estos tienen sistemas antiguos de tratamiento de aguas residuales, las cuales generalmente contienen sales de los yacimientos de petróleo, lo que puede afectar los pantanos y cuerpos de agua.

## **7.3 Hidrocarburos**

“Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno. La estructura molecular consiste en un armazón de átomos de carbono a los que se unen los átomos de hidrógeno” (Ñustez, 2012, p. 4)

Vallejo, Salgado y Roldan (2005) sostienen “Los hidrocarburos se pueden diferenciar en dos tipos que son alifáticos y aromáticos. Los alifáticos, a su vez se pueden clasificar en alcanos, alquenos y alquinos según los tipos de enlace que unen entre sí los átomos de carbono”

Ñustez (2012) dice que La gran mayoría de cadenas de átomos de carbono pueden ser:

- lineales o ramificadas
- abiertas o cerradas.



“El crudo de petróleo se caracteriza por ser una matriz contaminante que contiene una elevada diversidad de compuestos, por lo que es un sustrato ideal para evaluar el potencial catabólico de cepas o consorcios microbianos de interés en biorremediación” (Marc Viñas, 2005, p. 11).

El Decreto Ejecutivo 1215, Reglamento Ambiental para la Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH, 2001). Estando vigente manifiesta los parámetros y límites permisibles aplicables a suelos contaminados con hidrocarburos.

**Tabla 4:** Límites permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria hidrocarburífera, incluidas las estaciones de servicios.

Parámetro	Expresado en	Unidad	Uso Agrícola <sup>2</sup>	Uso industrial <sup>3)</sup>	Ecosistemas Sensibles <sup>4)</sup>
Hidrocarburos totales	TPH	mg/kg	<2500	<4000	<1000
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	C	mg/kg	<2	<5	<1
Cadmio	Cd	mg/kg	<2	<10	<1
Níquel	Ni	mg/kg	<50	<100	<40
Plomo	Pb	mg/kg	<100	<500	<80

Fuente: Tabla 6 – RAOH, Decreto Ejecutivo N° 1215, Registro Oficial 265 de 13-02-2001

### 7.3.1 Hidrocarburos totales

“Hidrocarburos totales (TPH) son aquellos compuestos orgánicos volátiles (VOC), BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) que comúnmente se deben realizara análisis para la remediación de suelos contaminados por las principales fuentes de contaminación hidrocarburífera” (Ramírez Hernández, 2006).



### 7.3.2 Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Botello, Rendón, Gold y Agraz sostienen “Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) se encuentran entre los grupos de contaminantes orgánicos más ampliamente distribuidos en el ambiente. (...) Son contaminantes de gran interés ambiental debido a las propiedades mutagénicas o pirogénicas de algunos de sus compuestos” (2005, p. 300).

“Los límites permisibles a aplicarse en un proyecto determinado dependen del uso posterior a darse al suelo remediado, el cual constará en el respectivo Programa o Proyecto de Remediación aprobado por la Subsecretaría de Protección Ambiental” (RAOH, 2001).

### 7.4 Composición del crudo de petróleo

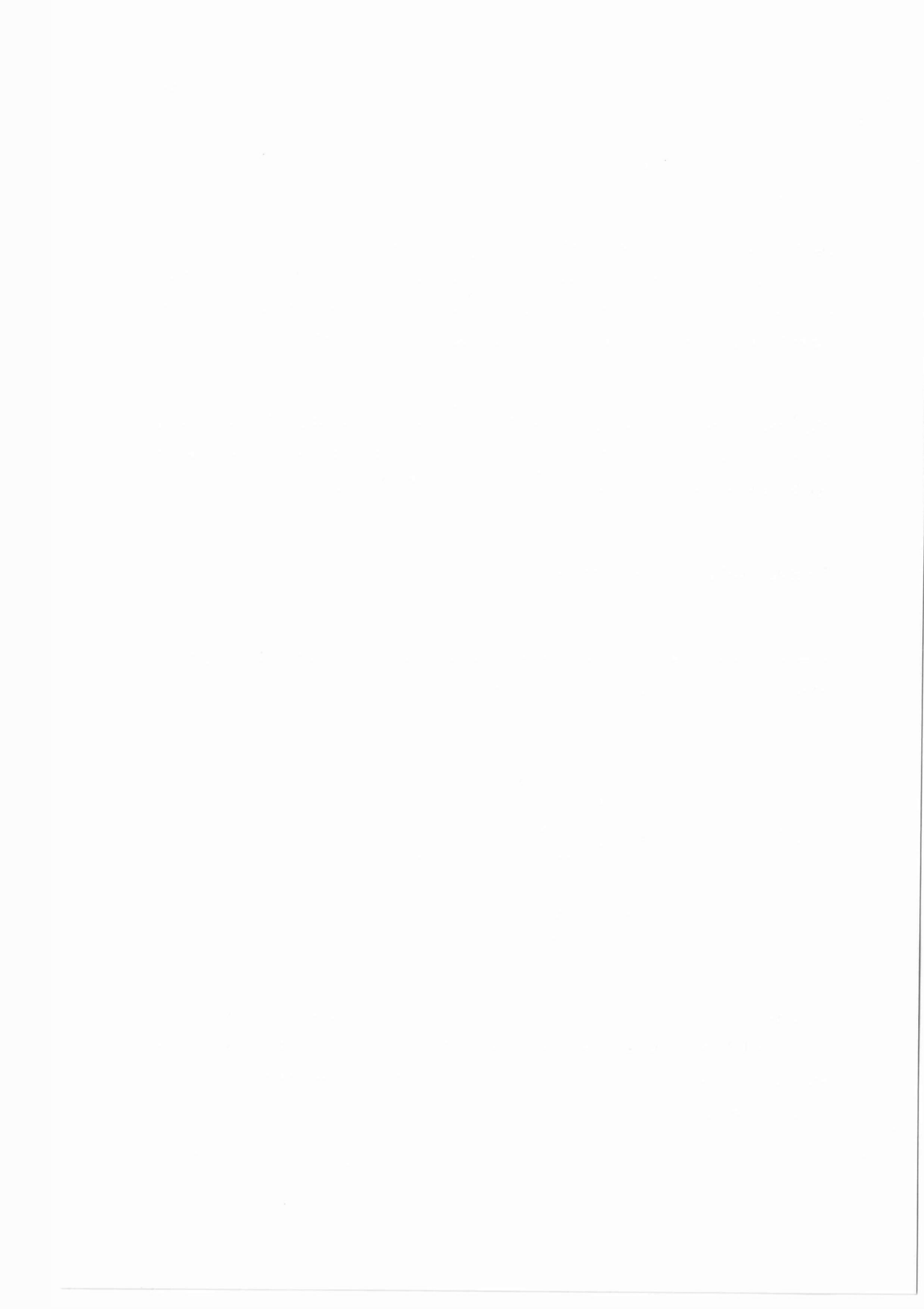
Al respecto Gary y Handwerk (2003) “En la publicación de La composición elemental del crudo de petróleo está comprendida normalmente dentro de los siguientes intervalos”

**Tabla 5:** Composición del crudo

ELEMENTOS	% EN PESO
<b>Carbón</b>	84-87
<b>Hidrógeno</b>	11-14
<b>Azufre</b>	0-2
<b>Nitrógeno</b>	0,2

Fuente: (Gary & Handwerk, 2003, p. 21)

De acuerdo con Cortes del Pino (2014), dependiendo del número de átomos de carbono y de la estructura de los hidrocarburos que integran el petróleo el crudo también puede estar compuesto por oxígeno hasta el 15%, metales como el níquel y el vanadio pudiendo sobrepasar en conjunto hasta los 1000 ppm.



### 7.4.1 Tipos de crudo según la gravedad API

La densidad puede expresarse en grados API (American Petroleum Institute), que representa la relación entre el peso específico y la fluidez de los hidrocarburos respecto al agua (Silos Rodríguez, 2008, P. 39).

**Tabla 6:** Tipos de crudo (API)

<b>Aceite</b>	<b>Densidad</b>
<b>Crudos ligeros</b>	30° o >30° API
<b>Crudos medios</b>	22°- 29.9° API
<b>Crudos pesados</b>	21.9° API
<b>Crudos extrapesados</b>	<16° API

**Fuente:** (Silos Rodríguez, 2008, P. 39)

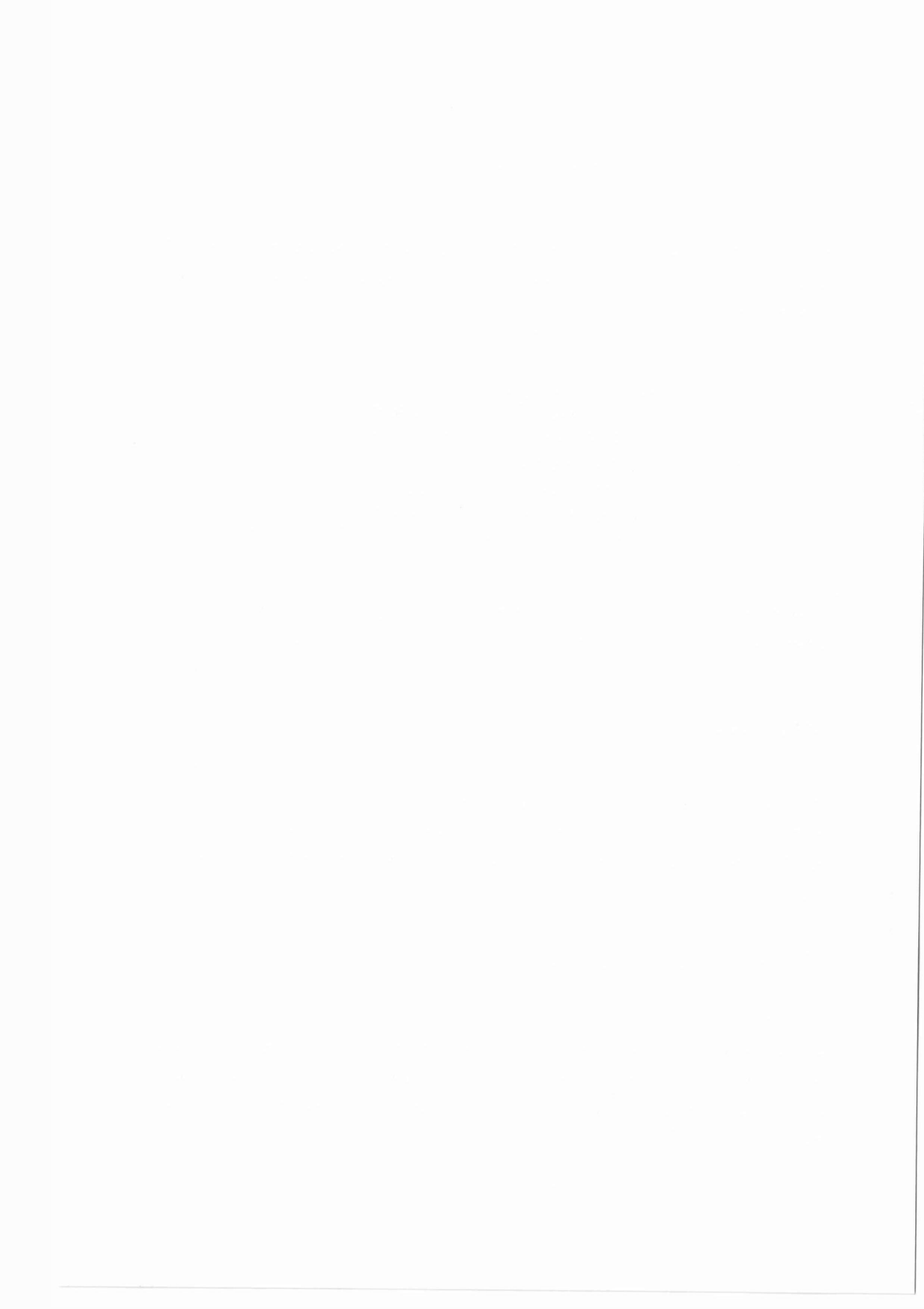
“Cuando mayor es el grado API menor será la densidad, y por lo tanto serán hidrocarburos que contiene una gran cantidad de productos volátiles” (Silos Rodríguez, 2008, P. 39).

## 7.5 Remediación de suelos

“Las técnicas de remediación de suelos implican cualquier operación que altera la característica de los desechos peligrosos o contaminantes mediante la aplicación de procesos físicos, químicos y biológicos, disminuyendo su toxicidad, volumen o movilidad” (Toledo, 2009, p. 27).

### 7.5.1 Tecnologías de remediación Ex-situ

Este tipo de remediación se la realiza de una manera poco habitual, es decir: se debe trasladar el volumen de tierra que se va a remediar hacia el laboratorio o un sitio designado para la remediación, teniendo como ventaja una mejor circulación del oxígeno (Torres & Zuluaga, 2009, p. 55).



### **7.5.1.1 Landfarming**

Tras la búsqueda de un método de degradación eficiente de los contaminantes de hidrocarburos. Ine Pérez en el 2013 señala lo siguiente:

Landfarming es una tecnología de biorremediación Ex-situ cuya aplicación usual es la reducción de la concentración de hidrocarburos y aceites en suelos contaminados aprovechando su capacidad para ser biodegradados. En este proceso los microorganismos generan materiales inocuos o subproductos estabilizados que no representan peligro.

Esta tecnología implica generalmente el arar los suelos contaminados (cuando la contaminación es superficial) o removiéndolos y depositarlos en la superficie del sitio o sus inmediaciones en una capa delgada y el estimular la actividad microbiana (...). La actividad microbiana así impulsada da lugar a la degradación por respiración aeróbica de los componentes fijados por adsorción del producto de petróleo (Anónimo, s.f, p. 12).

#### **7.5.1.1.1 Procedimiento del Landfarming**

- 1) Construcción de celdas debidamente impermeabilizadas con geomembranas.
- 2) Extracción del suelo contaminado.
- 3) Traslado del suelo contaminado.
- 4) La mezcla se distribuye en eras de secado sin exceder los 50cm de altura.
- 5) Selección de los factores a someterse al diseño experimental, estos factores pueden ser de orden químico y biológico.
- 6) Preparación de una sustancia acuosa con los insumos.
- 7) Aplicación de la dosis requerida para la degradación de los contaminantes.
- 8) Humedecimiento periódico de la mezcla, Aireación-mezclado-homogenización mecánica de los suelos en tratamiento.
- 9) El trabajo concluye al lograr los máximos permisibles de la normativa ambiental.
- 10) El suelo tratado y acondicionado será depositado en el lugar de donde fue extraído.



#### **7.5.1.1.2 Ventajas del Landfarming**

Segun datos encontrados en linea de la United States Enviromental Protection Agency (USEPA, s.f.). señalan las siguientes ventajas:

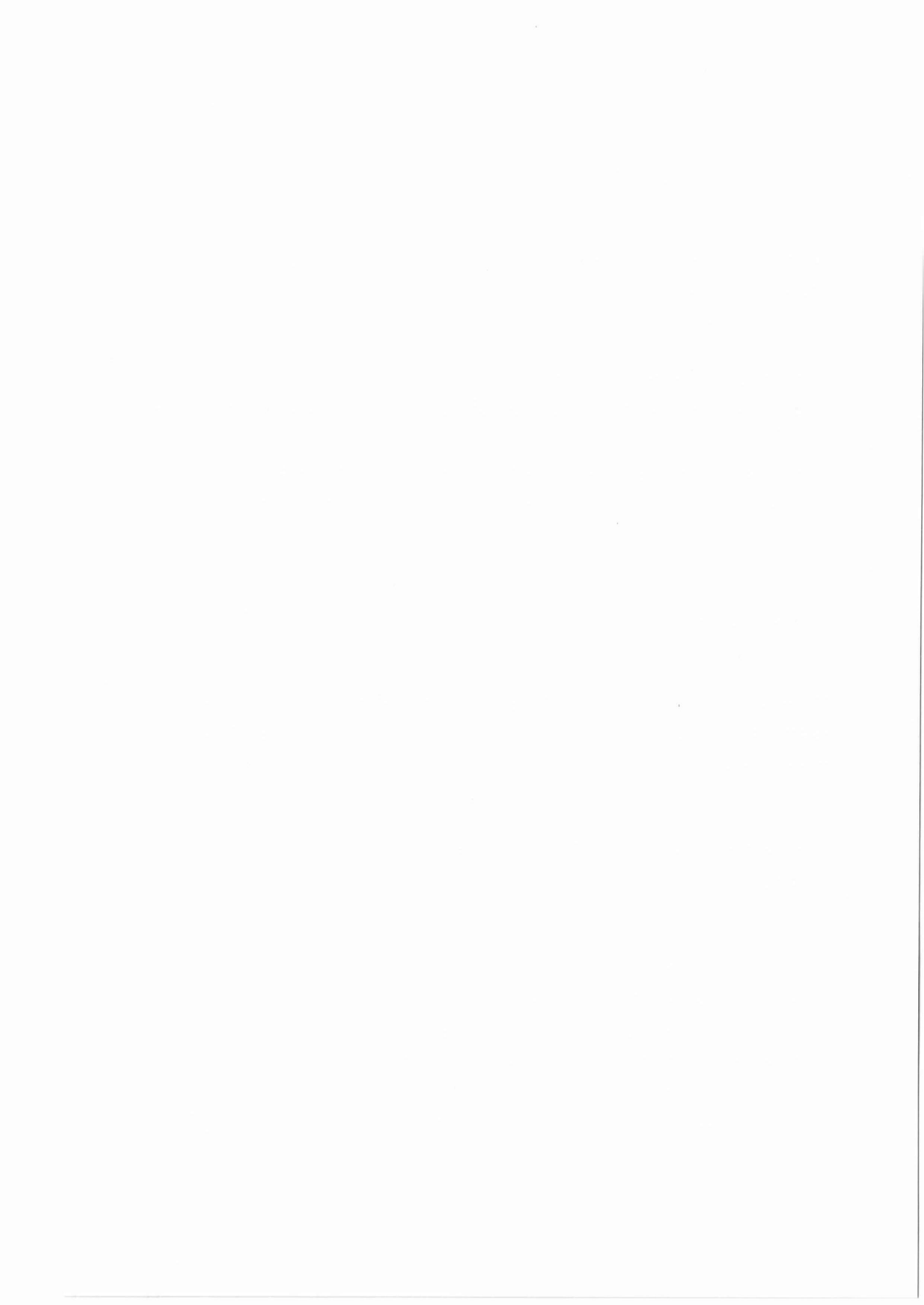
- Simple de diseñar e implementar
- Tiempos cortos de tratamiento usualmente entre 6 meses y 12 años bajo condiciones ideales
- Costos aproximados entre 300 – 600 dólares/ tonelada de suelo contaminado.
- Efectivo para la reducción de contaminantes orgánicos con tasas de biodegradación bajas.

#### **7.6 Tratamientos biológicos**

“Utilizan las actividades metabólicas de ciertos organismos (Plantas, hongos, bacterias) para degradar (destrucción), transformar o remover los contaminantes o productos metabólicos inocuos” (Sepúlveda & Velasco 2002, p. 28).

El Instituto Nacional de Ecología (INE, 2007), presenta las siguientes ventajas acerca de los tratamientos biológicos:

- Son efectivos en cuanto a costos
- Son tecnologías más benéficas para el ambiente
- Los contaminantes generalmente son destruidos
- Se requiere un mínimo o ningún tratamiento posterior
- No liberan gran cantidad de gases a la atmosfera.
- Puede efectuarse de manera aerobia o anaerobia.



### **7.6.1 Biorremediación**

Benavides et. al. (2006) “Las prácticas de Biorremediación consisten en el uso de microorganismos como plantas, hongos, bacterias naturales o modificadas genéticamente para neutralizar sustancias tóxicas, transformándolas en sustancias menos tóxicas o convirtiéndolas en inocuas para el ambiente y la salud humana”

Durante el proceso de biorremediación se utilizan una serie de técnicas que ayudan a acelerar el nivel de descontaminación en cuanto a suelos, entre las técnicas más conocidas tenemos las siguientes: biolabranza, Bioestimulación, Bioaumentación. (Torres & Zuluaga, 2009, p. 55).

#### **7.6.1.1 Bioestimulación**

Berenguer y Sanz (2004), afirman “Bioestimulación (adición de nutrientes que favorezcan el desarrollo de los microorganismos autóctonos)” (p. 61).

Respecto al tema de remediación en suelos contaminados por hidrocarburos Van Deuren et al. (1997), citado por Sepúlveda y Velasco (2002) sostiene que:

La bioestimulación implica la circulación de soluciones acuosas (que contengan nutrientes y/u oxígeno) a través del suelo contaminado, para estimular la actividad de los microorganismos autóctonos, y mejorar así la biodegradación de contaminantes orgánicos (...), la inmovilización de contaminantes inorgánicos in situ.

#### **7.6.1.2 Bioaumentación**

Carvajal, Gallo, Peñuela y Rodríguez sostienen “Es aquella que se realiza con la adición de externa de microorganismos receptores” (2012).



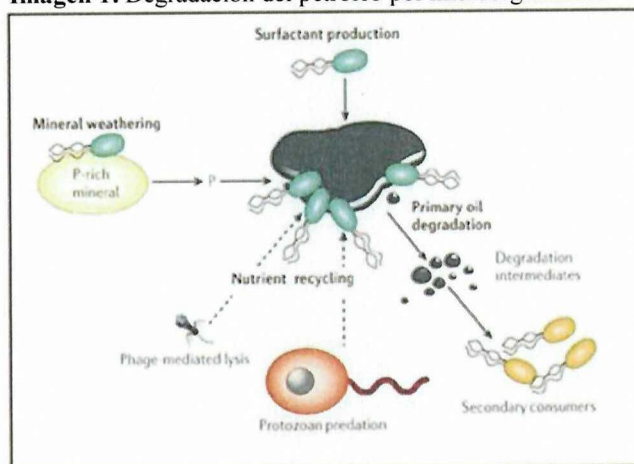
En el trabajo de tesis de grado Toledo Moran (2009) mantiene que:

Esta técnica se aplica cuando el microorganismo de la micro flora son insuficientes para degrada los contaminantes y cuando se requiere el tratamiento inmediato del sitio contaminado, consiste en la edición de una alta concentración de microorganismos nativos o externos modificados genéticamente vivos capaces de degradar los contaminantes. (p. 58)

### 7.6.1.3 Biodegradación

“La actividad degradativa de poblaciones naturales de microorganismos es uno de los principales mecanismos por el cual se elimina el petróleo y otros hidrocarburos contaminantes al ambiente” Arboleda y Bravo (2008, p. 41).

**Imagen 1:** Degradación del petróleo por microorganismos



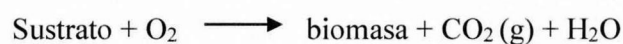
Fuente: Nature Publishing Group (NPG, 2006)

“Los microorganismos individualmente pueden metabolizar un limitado rango de hidrocarburos, se asocian en poblaciones mixtas para adquirir una amplia y completa capacidad enzimática suficiente para degradar complejas mezclas de hidrocarburos como el petróleo crudo en el suelo” (Cando Rodríguez, 2011).



### 7.6.1.3.1 Biodegradación aerobia

Arboleda y Bravo sostienen “La biodegradación aerobia es la reacción más fácil para la aceptación de electrón terminal y esta usada para la biodegradación de los hidrocarburos del petróleo. Este proceso de degradación ocurre en presencia de microbios aerobios” (2008, p. 47).



“Los últimos productos de la mineralización de compuestos orgánicos son: dióxido de carbono, agua y masa de la célula” (Arboleda & Bravo, 2008).

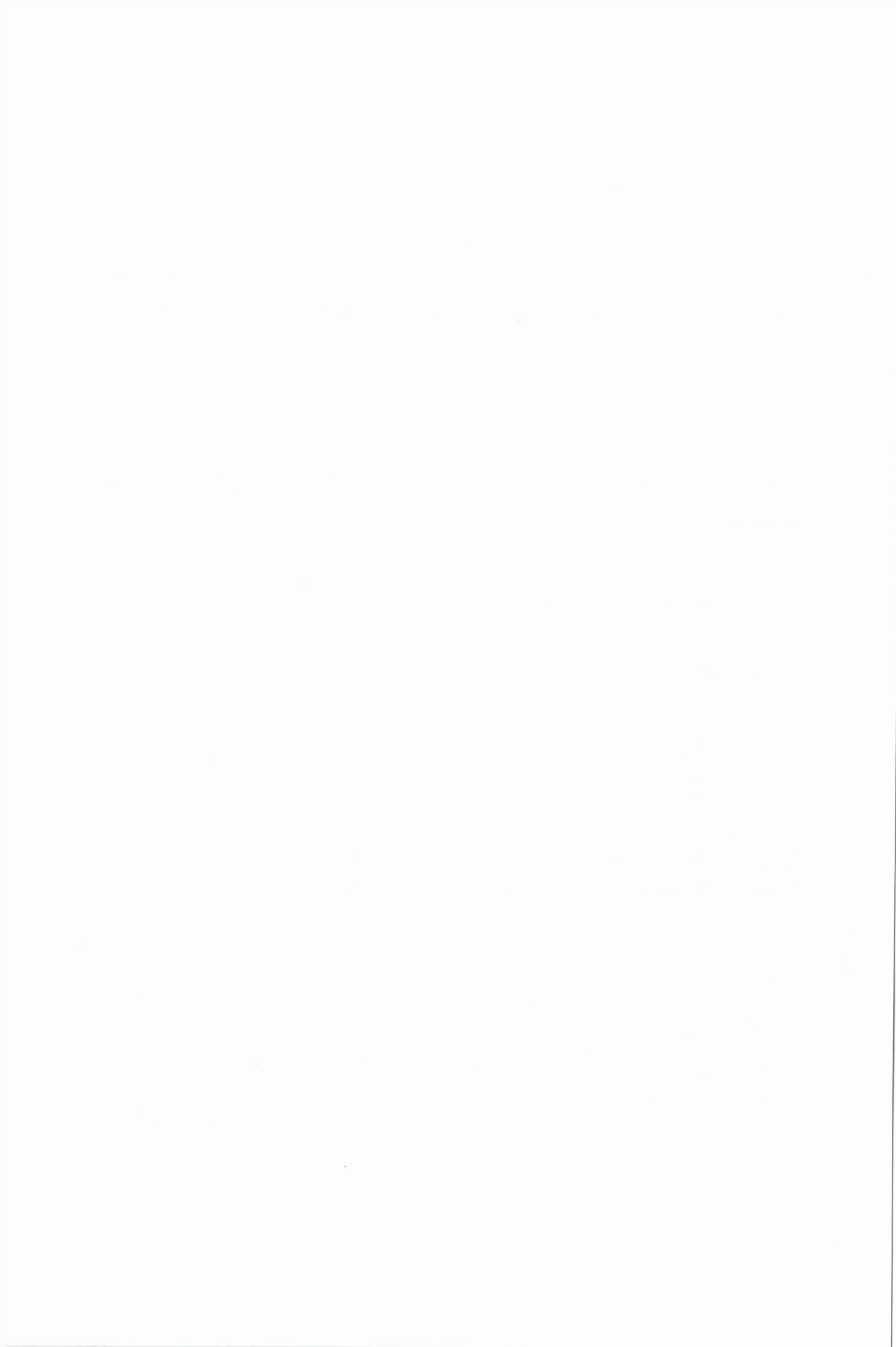
### 7.6.2 Degradación por bacterias

Para Benavides et al. (2006) las bacterias más eficaces para la degradación de los contaminantes son:

- *Pseudomonas stutzeri*
- *Flavobacterium sp*

En una investigación sobre la fijación biológica del nitrógeno por la asociación Rhizobium-leguminosa realizada en el oriente ecuatoriano (Gómez, 2014). Manifiesta lo siguiente:

Se identificaron los géneros de bacterias *Bacillus* y *Pseudomonas* como los de mayor población. Las especies de *Pseudomonas* aisladas en el Ecuador e identificadas a través del método MALDI-ToF (Matrix Assisted Laser Desorption Ionisation - Time of Flight) utilizando espectrometría de masas y dentro del proyecto COMMINANDES, fueron: *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *P. stutzeri*, *P. oleovorans*, *P. syringae*, y *P. agarici*.



La empresa Oxigreen S.A. conjuntamente con Petroecuador en el año 2004 realizaron la caracterización e identificación de consorcios bacterianos capaces de crecer sobre suelo contaminados por hidrocarburos según la profundidad y el horizonte en la región amazónica del Ecuador, la actividad fue efectuada en el laboratorio de investigaciones ambientales Petroecuador 1010, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 7.** Distribución de microorganismos en diferentes profundidades de un perfil de suelo

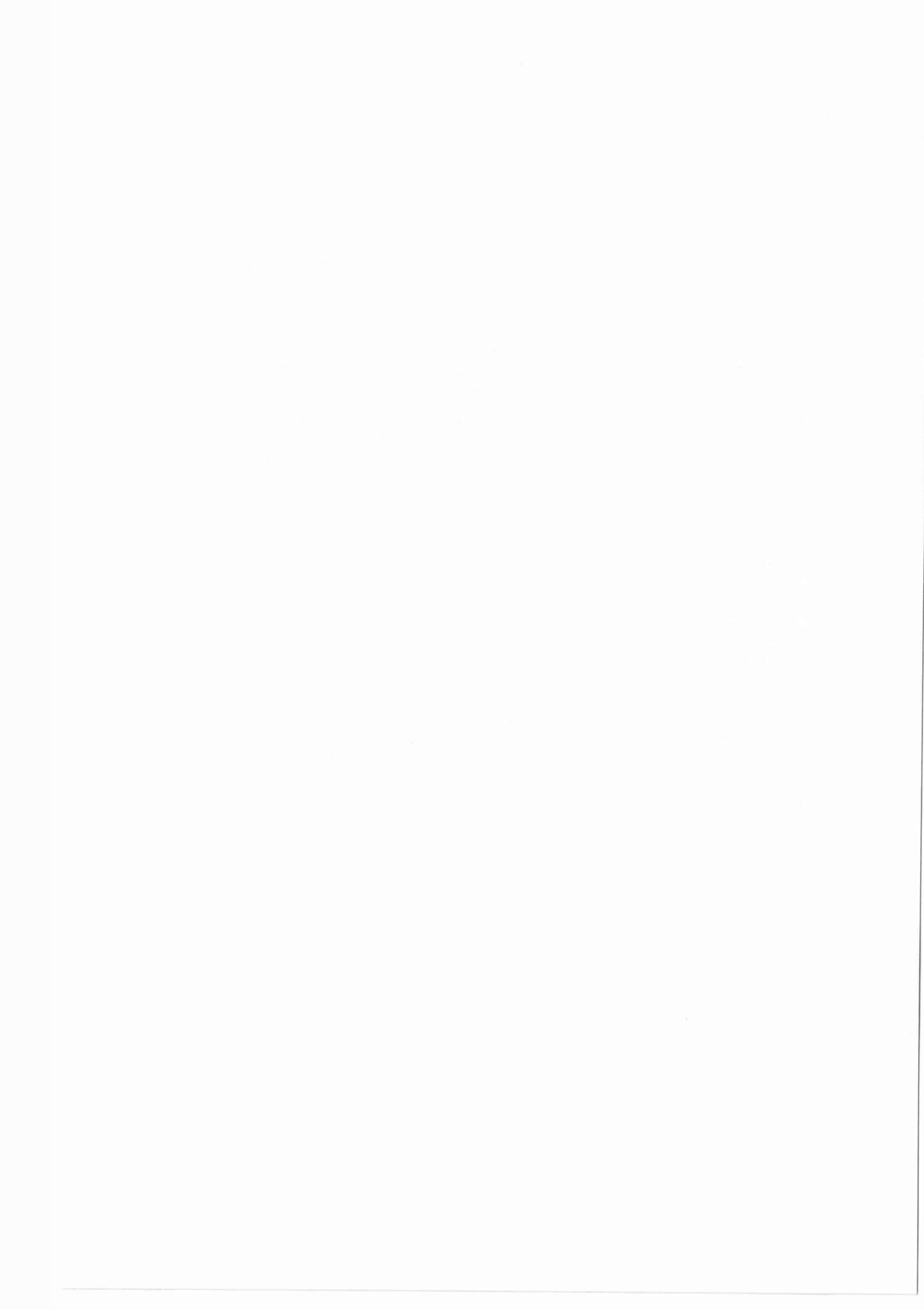
PROFUNDIDAD (cm)	BACTERIAS AEROBIAS	BACTERIAS ANAEROBIAS	ACTINOMICETOS	HONGOS
<b>HORIZONTE A</b> 3-8	<i>Cellulomonas</i>	<i>Bacteroides</i>	<i>Micromonospora</i>	<i>Humicola</i>
10-20	<i>Lactobacillus</i>	<i>Eubacterium</i>	<i>Streptosporangium</i>	<i>Trichoderma</i>
20-25	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Fusobacterium</i>	<i>Streptomyces</i>	<i>Fuarium</i>
25-30	<i>Pseudomonas stutzeri.</i>	<i>Ruminoccus</i>		
35-40	<i>Flavobacterium Sp</i>			
<b>HORIZONTE B</b> 40-50				
<b>HOROZONTE C</b> 65-75		<i>Clostridium</i>		
135-145		<i>Gemella</i>		

FUENTE: (Oxigreen S.A., & Petroecuador, 2008)

***Pseudomona stutzeri*:** “Es un Gram-negativo, en forma de vara, móviles, de un solo polo-flagelado, no es fluorescente, se trata de una bacteria des nitrificante y la cepa de puede ser utilizada para la biorremediación ya que es capaz de degradar el tetracloruro de carbono” (Torres, 2013).

“La bacteria posee iones de amonio o nitrato y a la vez asimilan el carbono como fuente de energía” (Lalucat, 2006). La *Pseudomona stutzeri* es una degradadora de PHA.s” (Benavides et al., 2006).

Benavides et. al. (2006) “*Pseudomona stutzeri* posee la habilidad para utilizar diversos substratos, incluyendo aquellos creados por el petróleo”



*Flavobacterium sp.*- “vive en agua dulce o salada, alimentos y plantas de procesado. Es una bacteria deslizante con gran velocidad de crecimiento y degradación de los hidrocarburos del petróleo” (Sánchez, s.f.).

“Son capaces de degradar hidrocarburos del petróleo eficientemente en tiempos relativamente cortos y así consumir un rol importante como los principales responsables en los procesos de biorremediación de suelos en distintas técnicas” (Caballero, 2015).

“Estudios realizados demuestran que *Flavobacterium* y *Pseudomonas* son los microorganismos más aislados en la fase de degradación de los TPH (Hidrocarburos Totales)” (Benavides et al., 2006).

En la investigación además de la bacterias autóctonas, se utilizó bacterias introducidas, tal es el caso del EM1, también conocido comercialmente como bacgreen.

En cuanto al bacgreen, (Oxigreen S.A., s.f.) registra en la hoja de seguridad del material los siguientes datos:

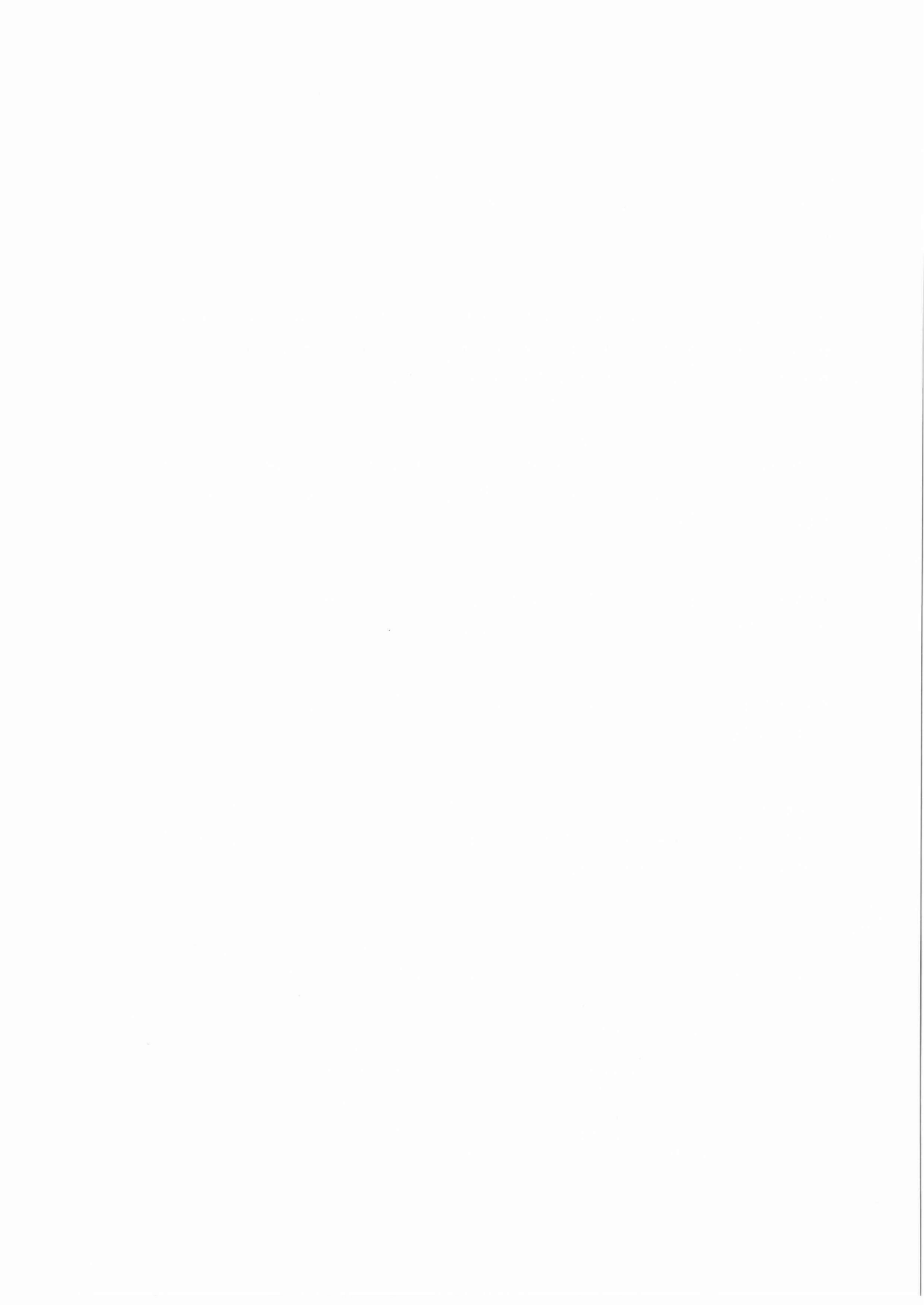
**Bacgreen.** - es un producto que sirve para la descontaminación de aguas servidas industriales, tratamiento de desechos orgánicos, eliminación de malos olores y presencia de moscas por la descomposición de materia orgánica.

Es una mezcla de microorganismos benéficos, eficientes que desplazan a los microorganismos patógenos mejorando la calidad del medio en el que son aplicados.

**Tabla 8:** Propiedades físico-químicas del bacgreen

<b>Color</b>	Marrón amarillento
<b>Olor</b>	Fuertemente fermentado
<b>pH</b>	4-5
<b>Punto de ebullición</b>	>90° C
<b>Densidad</b>	1.0 g /cc

**Fuente:** (Oxigreen S.A., s.f.). Hoja MSDS bacgreen



Bacgreen es un producto generalmente estable, no tóxico, no inflamable y a la vez no produce algún tipo de polimerización peligrosa; además no conlleva riesgo para la salud, puesto que no se producen efectos negativos sobre la piel, no existe riesgo por inhalación.

**Tabla 9:** Composición / información de los ingredientes (bacgreen)

Contenido Mínimo	UFC/ml
Bacterias Acido Lácticas	$10^4$
Bacterias Fototróficas	$10^3$
Levaduras	$10^3$

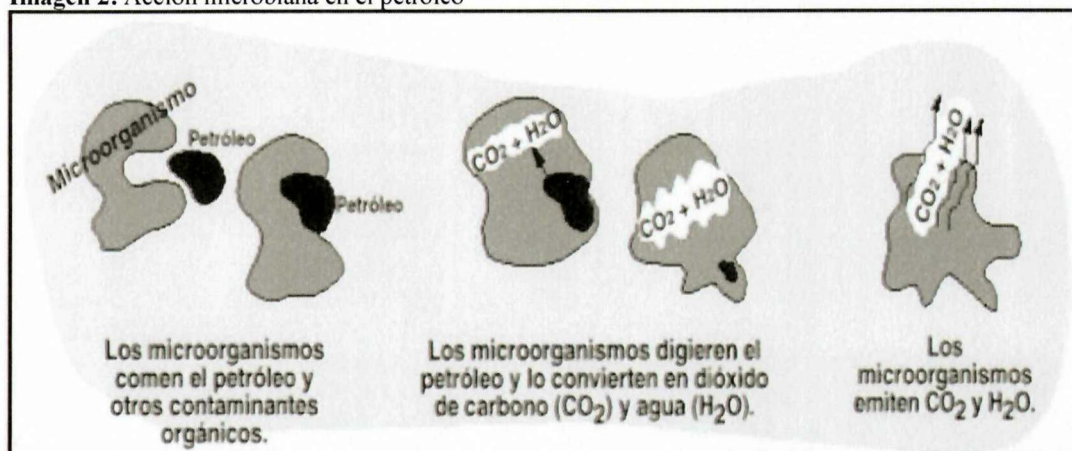
Fuente: (Oxigreen S.A., s.f.). Hoja MSDS bacgreen

**Los materiales incompatibles del producto son:** Agentes químicos principalmente oxidantes reductores y surfactantes, soluciones químicas a base de cloro, creolina y sulfato de plata.

### 7.6.2.1 Acción microbiana en el petróleo

“Aunque no han sido caracterizados en su totalidad, muchos (...) microorganismos poseen actividades de peroxidasas y oxigenasas, que permiten la oxidación más o menos específicas de algunas fracciones del petróleo” (Valderrama Brenda, s.f.).

**Imagen 2:** Acción microbiana en el petróleo



Fuente: Determinación y análisis de un proceso de biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, Miguel Ángel Cando Rodríguez, 2011



### 7.7 Microbiología de suelos y residuos sólidos

Es importante tener en cuenta el dinamismo y comportamiento de los componentes biológicos de la capa superficial terrestre para lo cual Glynn y Heinke (1999) concluye:

La mayor parte de los seres vivos terrestres (plantas, animales y protistas) y de los residuos asociados con ellos tarde o temprano se incorporan al suelo, por actividad microbiana. Sin esta actividad los ciclos de nutrientes, como del carbono o del nitrógeno, no se complementarían y entonces la vida sobre la tierra estaría en peligro. (p. 271).

### 7.8 Efecto de los factores ambientales sobre la biodegradación de hidrocarburos

**Temperatura.** - Arboleda y Bravo (2008, p. 41) cita a Maroto (2001) al definir que “Generalmente las especies bacterianas crecen a intervalos de temperatura bastante reducidos, entre 15 y 45 °C (condiciones mesófilas) decreciendo la biodegradación por desnaturalización de las enzimas a temperaturas superiores a 40 °C e inhibiéndose a inferiores a 0 °C”.

**pH.** - “Entre 6 y 9 la acción microbiana fija los metales, permaneciendo inmóviles, inhibe la biodegradación” (Ine Pérez, 2013).

**Nutrientes.** - “Se añade según la necesidad: abono al terreno para suministrar nitratos y fosfatos para activar el crecimiento microbiano” (Rioja & Florero, 2014).

**Humedad.** - “Debe garantizarse a lo largo de todo el tratamiento, para la movilidad y temperatura de la degradación de los contaminantes” (Ine Pérez, 2013). Además “La humedad optima del sistema de tratamiento debe variar entre 50-60% medido en una retorta” (Rioja & Florero, 2014).



## **7.9 Tratamiento químico**

Existen una serie de tratamientos químicos tales como: Catálisis química, Pirolisis química, oxido-reducción química, deshalogenación química, entre otros.

### **7.9.1 Oxido-reducción química**

En la publicación “suelos contaminados por metales y metaloides (Sepúlveda, Velasco & de la Rosa, 2005) indican que:

Es una tecnología innovadora que implica reacciones de óxido reducción (redox), las cuales transforman los elementos potencialmente tóxicos en compuestos o elementos no peligrosos o menos riesgosos, reduciendo su toxicidad o solubilidad y/o aumentando su estabilidad química. (...) De esta manera es posible disminuir la concentración biodisponible del elemento potencialmente toxico en el suelo (pp. 73-74)

Según el Instituto Nacional de Ecología (INE, 2007). “Los agentes oxidantes más usados para tratar contaminantes peligrosos en el suelo, son el ozono, peróxido de hidrógeno, hipocloritos, cloro, dióxido de cloro y el reactivo de Fenton (peróxido de hidrógeno y fierro)”.

### **7.9.2 Degradación química**

“El suelo se degrada al acumularse en él sustancias tóxicas a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento y funcionamiento del mismo” (Rodríguez, 2013, p. 40).

“Varios de los procesos de degradación química están vinculados a la degradación biológica y suelen ocurrir en condiciones extremas de la ocurrencia de este último” (Piscitelli, 2015).

Para la degradación de los contaminantes, se utilizaron los siguientes químicos: oxigreen y Peróxido de hidrógeno.



En cuanto al compuesto químico oxigreen, (Oxigreen SA, s.f.) registra en la hoja de seguridad del material los siguientes datos:

### 7.9.2.1 Oxigreen

Es un agente desengrasante oxidante biodegradable, de fácil manejo, contiene en su formulación productos derivados del hidrógeno y el oxígeno del aire, por lo que constituye un producto de alta biodegradabilidad.

**Tabla 10:** Características del oxigreen

CARACTERÍSTICAS	
<b>Forma</b>	Líquido color ámbar
<b>Olor</b>	Ligeramente picante
<b>Reacción</b>	Ligeramente ácido
<b>Densidad</b>	1,200 G/CC máximo
<b>Ph sol.</b>	1%.4.0 - 5.0

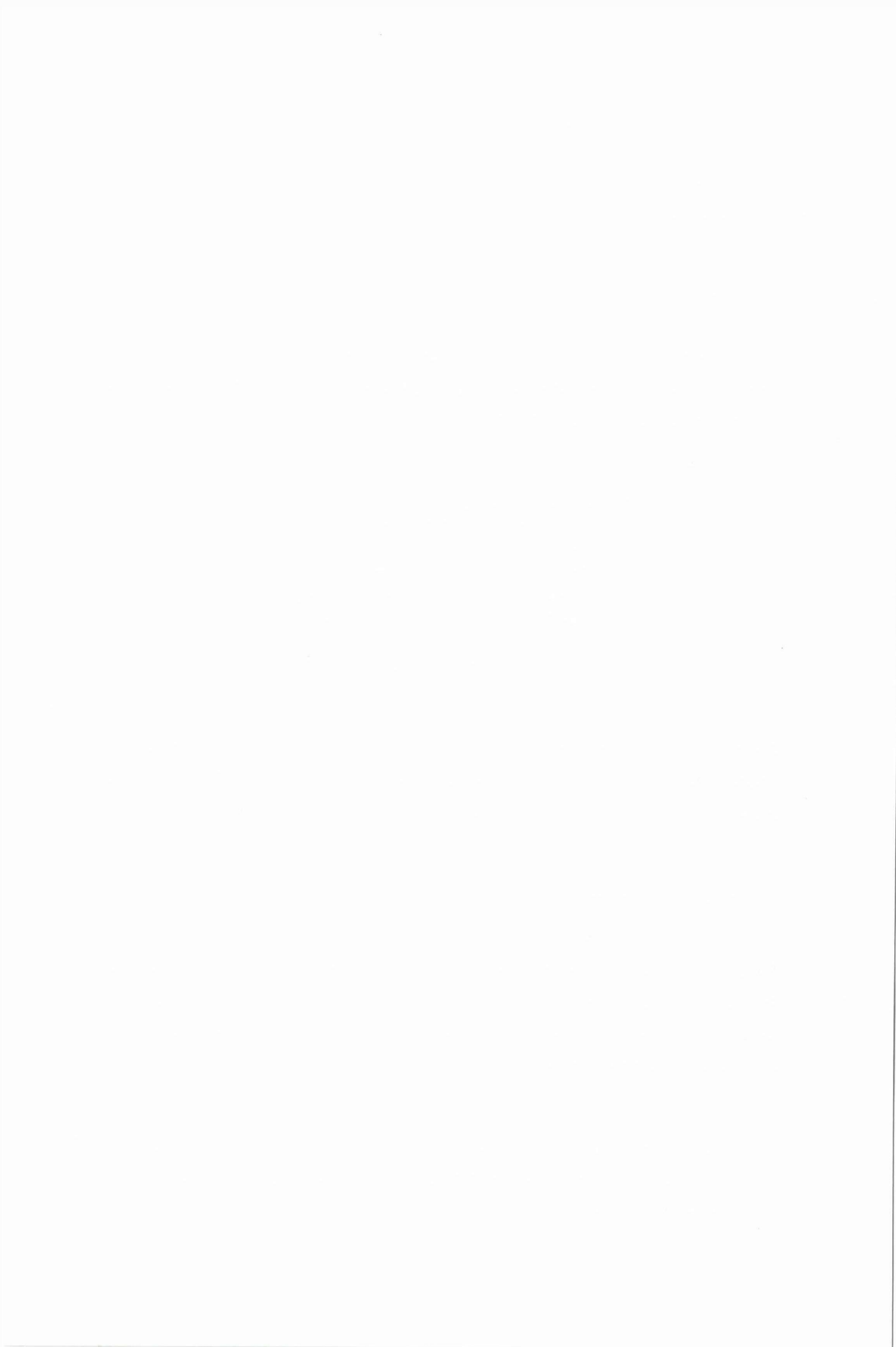
**Fuente:** (OXIGREEN S.A., s.f.). Hoja MSDS oxigreen

Contiene adicionalmente surfactantes no - iónicos, de propiedades humectantes y emulsificantes y muy útil por sus propiedades dispersantes. Es muy estable, pudiendo ser almacenado a temperaturas entre  $-25$  a  $+45^{\circ}\text{C}$ .

#### 7.9.2.1.1 Usos del oxigreen

Puede ser utilizado con seguridad, siempre y cuando sean consideradas sus propiedades ligeramente oxidantes y corrosivas. Recomendado como producto altamente oxidante para la aplicación a derrames superficiales, suelos contaminados nuevos y viejos, aguas contaminadas con hidrocarburo, aguas residuales, lodos de fondos de tanques.

La combinación química de hidrocarburos con el oxígeno atmosférico y oxigreen contribuye a la descomposición o degradación final del petróleo. Cuanto más expuesta exista, mayor será la oxidación y mayor la velocidad de degradación.



#### **7.9.2.1.2 Aplicación del oxígeno**

Se recomienda aplicar en forma de aspersión utilizando bomba de fumigar, bombas de presión, o con un recipiente para humectar en la matriz a ser tratada, es un producto de contacto por lo que se recomienda utilizar directamente en el contaminante, realizando volteos continuos, manuales o mecánicos para homogenizar.

Funciona mejor cuando se deja actuar el producto por lo menos 10 minutos, mientras más tiempo se deja actuar el producto, mejor es el resultado, luego se realiza un lavado tipo lluvia con agua limpia para limpiar los residuos que se han desprendido de la matriz.

#### **7.9.2.2 Peróxido de hidrógeno**

Su fórmula química es ( $H_2O_2$ ). Según la Agencia de Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, 2016) “El peróxido de hidrógeno es inestable y se descompone rápidamente a oxígeno y agua con liberación de calor. Aunque no es inflamable, es un agente oxidante potente que puede causar combustión espontánea cuando entra en contacto con materia orgánica”

El peróxido de hidrógeno es muy inestable y se descompone lentamente en oxígeno y agua con liberación de gran cantidad de calor. Su velocidad de descomposición puede aumentar mucho en presencia de catalizadores. (Sepúlveda, Velasco & de la Rosa, 2005)

Las aplicaciones del campo más comunes han sido basadas en el Reactivo de Fenton, donde el peróxido de hidrógeno se aplica con un catalizador de hierro que crea un radical libre hidroxilo que es capaz de oxidar los compuestos orgánicos complejos. (Bautista, 1999).



### 7.9.3 Acción de la Remediación Química

Estudios realizados por la (EPA, 2001) plantea el método de oxidación química para reducir el nivel de contaminación por hidrocarburos en el suelo, por lo que concluye lo siguiente:

La oxidación química se basa en liberar oxidante químico al medio contaminado para destruir los contaminantes convirtiéndolos a compuestos inocuos comúnmente encontrados en la naturaleza. Los oxidantes aplicados en este proceso son típicamente el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), el permanganato de potasio ( $KMnO_4$ ), ozono ( $O_3$ ) y en menor grado, oxígeno disuelto (OD).

**Aplicaciones.** Por este método pueden atacarse principalmente compuestos inorgánicos. Sin embargo, puede usarse con menor eficiencia para COVs (compuestos orgánicos volátiles) no halogenados y COSs (compuestos orgánicos semi-volátiles) gasolinas, y pesticidas.

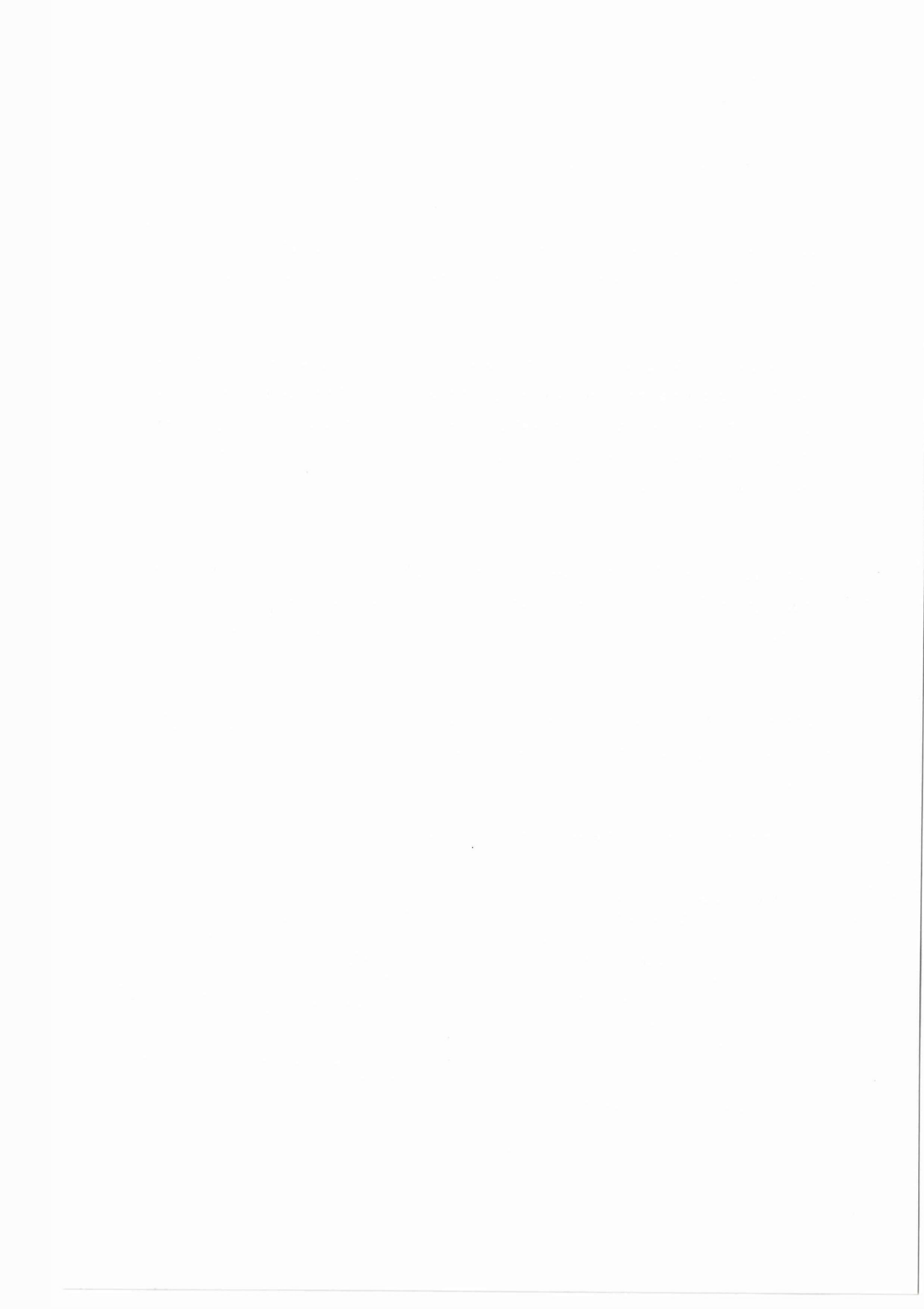
Costos y tiempos de remediación. Es una tecnología de corto a mediano plazo, cuyos costos oscilan entre 190 y 600 USD/m<sup>3</sup> (Van Deuren y col., 1997).

### 7.9.4 Ventajas y desventajas del tratamiento químico

**Tabla 11:** Ventajas y desventajas del tratamiento químico

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son efectivos en cuanto a costos.</li> <li>- Pueden realizarse en periodos cortos.</li> <li>- El equipo es accesible y no se necesita de mucha energía ni ingeniería.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requieren mayores análisis seguidos, por la efectividad del tratamiento.</li> <li>- Es necesario hidratar el suelo 24 horas antes de la aplicación de tratamiento.</li> <li>- El suelo pierde ligeramente su fertilidad.</li> </ul>

Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).



## 8. HIPOTESIS

### Formulación De Hipótesis

¿La remediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante la aplicación de los tratamientos químicos y biológicos degrada los contaminante hidrocarburíferos?

### Hipótesis nulas

**Ho.** La utilización de las bacterias autóctonas (*Flavobacterium sp* y *Pseudomona ptutzeri*) y el EM1 no mejora la calidad del suelo contaminado por hidrocarburos.

**Ho.** La utilización de dos químicos: (oxigreen) y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (peróxido de hidrógeno) no mejora la calidad del suelo contaminado por hidrocarburos

### Hipótesis Alternativas

**Ha.** La utilización de las bacterias autóctonas (*Flavobacterium sp* y *Pseudomona ptutzeri*) y el EM1 si mejora la calidad del suelo contaminado por hidrocarburos.

**Ha.** La utilización de dos químicos: (oxigreen) y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (peróxido de hidrógeno) si mejora la calidad del suelo contaminado por hidrocarburos.



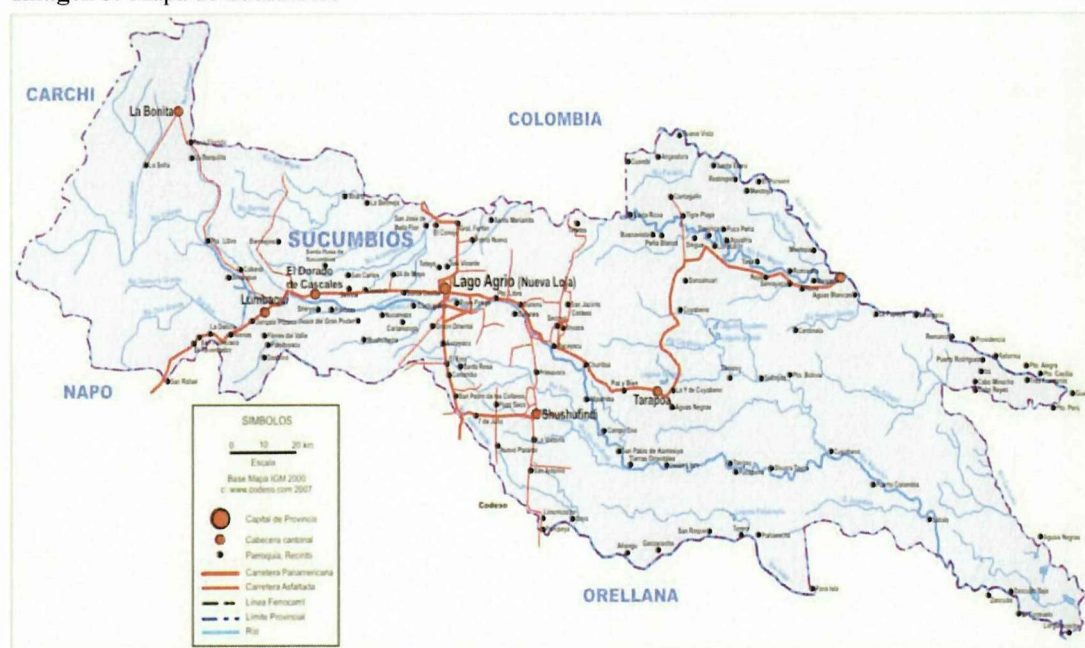
## 9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

### 9.1 Descripción del área de trabajo

#### 9.1.1. Localización geográfica

El área de contaminación se encuentra localizada en uno de los terrenos, de la empresa Oxigreen S.A. Ubicado en la parroquia El Eno, cantón Lago Agrio, provincia de Sucumbíos, en el Km 45 de la vía al coca.

**Imagen 3:** Mapa de Sucumbíos



**Fuente:** Mapa de Sucumbíos. (2014). Recuperado de [http://www.codeso.com/TurismoEcuador/Mapa\\_Sucumbios.html](http://www.codeso.com/TurismoEcuador/Mapa_Sucumbios.html)

El área que comprendió el proceso de remediación se localiza en los límites de la empresa, de esta manera se reduce la probabilidad de contaminación hacia los trabajadores.

#### 9.1.2 Localización del tratamiento

Para una correcta localización, se realizó la zonificación de la empresa para la fácil orientación del área contaminada.

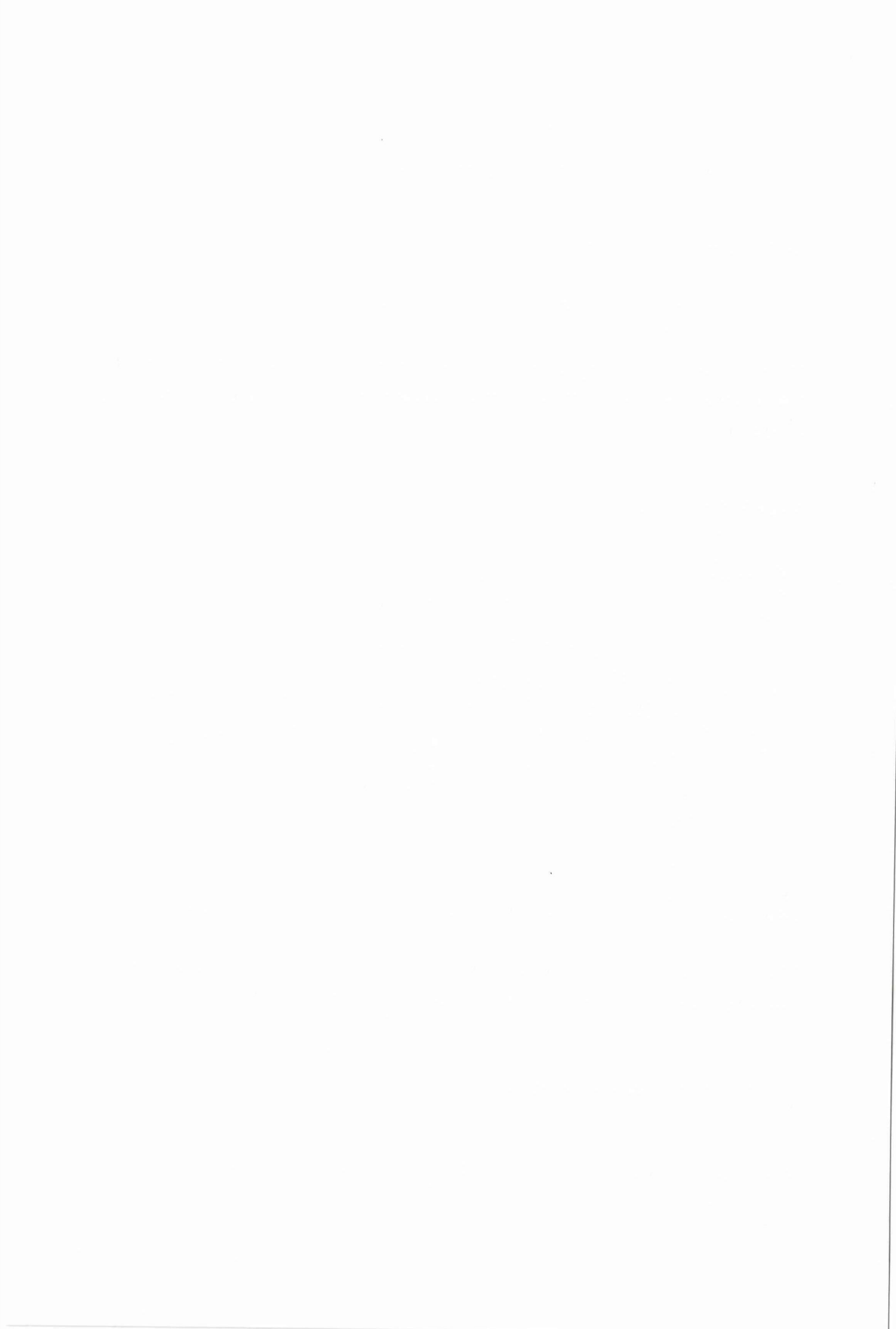
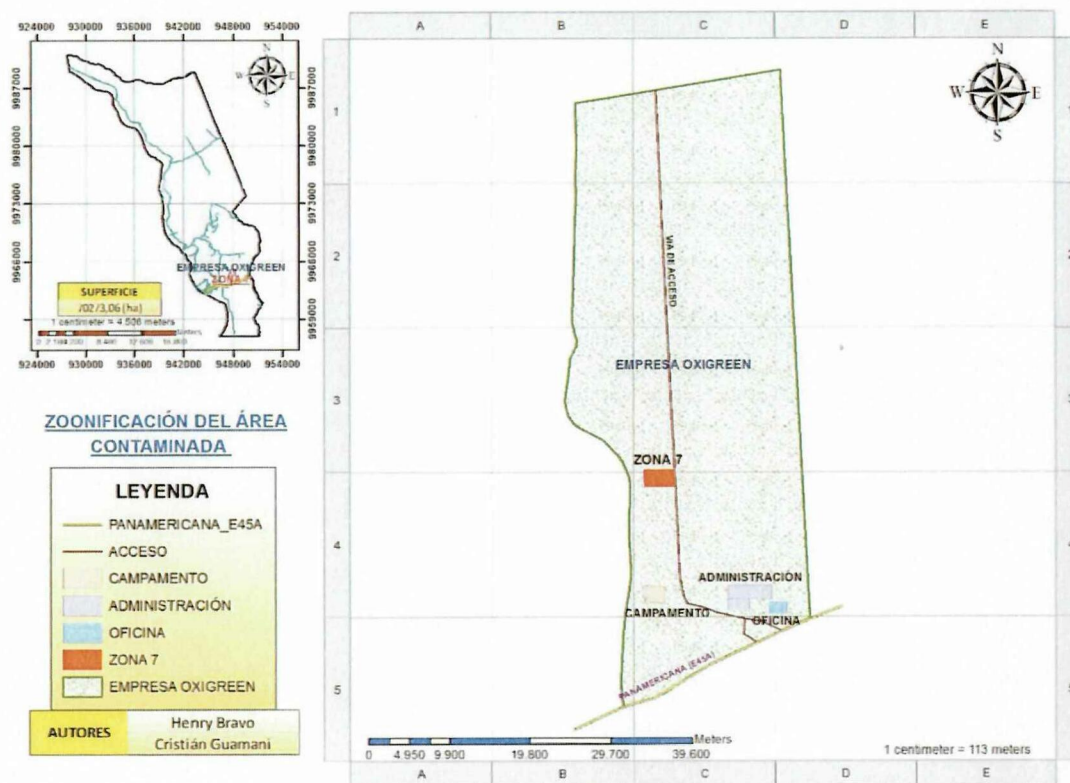


Figura 1: Zonificación del área contaminada



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

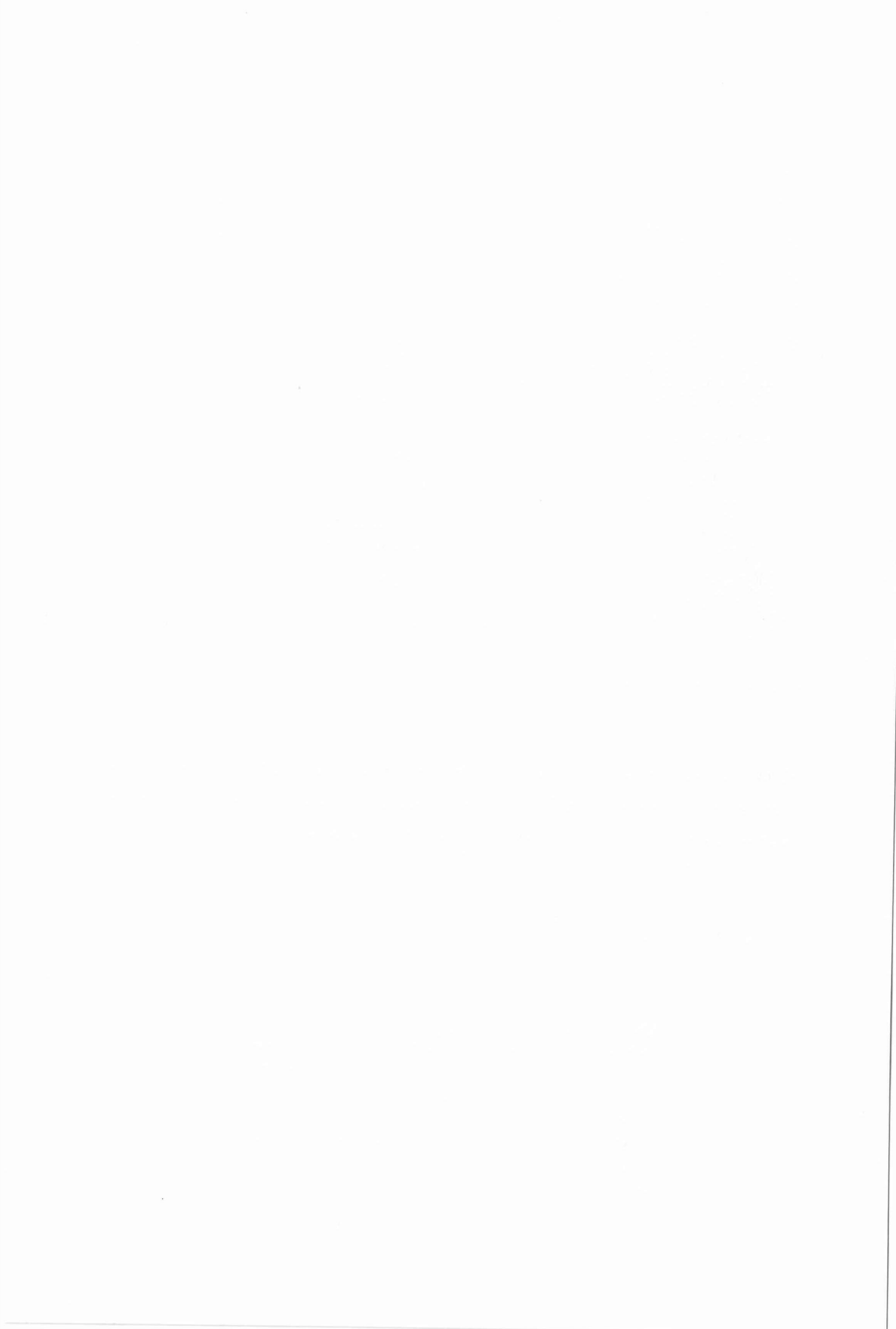
El suelo contaminado dispuesto para la remediación, se denomina (zona 7). Se georeferenció la empresa y el sitio donde se extrajo el suelo. La zona 7 posee un área de 217 m<sup>2</sup>, un perímetro equivalente a 58,5310 m y una profundidad de 40 cm de contaminación.

### 9.1.2.1 Coordenadas zona 7 (Área contaminada)

Tabla 12: Coordenadas área contaminada

Puntos	coordenadas UTM		Altura m.s.n.m
	X	Y	
A	M 0280185	9963830	267
B	M 0280159	9963830	267
C	M 0280162	9963840	268
D	M 0280184	9963838	269

Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).



### 9.1.3 Datos físicos

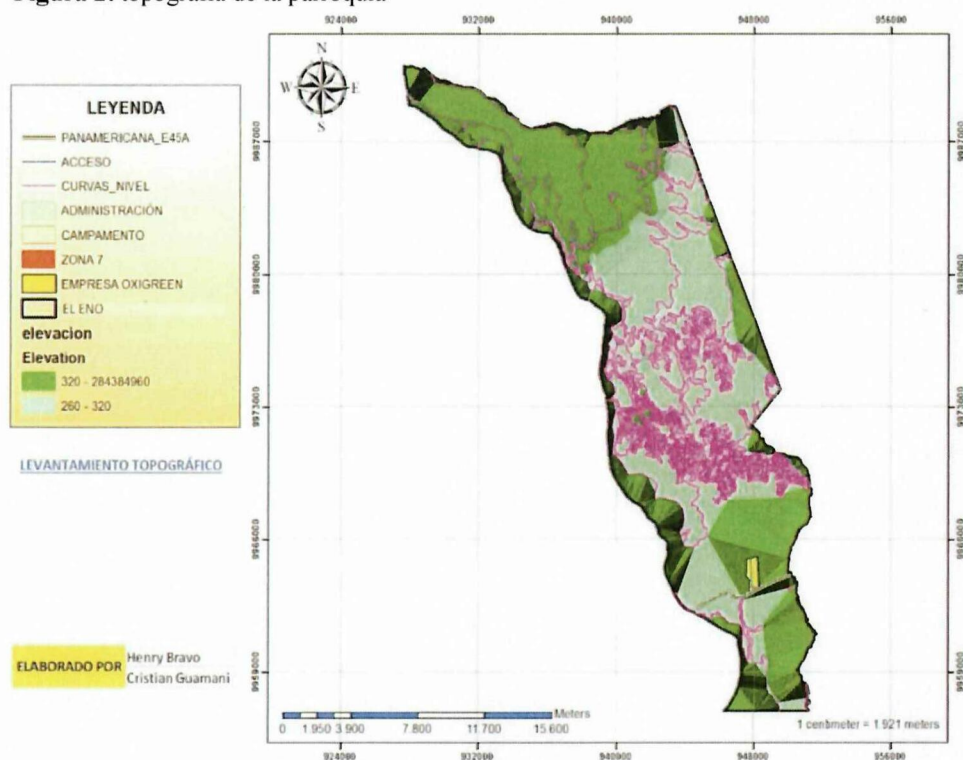
Los terrenos de la empresa cuentan con una vegetación exuberante, característica de la región amazónica. Con una textura de suelo arcilloso arenoso, con deficiente drenaje, siendo la región más húmeda de la zona.

#### 9.1.3.1 Levantamiento topográfico

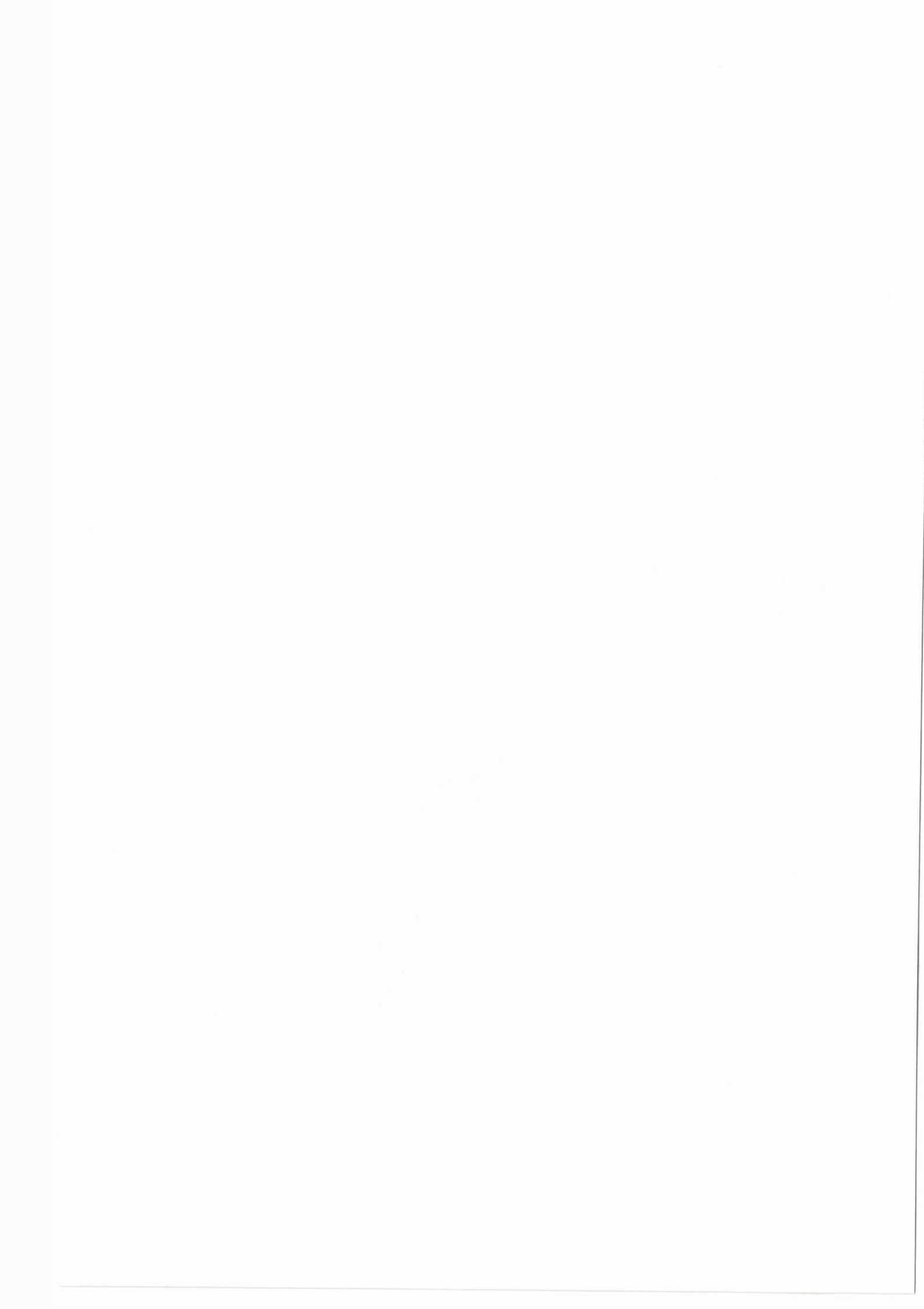
Para la determinación del relieve referente al área del proyecto, se tomó una serie puntos en distintos lugares, con el objetivo de poder determinar los metros sobre el nivel del mar.

Mientras que, para un levantamiento topográfico general, que comprende la parroquia El Eno, se utilizó imágenes satelitales las cuales fueron transportadas al programa ArcGIS, para su respectivo análisis.

Figura 2: topografía de la parroquia



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).



La topografía de la Parroquia El Eno es irregular, con suelos relativamente bajos. Su altura máxima alcanza los 600 m s. n. m. y la mínima es de 236 m s. n. m.

Mientras que los terrenos de la empresa son mayormente llanos, con ciertas zonas onduladas, principalmente en los lugares de tratamiento, alcanzando una variación máxima hasta 10 metros.

#### 9.1.4 Determinación de condiciones climáticas

Los valores que se presentan a continuación, son el resultado de una investigación bibliográfica, tomados de la página oficial del INAMHI. Cabe señalar que los datos fueron proporcionados en su debido momento por la estación meteorológica Lumbaqui, desde los años 2004-2012. Dichos datos fueron desarrollados con el fin de obtener las medias anuales y mensuales de los datos climáticos.

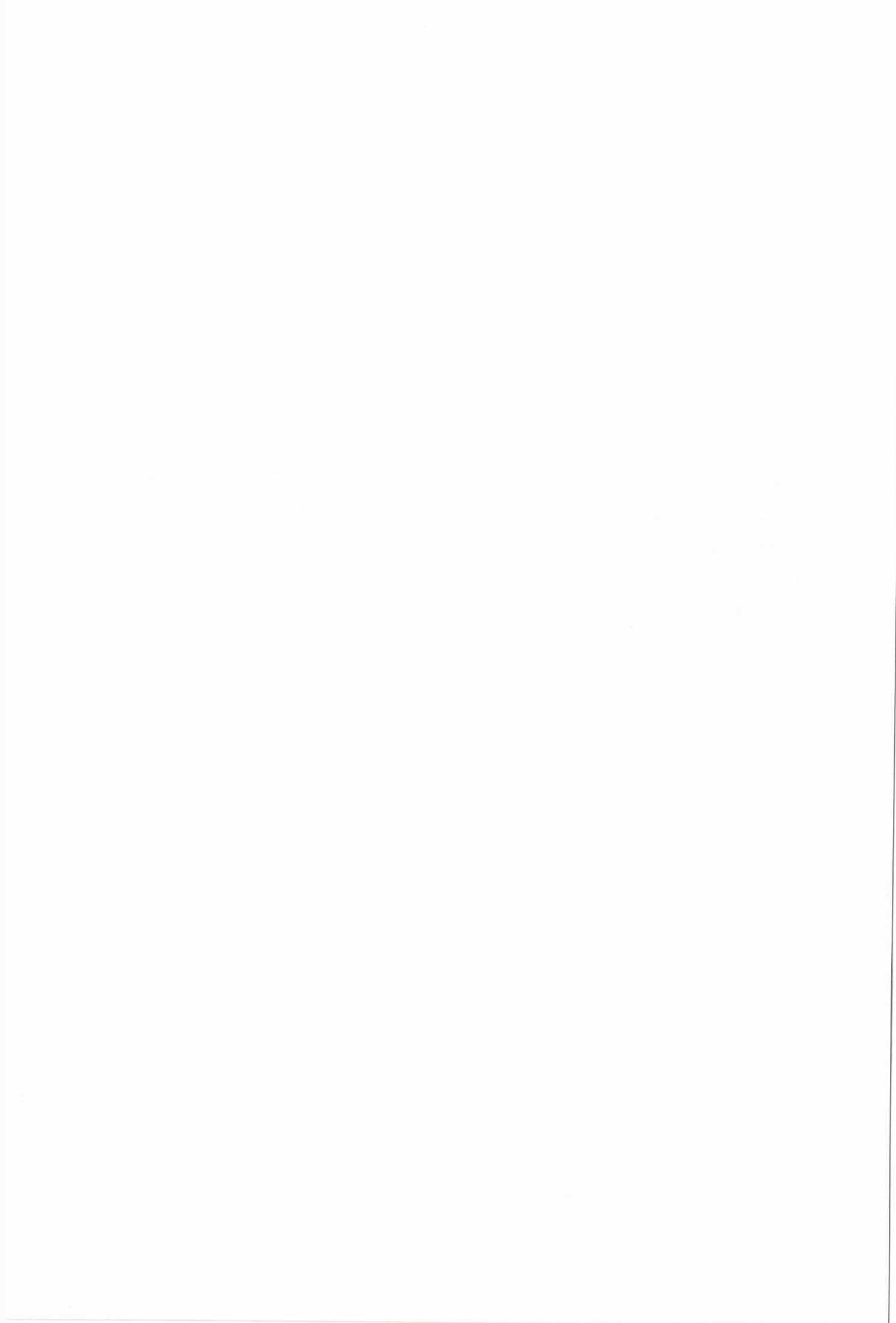
##### 9.1.4.1 Temperatura

Las temperaturas más bajas se registran en los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto. Van desde los 23 hasta los 23.7 grado Celsius. Mientras que las más altas van en un rango de 24 a 24.4 grados Celsius en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero.

**Gráfico 3:** Temperaturas en Lago Agrio



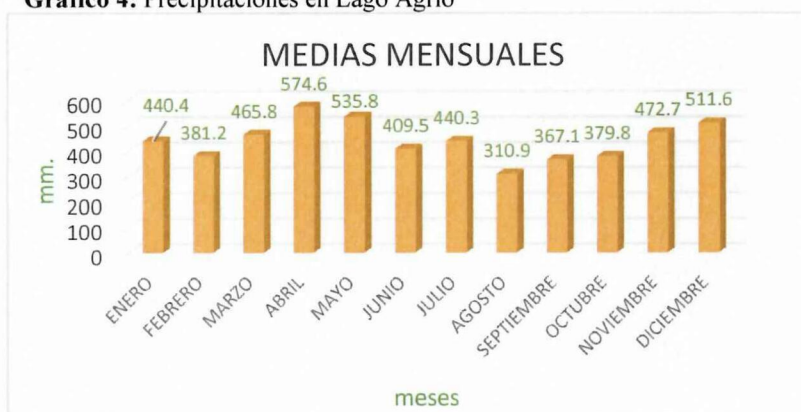
Fuente: (INAMHI, 2016).



### 9.1.4.2 Precipitación

Las precipitaciones más bajas de la zona se registran en los meses de agosto, septiembre y octubre, mientras que las más altas se reconocen en los meses de abril, noviembre y diciembre.

**Gráfico 4:** Precipitaciones en Lago Agrio



Fuente: (INAMHI, 2016)

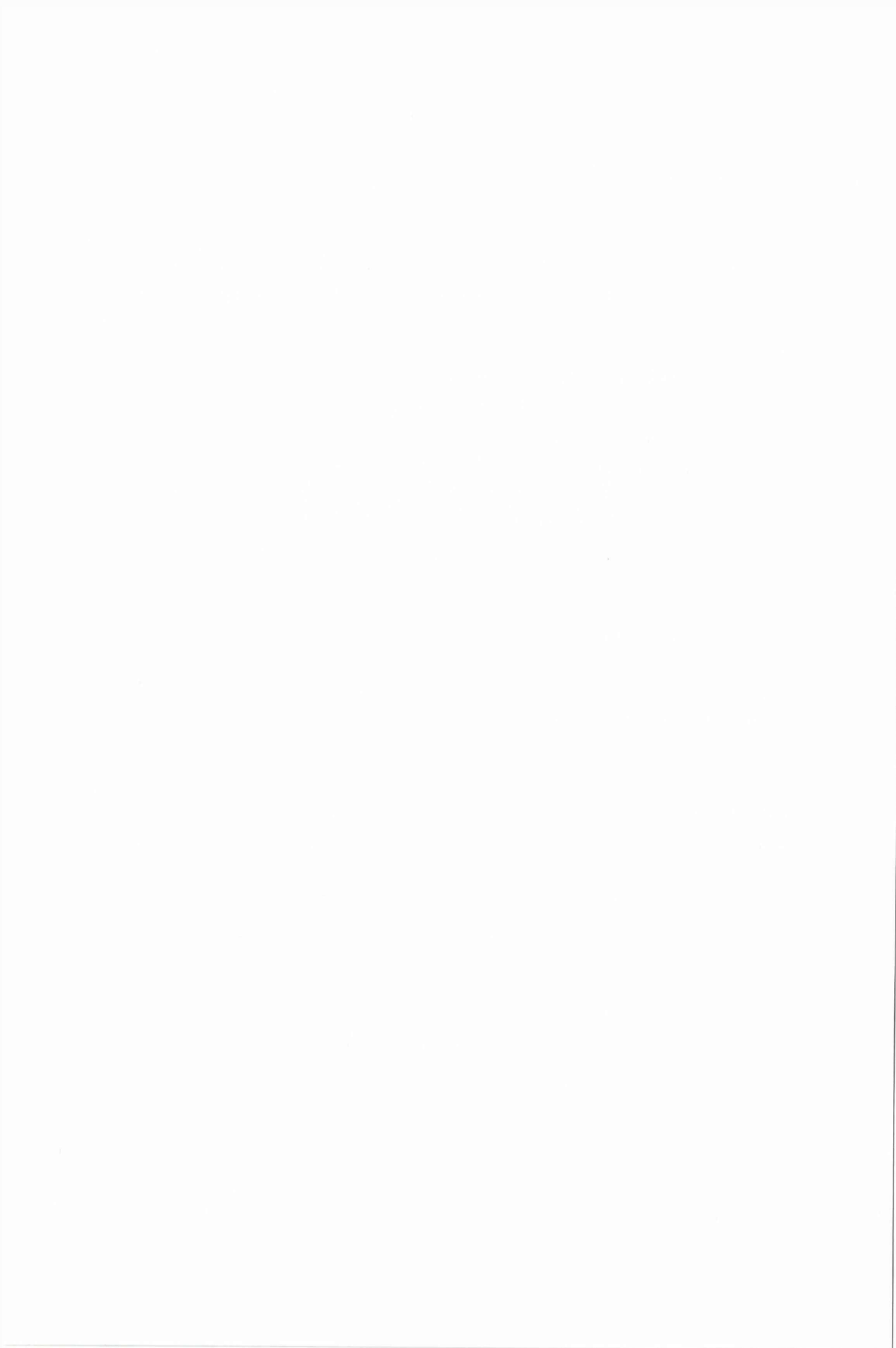
### 9.1.4.3 Evapotranspiración

La máxima registrada expresada en milímetros se da en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre. En cuanto a los niveles más bajos ocurren en los meses de junio y julio.

**Gráfico 5:** Evapotranspiración en Lago Agrio



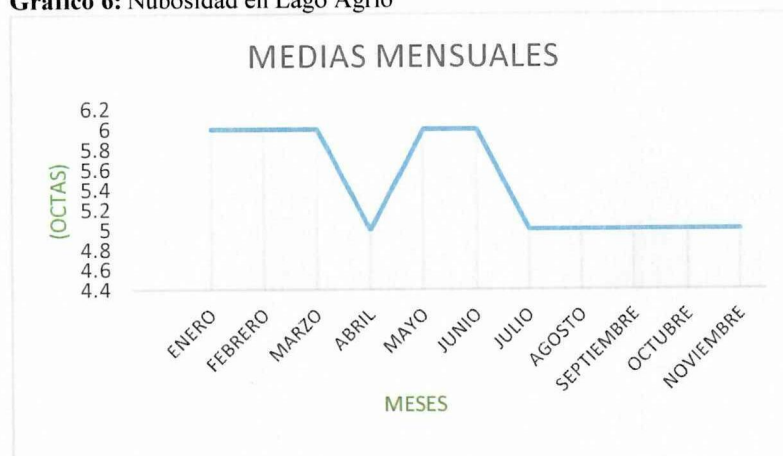
Fuente: (INAMHI, 2016)



#### 9.1.4.4 Nubosidad

Cabe señalar que, según las normas meteorológicas, la nubosidad se expresa en octas, de tal manera que la zona en estudio se la divide en ocho partes, entonces el número de esas partes cubiertas por nubes es rango de nubosidad expresado en octas. Para el cálculo de nubosidad se la puede hacer mediante observación directa o también con el uso de satélites meteorológicos.

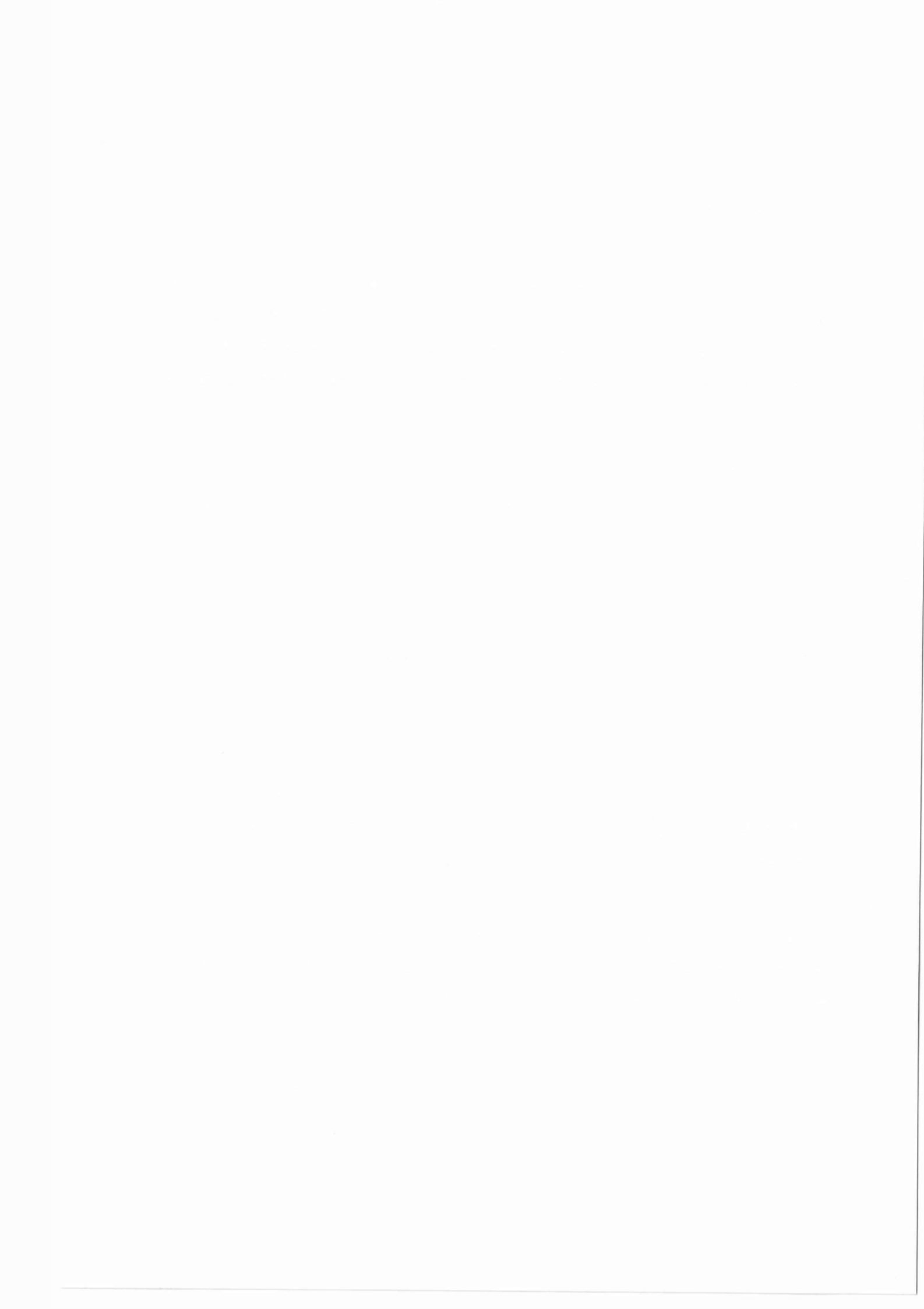
**Gráfico 6:** Nubosidad en Lago Agrio



Fuente: (INAMHI, 2016)

Luego de realizar promedios y medias mensuales con datos de 8 años, se determinó que la nubosidad es máxima en invierno y mínima en verano.

El sector experimenta la influencia alterna de las masas de aire cálido y húmedo por lo tanto muy lluvioso registrando máximas precipitaciones a lo largo de todo el año en verano con medias que puede alcanzar con facilidad hasta los 574.6 mm.



**Tabla 13:** Cálculo de Koopen de medias anuales y mensuales de los datos climáticos.

CÓDIGO	ESTACIÓN	TIPO	ZONA	latitud	Longitud	altura	Provincia N°	INSTITUCION	
M123	LUMBAQUI	AU, CP	0	0° 2' 26" N	77° 20' 2" W	580	SUCUMBIOS	INAMHI	
		<b>MES</b>		<b>PRECIPITACIÓN (cm)</b>		<b>TEMPERATURA</b>			
	<b>VERANO</b>	Enero			44.04		24		
		Febrero			38.12		24		
		Marzo			46.58		23.6		
		Abril			57.46		23.9		
	<b>INVIERNO</b>	Mayo			53.58		23.5		
		Junio			40.95		23.1		
		Julio			44.03		23 Mes más Frío		
		Agosto			31.09		RRm Mínima: Mes más Seco		
		Septiembre			36.71		23.8		
		Octubre			37.98		24.4 Mes más Cálido		
	<b>VERANO</b>	Noviembre			47.27		24.3		
		Diciembre			51.16		24		
		<b>Promedio</b>			528,97 = Media Anual: 44.08 cm.		286,1 = Media Anual: 23,84°C		

Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

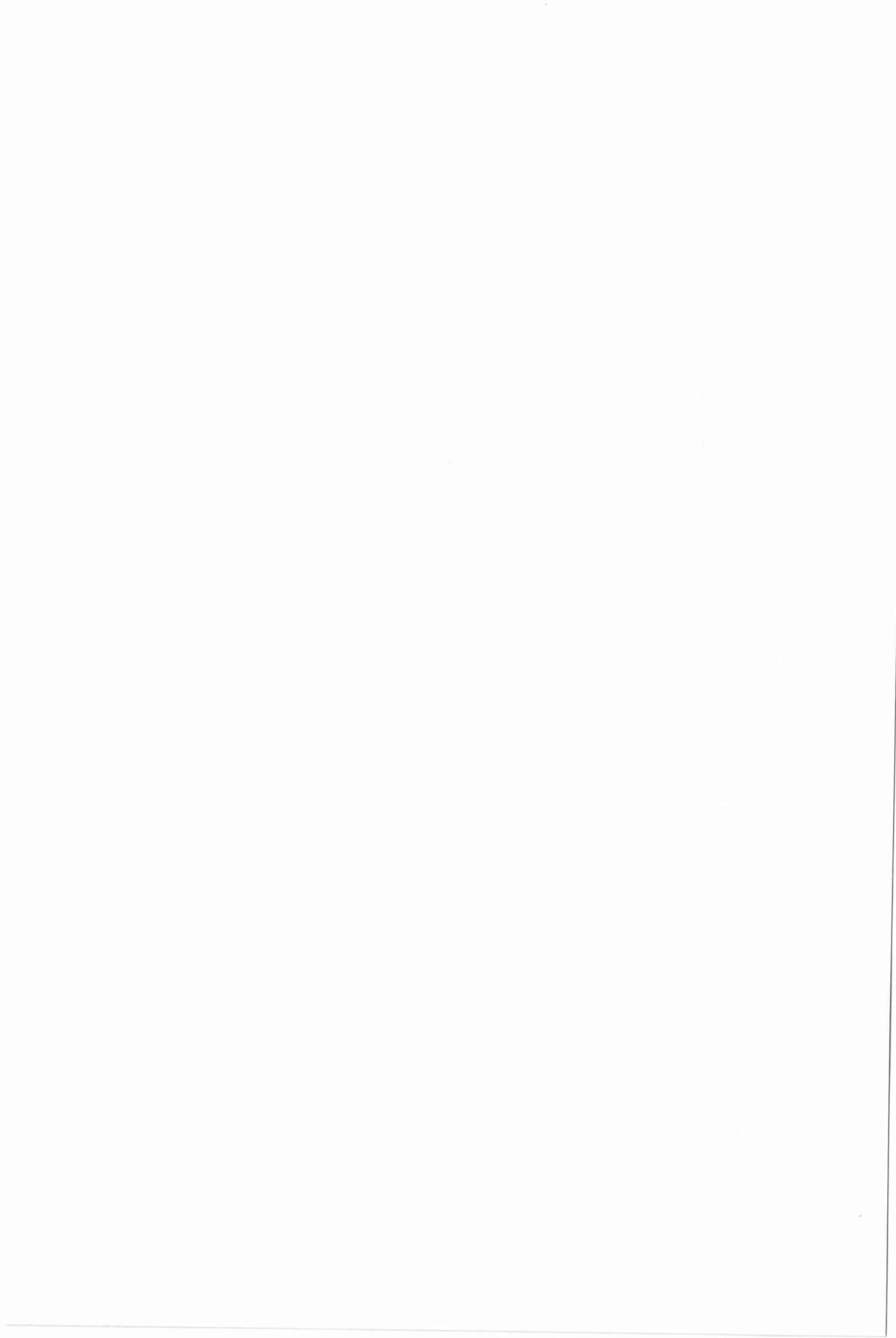
**TIPO DE CLIMA:** **Cwa:** Mesotérmico con Invierno Tropical Seco.

**a= Verano Caluroso.** La temperatura media del Mes más Cálido es  $> 23^{\circ}\text{C}$

**b= Verano Cálido y Largo.** T del mes más cálido está entre  $26.31^{\circ}\text{C} > 22^{\circ}\text{C}$

#### ANÁLISIS.

- 1.- La Estación de la Máxima es en verano.
- 2.- No es Cb (Clima templado seco) porque no hay estación mínima en el invierno.
- 3.- El mes más frío  $23.0^{\circ}\text{C}$  se encuentra en el rango de Verano Tropical.  $> 18^{\circ}\text{C}$
- 4.- El mes más caliente  $24.4^{\circ}\text{C}$  es superior a  $22^{\circ}\text{C}$ .
- 5.- Mes más húmedo del verano 55.2 es diez veces + que el mes más seco del invierno 6.78



## 9.1.5 Caracterización del tipo del suelo

### 9.1.5.1 Determinación de textura

Para el análisis de distribución de tamaño de partículas en el suelo, se utilizó el método de botella según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), tiene la ventaja de proporcionar excelentes resultados, no requieren equipos analíticos e incluso se evita el pesado exacto de pequeñas proporciones de sustancia coloidal.

### 9.1.5.2 Preparación de la muestra

Previo el ensayo de estimación de porcentajes por precipitación de partículas, se separó el material fino con una criba de 2mm, de las partículas gruesas como: grava, piedras y restos de materia orgánica.

### 9.1.5.3 Determinación porcentual de arena, limo y arcilla

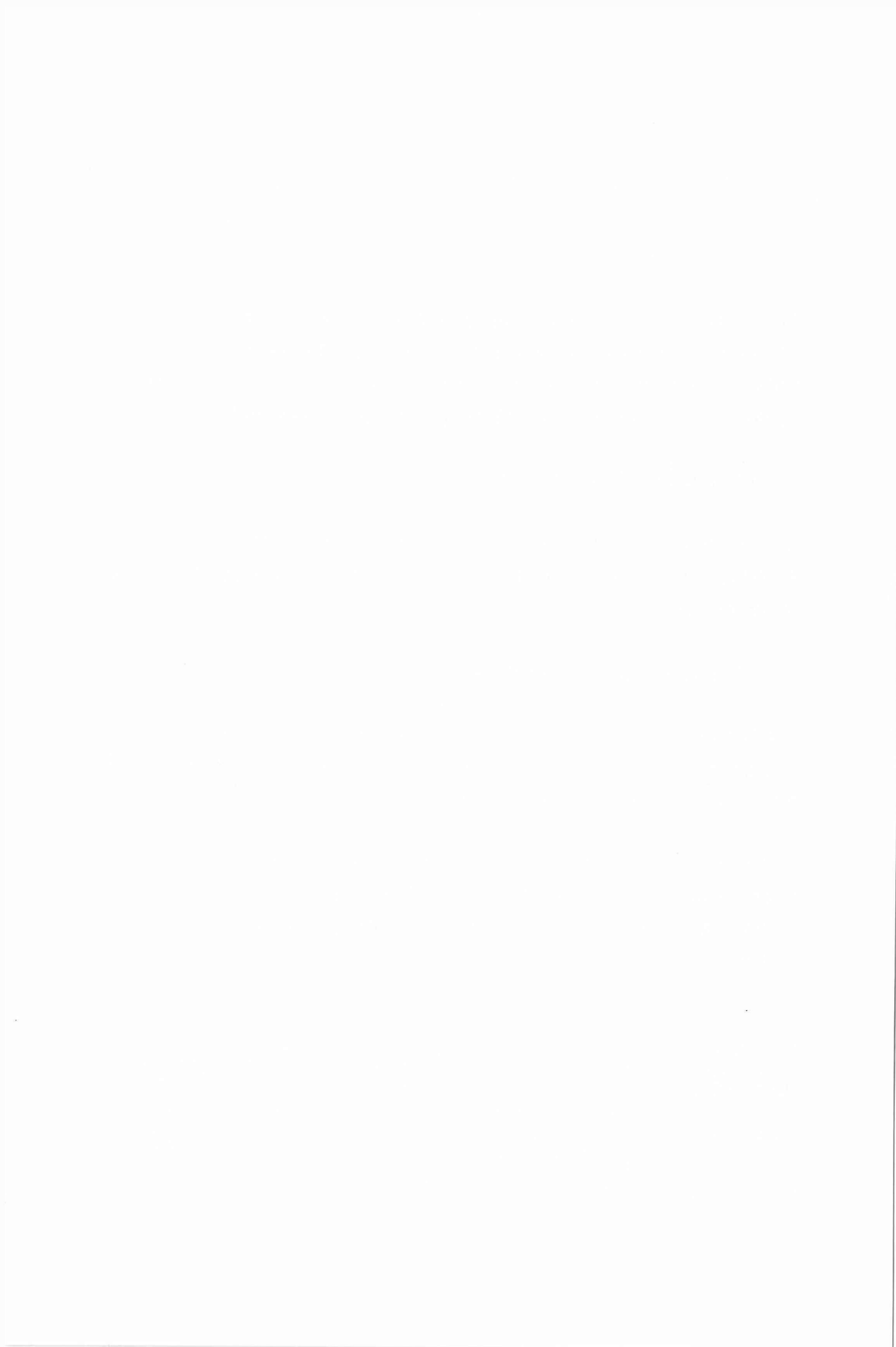
Se trabajó con un volumen de 264.05 cm<sup>3</sup> de material fino, posteriormente se introdujo hacia un recipiente con un diámetro de 8.1cm. El material fino se llenó hasta alcanzar una altura de 5cm en el frasco, finalmente se introdujo agua al recipiente.

La muestra se ajitó durante 2 minutos, posteriormente se dejó en reposo por una hora, con el fin que se precipiten las partículas hacia el fondo del frasco. Se tuvo en cuenta que en el fondo se ubica la capa de arena, en el centro hay una capa de limo y en la parte superior hay una capa de arcilla.

**Tabla 14:** porcentajes del volumen y medida alcanzada según el tipo de material del suelo

VOLUMEN DE PRUEBA	MATERIA L	UBICACIÓN	MEDIDA ALTURA (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PORCENTAJ E
264.05 cm <sup>3</sup>	ARCILLA	SUPERIOR	2	105.62	40%
	LIMO	INTERMEDIA	0.5	26.41	10%
	ARENA	INFERIOR	2.5	132.03	50%

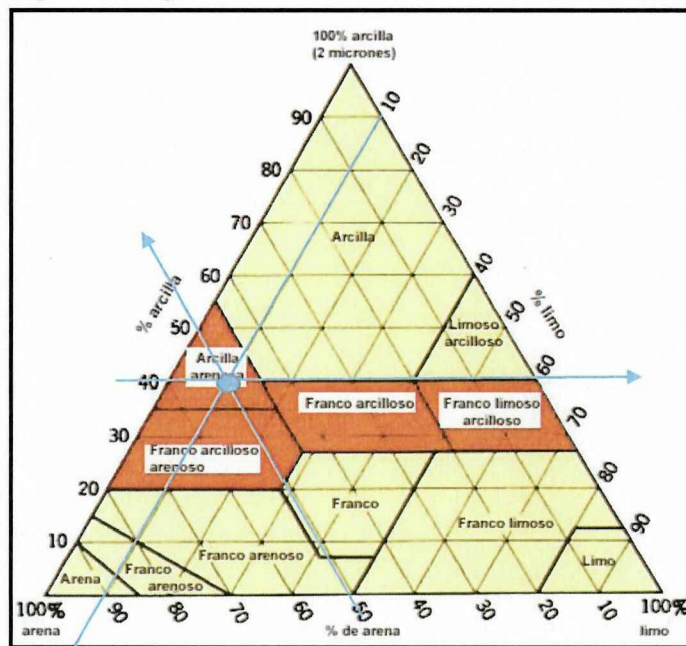
Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).



#### 9.1.5.4 Aplicación del triángulo de textura

Los porcentajes que se obtuvieron post cálculo del volumen obtenido por la sedimentación de partículas, se ubicaron en el triángulo de textura.

Imagen 4: Triángulo de textura



Fuente: (FAO, 2016)

**Interpretación.-** Luego de la ubicación de los porcentajes sobre el triángulo de textura, el suelo en estudio se clasifica como arcilloso arenoso.

#### 9.1.6 Métodos analíticos o ensayos de laboratorio

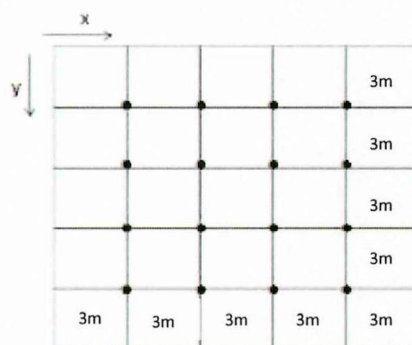
##### 9.1.6.1 Recolección del material base (suelo contaminado)

El material fue colectado en el mes de marzo del año 2016, el mismo que proviene de un derrame ocurrido en un sumidero de la planta de generación de PETROECUADOR. Para ello se utilizó un muestro de identificación (MI) establecido en el Decreto Supremo N° 002-2013 por el Ministerio del Ambiente de Perú (MINAM, 2014), el cual tiene como objetivo identificar la existencia de contaminación del suelo a través de la obtención de muestras representativas con el fin de establecer si el suelo supera o no los estándares de calidad ambiental.



Para el muestreo se trazó una cuadrícula regular con líneas paralelas y equidistantes sobre toda el área en estudio, la cuadrícula cuenta con una distancia de 3 metros entre nudillo cubriendo todo el área afectada.

**Imagen 5:** Cuadrícula de muestreo



Fuente: (MINAM, 2014)

Antes de la perforación y extracción de la muestra de suelo, se procedió al retiro de materiales que pudiesen caer desde niveles superiores, de tal manera que caractericen y garanticen las condiciones reales del suelo.

Se tomaron 5 submuestras con un peso de 1 kg con ayuda de un barreno, a una profundidad de 30 cm en cada uno de los nudillos de la cuadrícula, posteriormente las submuestras fueron homogenizadas para formar una muestra compuesta, para ser enviada al respectivo análisis físico, químico y biológico.

**Tabla 15:** Profundidad del muestreo según el uso del suelo

Usos del suelo	Profundidad del muestreo
<b>Suelo Agrícola</b>	0 – 30 cm (1)
	30 - 60 cm
<b>Suelo Residencia / Parques</b>	0 – 10 cm (2)
	10 – 30 cm (3)
<b>Suelo Comercial/Industrial/Extractivo</b>	0 – 10 cm (2)

Fuente: (MINAM, 2014)



Para el cumplimiento del análisis de laboratorio se aplicaron los siguientes métodos de ensayo:

**Tabla 16:** Determinación de parámetros y su metodología aplicada

PARAMETRO	UNIDAD	METODO DE ENSAYO
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)	mg/kg	MAL-78/EPA 8270 D
Recuento de bacterias aerobias mesófilas	Ufc/g	SM 9215 B
Potencial de Hidrogeno (pH)	-	PNE/DPEC/A/EPA 9045 C
Temperatura	°C	PNE/DPEC/A/SM 2550 B
	°C	Termómetro Ambiental
Humedad	mg/kg	Infrarrojo
	mg/kg	Análisis Gravimétrico
Salinidad	Ppt	APHA 2520 B
Conductividad	Ms/cm	APHA 2510 B
Textura	% arcilla, limo y arena	Tamizado
	% arcilla, limo y arena	Densímetro de Boyucuos

Fuente: (Laboratorios DPEC & OSP Universidad Central del Ecuador, 2016)

## 9.2 Parte experimental

### 9.2.1 Materiales experimentales

#### 9.2.1.1 Materiales para el tratamiento (reactivos)

- Acondicionador (cascarilla de arroz)
- Materia orgánica (Estiércol de ganado vacuno)
- 8 galones de oxigreen
- 8 galones de peróxido de hidrógeno
- 8 galones de bacgreen
- 1 barril de agua declorada.



### **9.2.1.2 Materiales de campo**

- Palas
- Azadones
- Rastrillos
- Carretilla
- Botas de caucho
- Cinta métrica
- Geomenbrana de 300  $\mu\text{m}$
- Fundas ziploc de polietileno
- Guantes
- Cámara fotográfica digital
- GPS
- Termómetro ambiental
- Bomba tipo mochila
- Bomba de aspersión 5 lts

### **9.2.1.3 Materiales/Equipos analíticos**

Los equipos y reactivos corresponden al laboratorio de medio ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi

- pH metro
- Termómetro ambiental
- Balanza analítica
- Estufa
- Mufla
- Refrigeradora
- Computadora
- Agua destilada
- Matraz



## 9.2.2 Metodología

### 9.2.2.1 Preparación del terreno

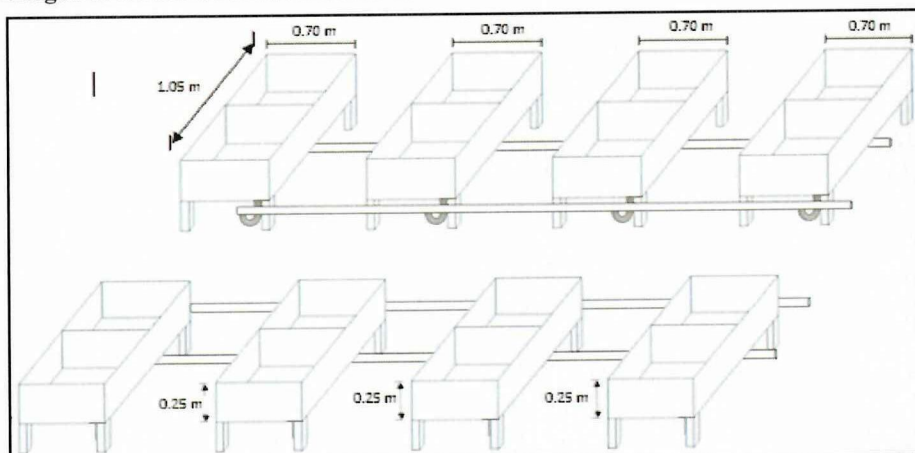
El terreno que sirvió de área para el estudio de remediación comprendió un rango de 20 m<sup>2</sup>, ubicándose esta en los límites de la empresa. La topografía dicha área fue nivelada y compactada hasta alcanzar un ángulo de inclinación de 5°, para evitar el aglutamiento de agua.

Posteriormente se realizó el levantamiento de un sistema cerrado (invernadero), para controlar las condiciones de humedad y temperatura; sobre todo evitar las inundaciones de las celdas en días de lluvia.

### 9.2.2.2 Construcción de las Celdas de tratamiento

Para el tratamiento del suelo contaminado con hidrocarburos se utilizó la técnica Landfarming, para lo cual se construyó 8 celdas de 1.05 m x 0.70 m, divididas por la mitad. Las celdas fueron previamente impermeabilizadas con geomenbrana de 200 micras; además las celdas poseen un sistema de recolección de lixiviados, todo este sistema de biorremediación tiene una inclinación de 5° con el objetivo de evitar la acumulación de lixiviados y sea más fácil su captura minimizando el riesgo de contaminación al suelo natural.

Imagen 6: Diseño de celdas tratamiento



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).



### 9.2.2.3 Transporte del suelo contaminado

El material destinado para la descontaminación, fue trasladado con todas las medidas de seguridad según el caso, para ello se utilizó sacos de yute debidamente impermeabilizados, con el fin de evitar el posible escurrimiento de lixiviados.

### 9.2.2.4 Aplicación y distribución del ensayo

En cuanto a la aplicación del ensayo se aplicó ocho tratamientos con dos repeticiones obteniendo como resultado 16 unidades experimentales, dichos tratamientos se realizaron con un volumen de 0,065 m<sup>3</sup> de suelo contaminado.

**Tabla 17:** Ubicación del ensayo

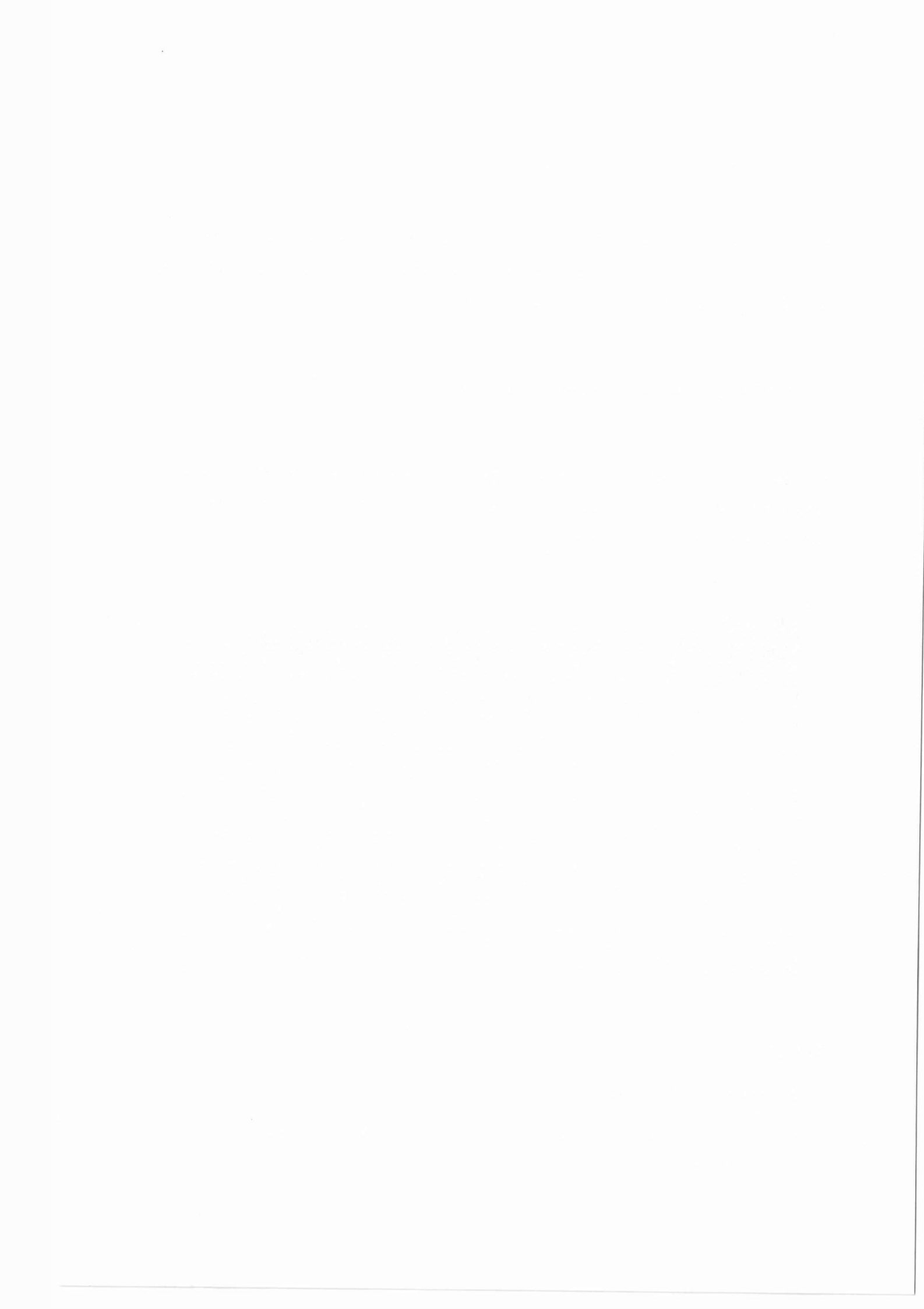
FACTORES	CONCENTRACIÓN	REPETICIONES	TRATAMINETOS					
a1 (EM1)	c1 (35)% c2 (60)%	r1 r2 r1 r2	a1 c1 r1 a1 c2 r1	a1 c1 r2 a1 c2 r2				
a2 (M. orgánica)	c1 (35)% c2 (60)%	r1 r2 r1 r2	a2 c1 r1 a2 c2 r1	a2 c1 r2 a2 c2 r2				
b1 (oxigreen)	c1 (35)% c2 (60)%	r1 r2 r1 r2	b1 c1 r1 b1 c2 r1	b1 c1 r2 b1 c2 r2				
b2 (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	c1 (10)% c2 (60)%	r1 r2 r1 r2	b2 c1 r1 b2 c2 r1	b2 c1 r2 b2 c2 r2				
TESTIGO	.....	r1 r2	T1					

Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

#### Dónde:

**a1:** Es el tratamiento de bioaumentación, utilizando (EM1)

**a2:** Es el segundo tratamiento de bioestimulación de bacterias autóctonas (*Pseudomona stutzeri* y *Flavubacterium sp.*)



**b1:** Es el primer producto químico en estudio (oxigreen)

**b2:** Es el segundo producto químico en estudio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

**c1:** Es la concentración al 25% la cual se utilizó (125 ml / 0.5 Lt)

**c2:** Es la concentración al 60% aplicando (300 ml/ 0.5 Lt)

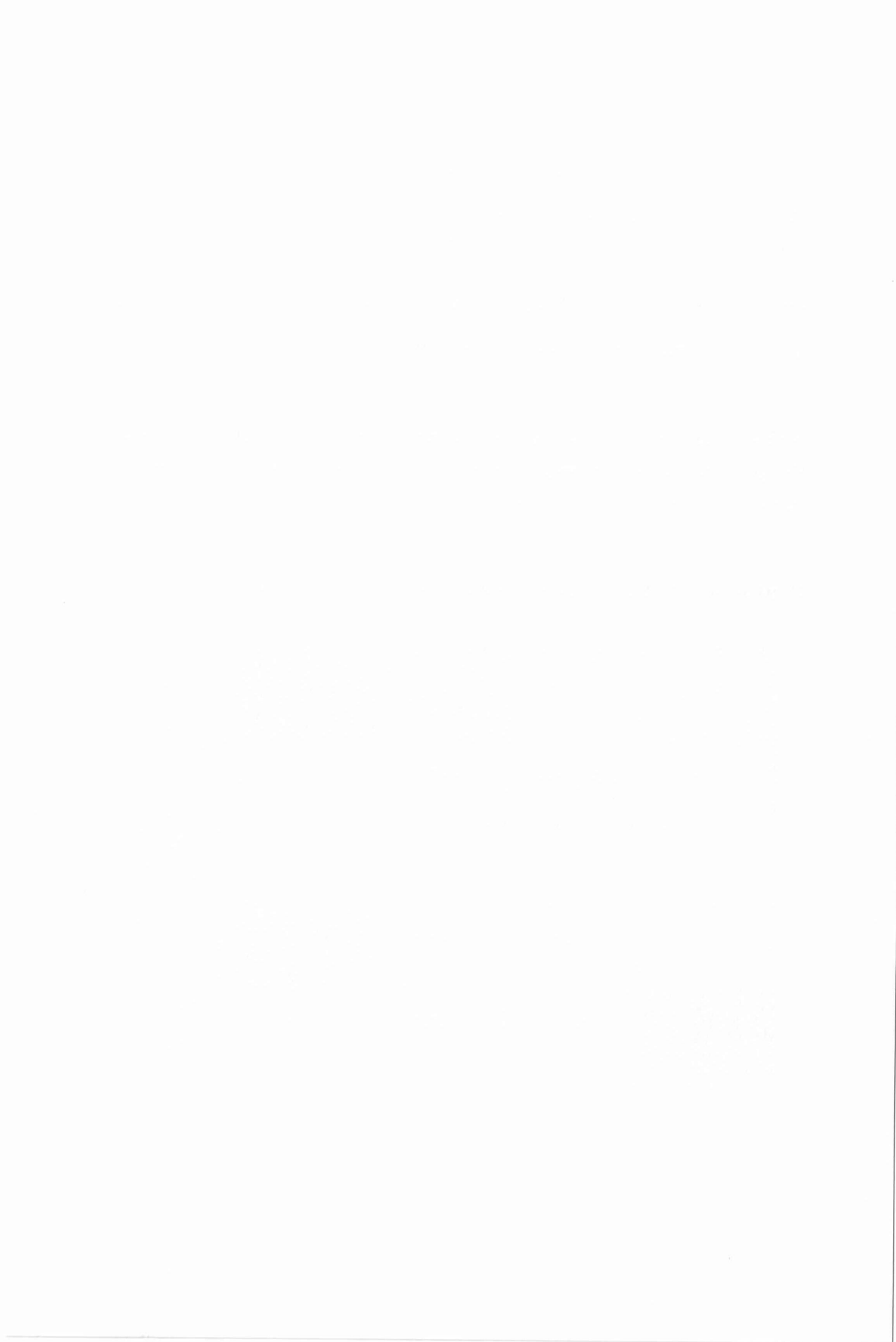
**NOTA:** las concentraciones se aplicaron a los dos factores en estudio. En el caso del tratamiento biológico por bioestimulación, los porcentajes se refieren a la incorporación de materia orgánica en relación al volumen del suelo tratado a lo largo de la remediación.

#### Distribución de las unidades experimentales implementadas en campo

**Tabla 18:** Arreglo intencional de las unidades experimentales e incorporación en campo

<b>b1c1r2</b>	<b>b2c1r2</b>	<b>b1c2r2</b>	<b>b2c2r2</b>	<b>TESTIGOS</b>
<b>b1c1r1</b>	<b>b2c1r1</b>	<b>b1c2r1</b>	<b>b2c2r1</b>	
<b>a1c1r1</b>	<b>a2c1r1</b>	<b>a1c2r1</b>	<b>a2c2r1</b>	
<b>a1c1r2</b>	<b>a2c1r2</b>	<b>a1c2r2</b>	<b>a1c2r2</b>	

Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).



### **9.2.2.5 Preparación de los tratamientos**

El material contaminado se desmenuzó y se repartió de manera uniforme en cada una unidad experimental (Celdas), además se mantuvo a temperatura ambiente.

#### **9.2.2.5.1 Preparación de los compuestos químicos y biológicos**

Los compuestos se prepararon únicamente los días que estos fueron aplicado, para evitar que pierdan sus características físicas y nivel de efectividad.

#### **9.2.2.5.2 Preparación de la concentración al 25%**

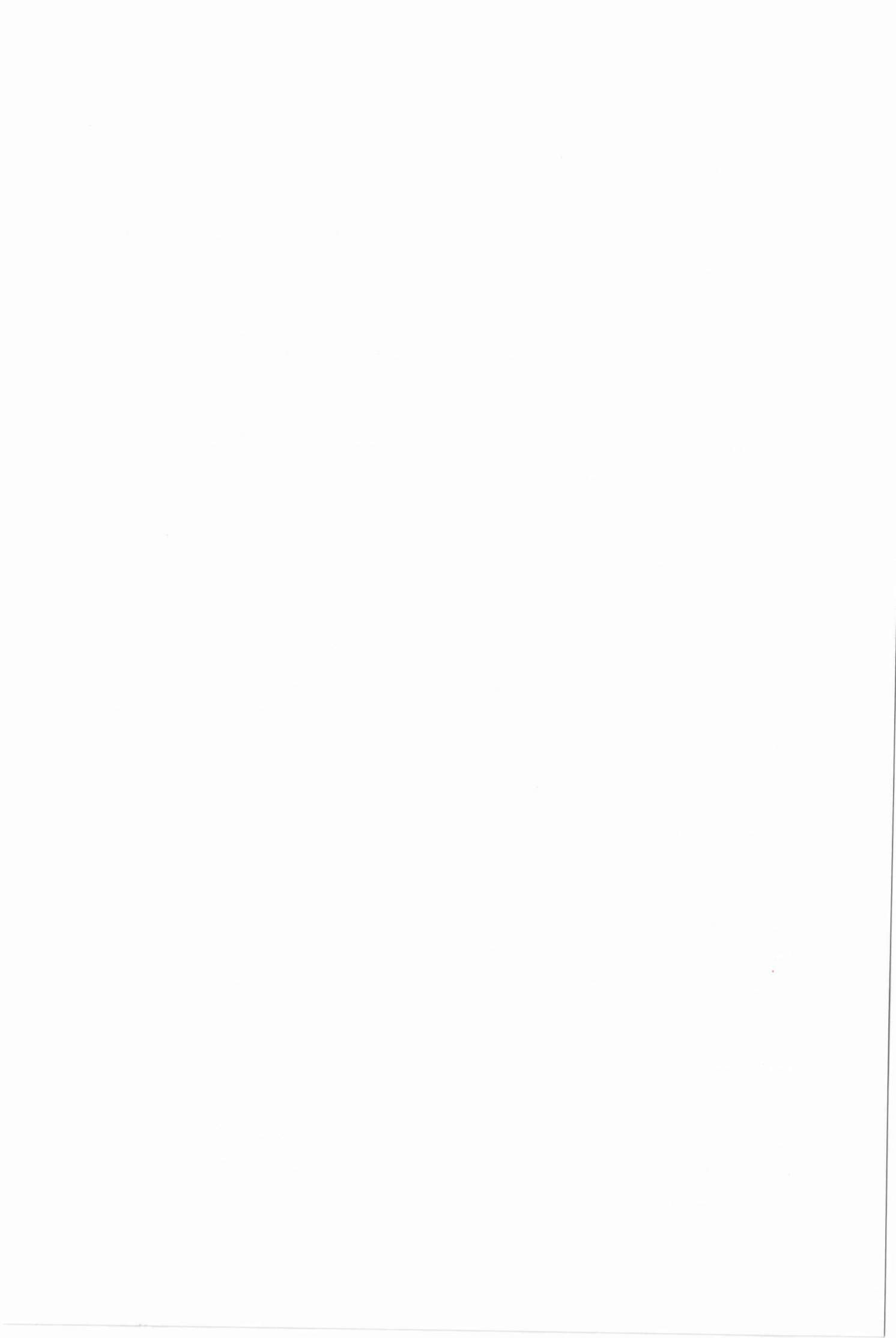
Para la preparación de la concentración al 25% fue necesaria la utilización de un matraz, en el cual se midió 125 ml del compuesto químico y/o biológico que se requiera, posteriormente se añadió 375 ml de agua declorada, hasta conformar un volumen de 500 ml que servirá para únicamente para irrigar a una unidad experimental.

#### **9.2.2.5.3 Preparación de la concentración al 60%**

Para obtener una dosis de 500 ml que servirá para esparcir en una unidad experimental, fue necesario añadir: 300 ml de oxigreen, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> o EM1, independientemente del tratamiento que se aplicó, luego se añadió 200ml de agua declorada y por último se agito el compuesto.

### **Intervalos de aplicación en función al tiempo**

La dosis se aplicó dos veces por semana durante 5 meses, con una cantidad de 0.5 lts. Para la irrigación uniforme de químicos y microorganismos se utilizó una bomba de mochila y una bomba manual respectivamente.



### **9.2.2.6 Aireación y acondicionamiento de los tratamientos**

Se realizó una aeración manual tres veces por semana con ayuda de azadones con el fin de oxigenar el suelo, de esta manera los microorganismos aerobios pueden acelerar su metabolismo y por ende degradaran mayor cantidad de contaminantes, asimilándolos o transformándolos en biomasa, dióxido de carbono y agua.

A los 15 días iniciados el tratamiento se adicione los porcentajes correspondientes a (casarilla de arroz) a todas las unidades experimentales, este acondicionador facilita la aireación, absorción de la humedad y la filtración de nutrientes; además es rica en sílice y aporta nutrientes como el P y K.

### **9.2.2.7 Monitoreo**

Se llevó acabo el monitoreo de factores ambientales (humedad, temperatura y pH) con el objetivo de controlar las variables sobre la biodegradación de hidrocarburos.

### **9.2.2.8 Pruebas analíticas**

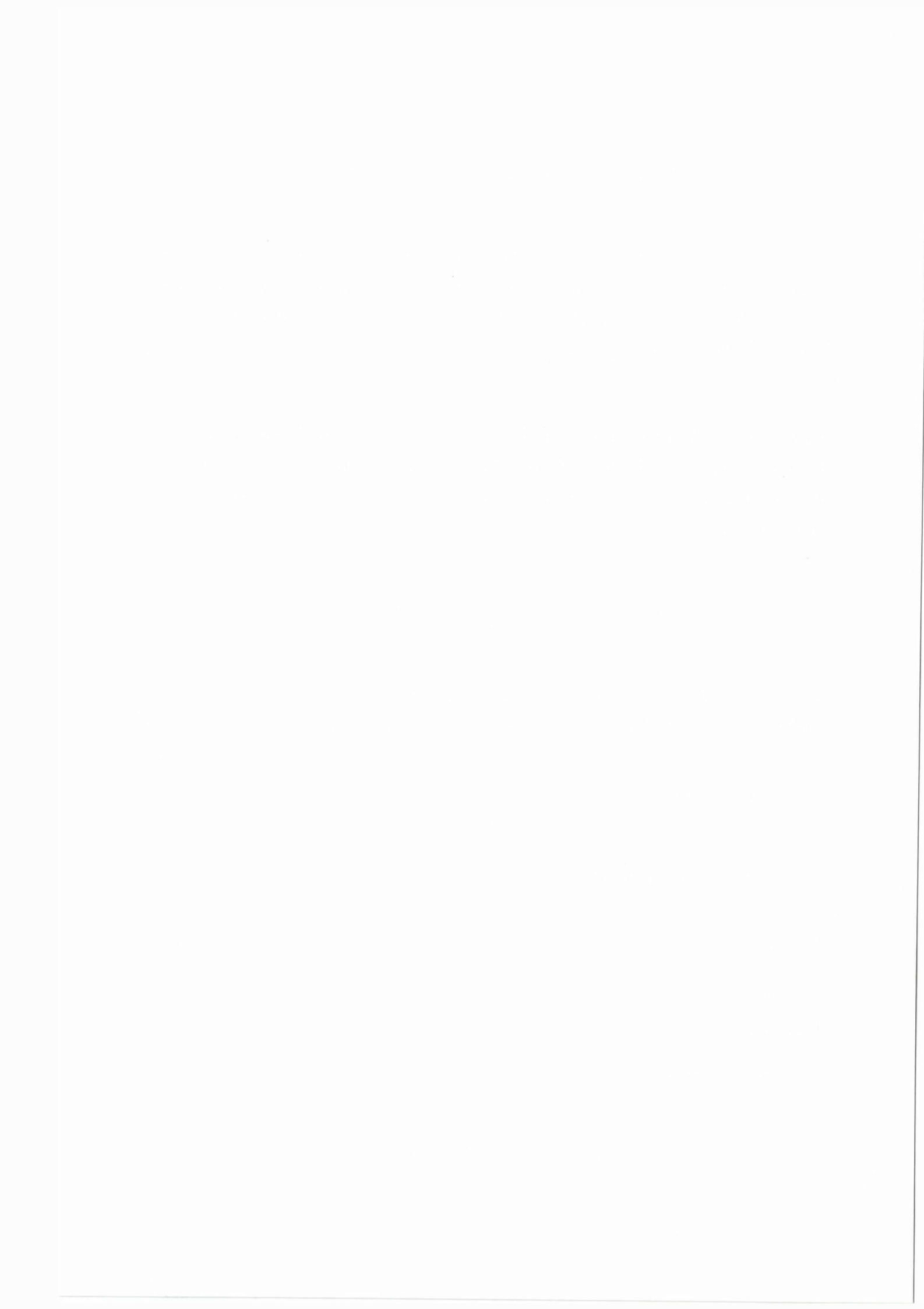
#### **9.2.2.8.1 Medición de pH**

#### **Equipo**

- pH-metro

#### **Materiales**

- Vaso de precipitación
- Espátula
- Balanza



## Preparación de la muestra

- Se pesa 20 g de muestra de suelo contaminado con hidrocarburo.
- Se coloca en un vaso de precipitación que contenga 100ml de agua desionizada.
- Agitar por 1 minuto.

**Imagen 7:** Agitador eléctrico



Fuente: (Bravo & Guamani, 2016).

## Procedimiento

- Lavar el potenciómetro.
- Enjuagar el electrodo de vidrio con agua destilada y secar.
- Calibrar el aparato con dos soluciones tampón, siguiendo las instrucciones
- Enjuagar nuevamente el electrodo con agua destilada.
- Sumergir el electrodo en la muestra y hacer la lectura de pH de acuerdo con las instrucciones del equipo.
- Enjuagar el electrodo y dejarlo en un recipiente con agua destilada.

## Almacenamiento y conservación del pH

Una vez realizadas las mediciones, se realiza una limpieza general del equipo utilizado y se almacena adecuadamente en su correspondiente contenedor, considerando que el electrodo debe estar siempre colocado en un recipiente con agua destilada, para garantizar el estado de conservación del mismo.



### 9.2.2.8.2 Determinación de humedad

#### Método

- Análisis volumétrico

#### Materiales

- Estufa
- Balanza
- Calculadora
- Cajas Petri
- Pinza espátula

#### Preparación de la muestra

Las muestras deben ser pesadas en una balanza normal para obtener el peso inicial de cada una.

#### Procedimiento:

- Toma de muestra de suelo
- Pesaje de la muestra antes de secar (Mt)
- Pesado en estufa hasta 105 °C hasta peso constante
- Pesaje de la muestra secada (Ms)

**Imagen 8:** Pesado de la muestra

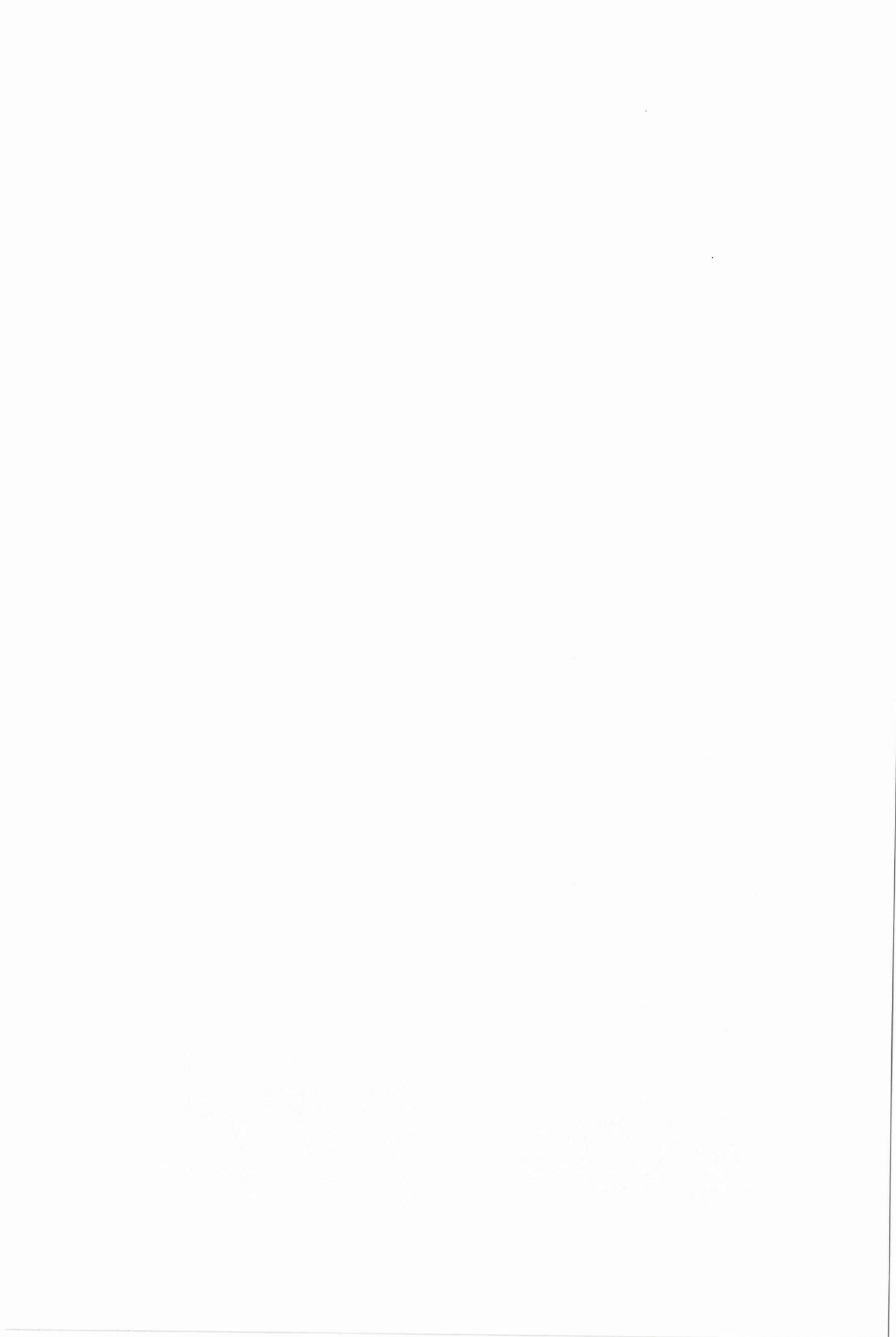


Fuente: (Bravo & Guamani, 2016).

**Imagen 9:** Secado de la muestra



Fuente: (Bravo & Guamani, 2016).



### **Aplicación de la fórmula de gravimetría**

Por último, se aplicara la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de humedad, esta operación se la realizo en varias ocasiones con el objetivo de tener varias muestras como referencia, de tal manera que podamos controlar la humedad en las unidades experimentales.

$$\% = \frac{M_t - M_s}{M_t} (100) \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1)$$

#### **9.2.2.8.3 Determinación de temperatura.**

##### **Método**

- De campo

##### **Materiales**

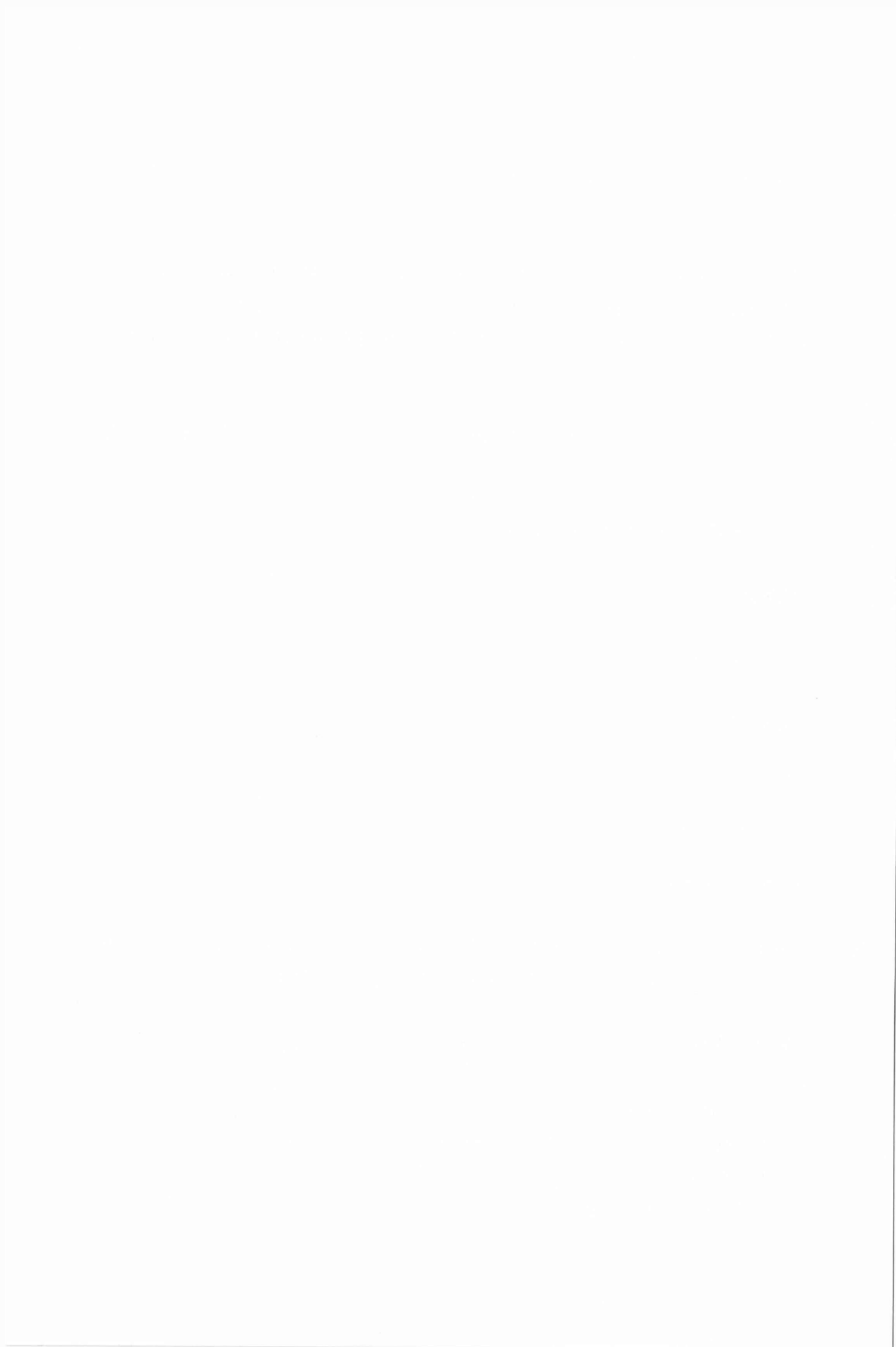
- Termómetro ambiental
- Suelo contaminado

##### **Preparación de la muestra**

Antes del registro de datos de temperatura las celdas deberán encontrarse en estado natural; es decir, no se deberá aplicar compuestos químicos ni biológicos un día antes.

##### **Procedimiento**

- Calibrar el equipo (termómetro)
- Introducir el electrodo por 1 minuto sin que este toque las manos
- Registra la lectura
- Guardar correctamente el equipo.



### **9.2.2.9 Recolección de lixiviados**

El sistema de recolección de lixiviados cumple con especificaciones de construcción y operación asegurando una instalación controlada para evitar fugas hacia el medio natural.

Se utilizó geomembrana de 200 micras para evitar el percolamiento hacia las celdas, posteriormente los lixiviados fueron captados por un sistema de tubería hacia un recipiente debidamente impermeabilizado. Como la cantidad de lixiviados fue mínima se recirculo nuevamente en los tratamientos.

Los lixiviados que se obtuvieron de los tratamientos químicos y biológicos, fueron depositados nuevamente en los tratamientos, ya que gran parte de los lixiviados lleva consigo gran cantidad de nutrientes que son esenciales para el suelo.

## **9.3 Análisis del suelo tratado**

### **9.3.1 Recolección del material en tratamiento (celdas)**

Se realizó un muestreo casual en cada uno de los 16 tratamientos, para lo cual el volumen óptimo requerido por el laboratorio fue de 1 kg/muestra. Dicha actividad se ejecutó con las normas de seguridad para evitar cualquier tipo de contaminación tanto a la muestra como al recolector.

Las muestras fueron transportadas y preservadas según muestra la tabla 18 establecida por el Ministerio del Ambiente del Perú.



**Tabla 19:** Recipientes, temperatura de preservación y tiempo de conservación de muestras ambientales para los análisis correspondientes.

Parámetro	Tipo de recipiente	Temperatura de preservación	Tiempo máximo de conservación
Compuestos Orgánicos Volátiles COVs	Frasco de vidrio ancha, con tapa y sello de teflón	4° C	14 días
BTEX			
Hidrocarburos Fracción Ligera			
Hidrocarburos Fracción Media			
Hidrocarburos Fracción Pesada			
Compuestos Orgánicos semivolátiles COVs y Plaguicidas			
Metales Pesados y Metaloides	Bolsas de polietileno densa	Sin restricciones	sin restricciones
mercurio (Hg)	Frasco de vidrio ancha, con tapa de teflón que asegure la integridad de las muestras hasta su análisis	4° C	14 días
PCB	Viales de vidrio con cierre de Teflón	4° C	14 días
PAH	Viales de vidrio con cierre de Teflón	4° C	14 días

Fuente: (MINAM, 2014)

### 9.3.2 Etiquetado

Para esta actividad se elaboraron etiquetas según los requerimientos de la Norma INEN 686 1982-05, cuya información contiene: Numero o clave de la muestra, lugar del muestreo, fecha y hora del muestro, coordenadas UTM, peso y responsable de la toma de muestra.

El ingreso de los datos se realizó con tinta indeleble, luego se colocó la etiqueta en un lugar visible sin que esta sobrepase el tamaño del recipiente para ser cubierta con cinta de embalaje transparente para evitar que esta llegue a dañarse.



#### 9.4 Análisis estadístico

Para la determinación de los índices de mejora tanto de los tratamientos químicos como biológicos se analizó en primer caso: una muestra compuesta inicial, una muestra final a los 5 meses y por último una muestra a las 10 semanas después de haberse iniciado los tratamientos.

Al final se obtuvo tres lecturas de cada tratamiento, dichas lecturas fueron procesadas en el programa informático Excel y presentadas en gráficos que representen el índice de mejora por tratamiento.

A los datos generados se desarrolló una estadística acorde a los resultados obtenidos de los diferentes tratamientos, esta metodología se aplicó para determinar cuál fue el valor total reducido de contaminantes hidrocarbúricos, así como también identifica cual fue la mejor concentración aplicada.

Se realizó una estadística de variación con los resultados de los análisis iniciales y finales de cada ensayo y testigo en función a la media y el error estándar.

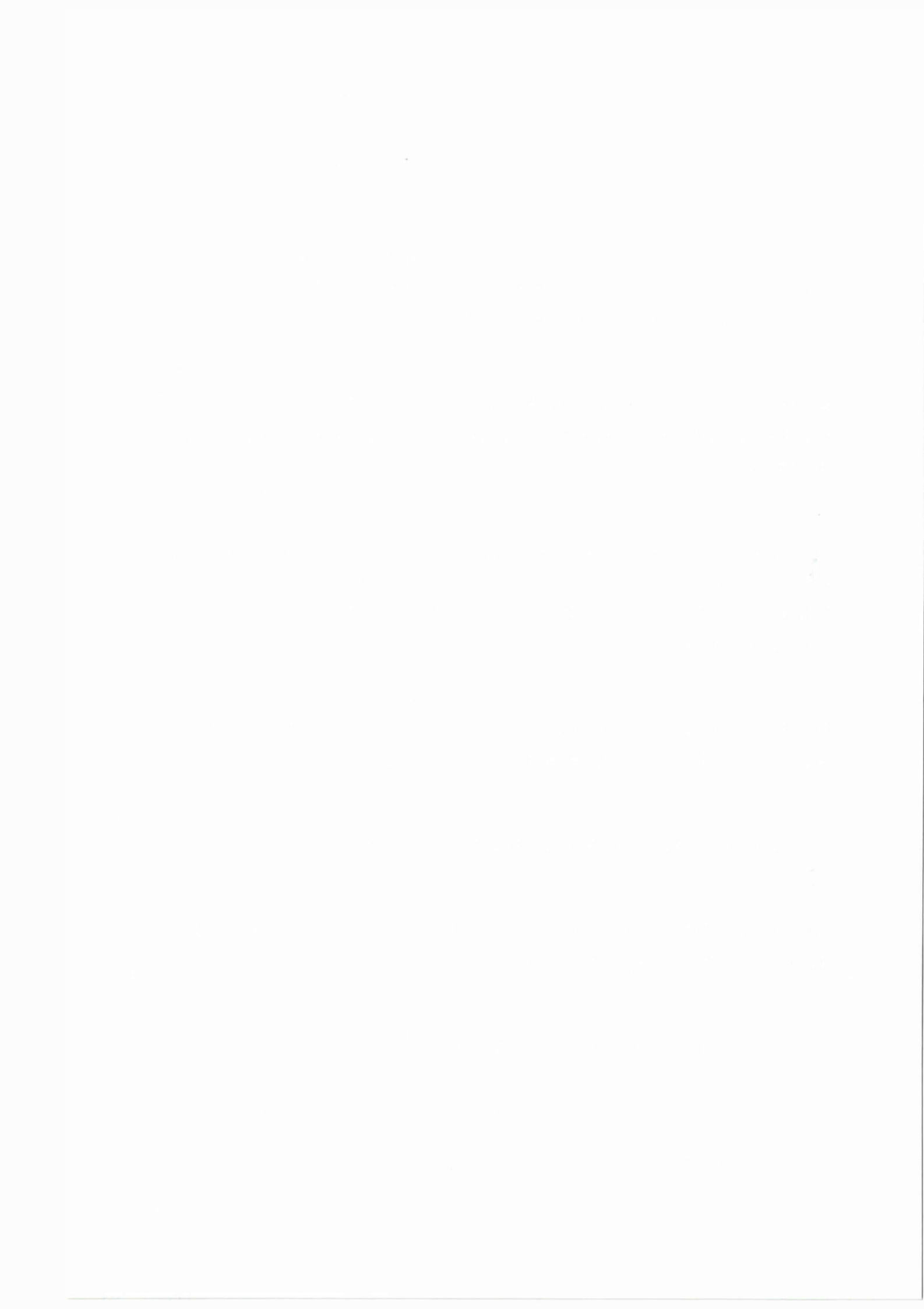
#### Cálculo del rendimiento del proceso de remediación

Para determinar el rendimiento de degradación de hidrocarburos se aplicó la metodología de (Rodríguez, 2008) representada en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ RENDIMIENTO} = ((C.\text{INICIAL}-C.\text{FINAL})/C.\text{INICIAL})*100 \quad (\text{Ecuación N}^\circ 2)$$

#### Donde:

C= es la concentración de TPHs



## 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 10.1 Caracterización del suelo contaminado con Hidrocarburos

Las características físico-químicas del suelo fueron óptimas para la aplicación del método Landfarming, además que la evaluación del suelo contaminado demuestra que se encuentran hidrocarburos teóricamente degradables.

**Tabla 20:** Resultados de laboratorio

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS
Hidrocarburos Totales (TPH)	mg/kg	14000
Hidrocarburos Aromáticos policíclicos (HAPs)	mg/kg	< 0,00660
Naftaleno	mg/kg	< 0,00660
Acenafteno	mg/kg	< 0,00660
Acenaftileno	mg/kg	< 0,00660
Fluoreno	mg/kg	< 0,00660
Fenantreno	mg/kg	< 0,00660
Antraceno	mg/kg	< 0,00660
Fluoranteno	mg/kg	< 0,00660
Pireno	mg/kg	< 0,00660
Benzo (a) Antraceno	mg/kg	< 0,00660
Criseno	mg/kg	< 0,00660
Benzo (b) Fluoranteno	mg/kg	< 0,00660
Benzo (k) Fluoranteno	mg/kg	< 0,00660
Benzo (a) Pireno	mg/kg	< 0,00660
Indeno(1,2,3-cd) Pireno	mg/kg	< 0,00660
Dibenzo (a,h) Antraceno	mg/kg	< 0,00660
Benzo (g,h,i) Perileno	mg/kg	< 0,00660
CARBOZOLE	mg/kg	< 0,00660
Recuento de bacterias aerobias mesófitas	ufc/g	1.3X10 <sup>5</sup>
Potencial de Hidrogeno (pH)	-	7,21
Temperatura	°C	21
Humedad	mg/kg	34,21
Salinidad	Ppt	2,2
Conductividad	Ms/cm	3,67
Textura	% arcilla, limo y arena	Suelo arcilloso, arenoso

**Fuente:** Laboratorios: DEPEC y OSP Universidad Central del Ecuador



El valor de 14000 mg/kg de TPH es superior al límite permisible para suelo agrícola (2500 mg/kg) establecidos en la Tabla 6 del Decreto Ejecutivo 1215 RAOH.

Los valores de HAPs son menores a 0,00660 mg/kg, encontrándose en los límites permisibles considerando que deben ser menor a 2.

El suelo contaminado por hidrocarburos presenta un pH de 7, 21 por lo tanto es neutro con tendencia a ser ligeramente ácido, este comportamiento es típico para climas húmedos, como el del cantón Lago Agrio.

El suelo es moderadamente salino, por lo que no afecta al crecimiento microbiológico, puesto que elevados niveles de salinidad pueden destruir la estructura terciaria de las proteínas, desnaturalizar enzimas y deshidratar células.

Entre las características físicas del suelo, el valor que no destaca es el contenido de humedad, expresándose este en 34,21%, por lo que fue necesario humedecer los tratamientos, con el fin de mantener una humedad relativa equivalente al 55%.

La temperatura se encuentra en un rango óptimo para el cumplimiento de la actividad metabólica de los microorganismos y la tasa de biodegradación.

La proporción de arcilla presente en el suelo facilita la entrada efectiva de aire, agua, nutriente y la movilidad del contaminante durante la biodegradación. De esta manera se evita que el contaminante se absorba en las partículas del suelo formando agregados.

Según el recuento total de mesófilos aerobios, indica que existe una gran presencia de microorganismos, demostrando claros indicios de tratabilidad con métodos biológicos por bioestimulación.



## 10.2 Resultados de Biorremediación

Durante 5 meses se aplicó diferentes tratamientos, a distintas concentraciones con dos repeticiones cada una, para lo cual se realizó tres mediciones de TPH en laboratorio: la primera en el mes de abril, la segunda a mediados de junio y la última en el mes de agosto.

**Tabla 21:** Valores de TPH según el tratamiento

TRATAMIENTO	FACTOR	CONCENTRACIÓN	ARREGLOS FACTORIALES	RESULTADOS TPHs (mg/kg)			
				INICIAL	MEDIO	FINAL	
BIOLÓGICO	EM1	25%	a1c1r1	14000	9949.04	5283.01	
			a1c1r2	14000	9744.02	4255.98	
		60%	a1c2r1	14000	9015.74	4984.26	
			a1c2r2	14000	9040.54	4006.67	
	MATERIA ORGÁNICA	25%	a2c1r1	14000	10773.57	6929.13	
			a2c1r2	14000	10663.45	6815.65	
		60%	a2c2r1	14000	10376.71	6137.43	
			a2c2r2	14000	10265.41	6025.21	
	QUÍMICO	OXIGREEN	25%	b1c1r1	14000	7435.56	1931.09
				b1c1r2	14000	7788.88	6211.12
60%			b1c2r1	14000	7352.06	1040.12	
			b1c2r2	14000	7226.03	1010.06	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		25%	b2c1r1	14000	8638.28	2668.56	
			b2c1r2	14000	8525.14	2224.27	
		60%	b2c2r1	14000	8240.16	1865.89	
			b2c2r2	14000	8120.08	1733.45	

Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

Todos los tratamientos tienen un valor inicial de 14000 mg/kg de TPH, por motivo de encontrar un índice de mejora en relación a un mismo punto de partida, para ello se tomaron submuestras de cada tratamiento, luego estas fueron homogenizadas hasta conformar una sola muestra compuesta.

1870

1871

1872

1873

1874

1875

1876

1877

1878

1879

1880

1881

1882

1883

1884

1885

1886

1887

1888

1889

1890

1891

1892

1893

1894

1895

1896

1897

1898

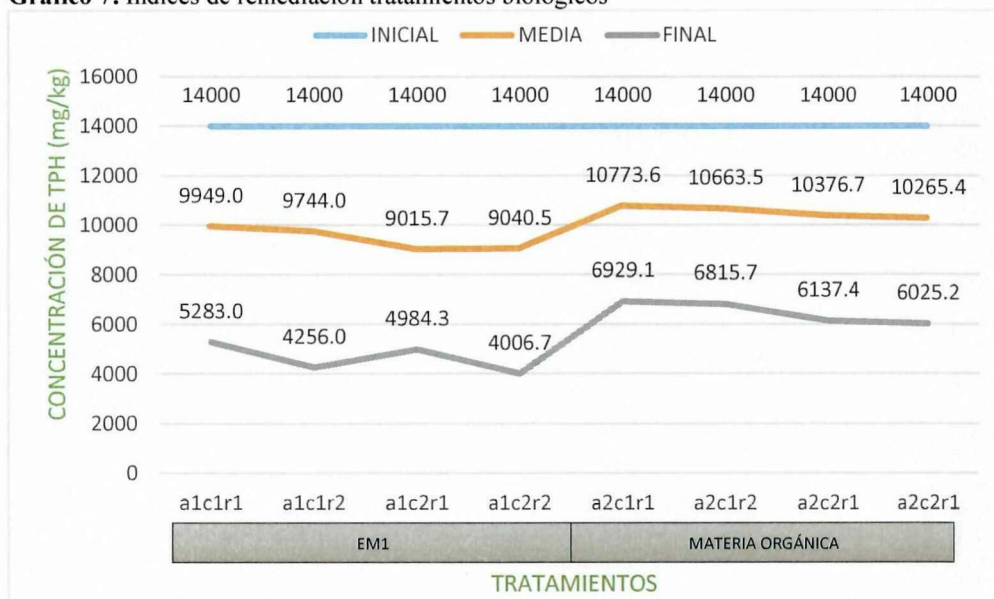
1899

1900

## 10.3 Remediación de hidrocarburos totales

### 10.3.1 Remediación biológica

Gráfico 7: Índices de remediación tratamientos biológicos



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

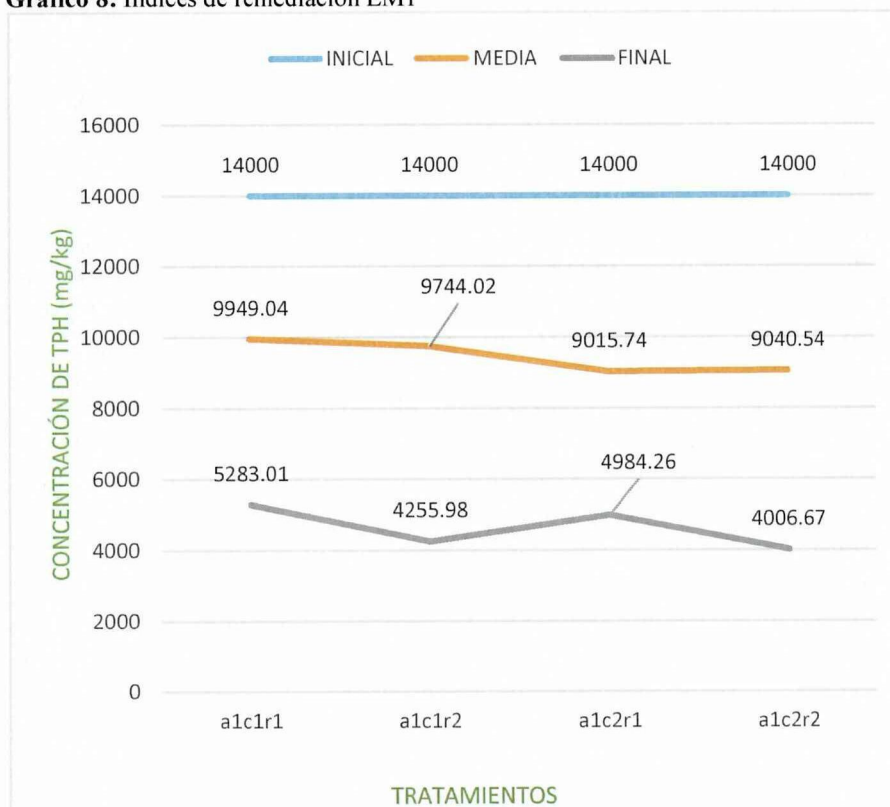
Los valores iniciales de los tratamientos de bioaumentación y bioestimulación, están en los 14000 de TPH expresado en mg/kg. Si bien los tratamientos con bacterias nativas (bioestimulación) a una concentración del 60% en su primera repetición redujeron los niveles hasta 6025.21 de TPH; los tratamientos que se incorporaron la sustancia acuosa EM1 (bioaumentación) con la concentración al 60% en la segunda repetición redujo los valores a 4006.67 de TPH.

A tal razón la incorporación el EM1 resulta ser más eficiente que el tratamiento de bioestimulación hacia las bacterias autóctonas de la zona.



### 10.3.1.1 Remediación con EM1 (BIOAUMENTACIÓN)

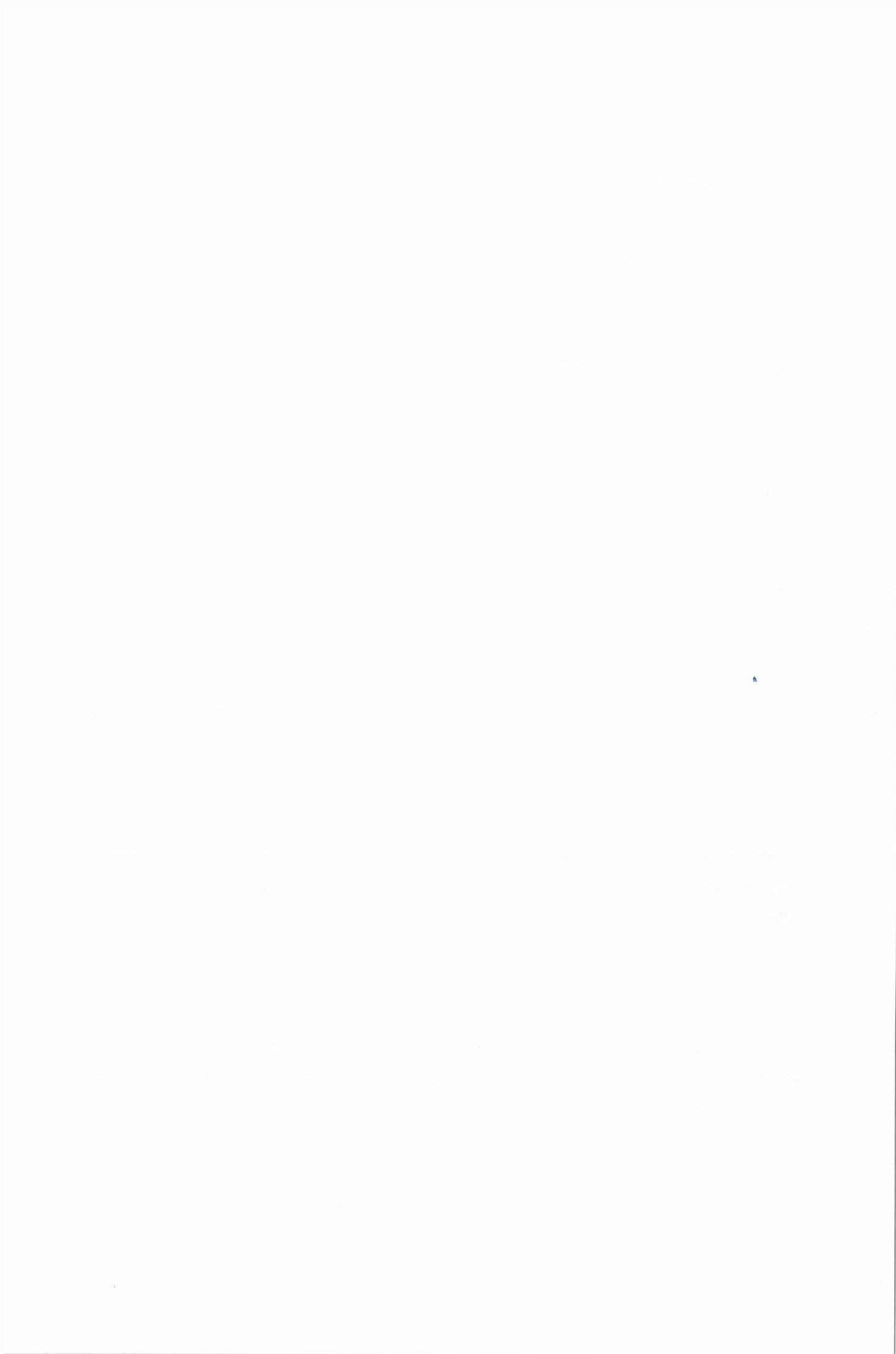
Gráfico 8: Índices de remediación EM1



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

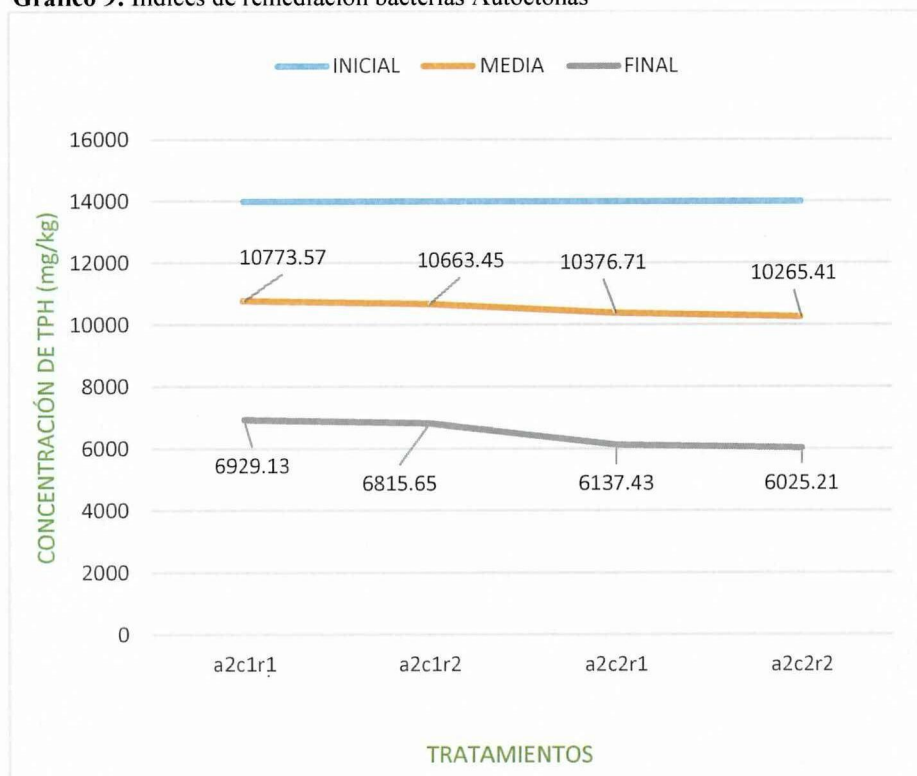
La disminución de TPH con la aplicación del Bacgreen (EM1), resulta más eficiente con una concentración al 60% obteniendo un valor promedio entre ambas repeticiones de 4495,47 de TPH. A diferencia la concentración aplicada al 25% alcanza un promedio de 4769,50 mg/Kg de TPH.

La diferencia en cuanto a concentraciones no es tan significativa, demostrando que independiente mente de la concentración aplicada, obtendremos excelentes resultados pero a la vez se requerirá mayor tiempo para la biorremediación.



### 10.3.1.2 Remediación con bacterias Autóctonas (BIOESTIMULACIÓN)

**Gráfico 9:** Índices de remediación bacterias Autóctonas



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

La biodegradación de los TPHs llegó a 6025.21 mg/kg aplicando materia orgánica al 60% en cuestión del volumen del tratamiento, obteniendo el resultado más representativo en relación a la concentración al 25%, que redujo los valores hasta 6815.65 mg/kg en la segunda repetición, mientras que en la primera repetición alcanzó reducir los TPHs a 6929.13 mg/kg.

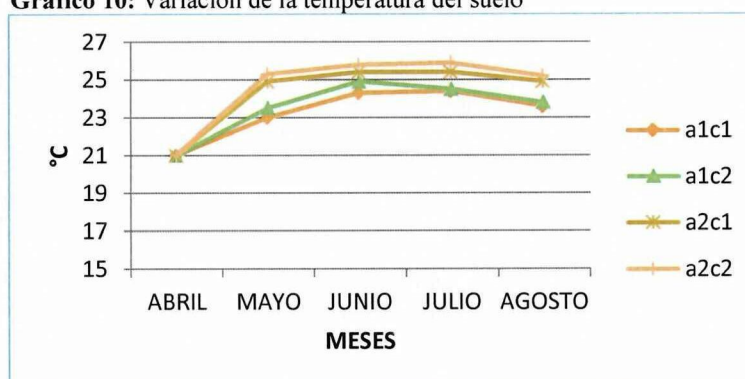
El promedio de los tratamientos a2c1r1 y a2c1r2 al 25% es 6872.39 mg/kg, mientras que el promedio entre los tratamientos a2c2r1 y a2c2r2 al 60% es 6081.32. Hay una diferencia de 791.07 mg/kg, lo cual indica: ambos tratamientos son una buena alternativa para reducir TPHs, pero los tratamientos que se incorporaron materia orgánica al 25% es ligeramente menos eficiente en comparación al tratamiento tratado al 60%



## Variación de la temperatura y pH

Durante el proceso de remediación se tomaron valores de pH y temperaturas con el fin de poder llevar a cabo el monitoreo de los rangos óptimos de biorremediación.

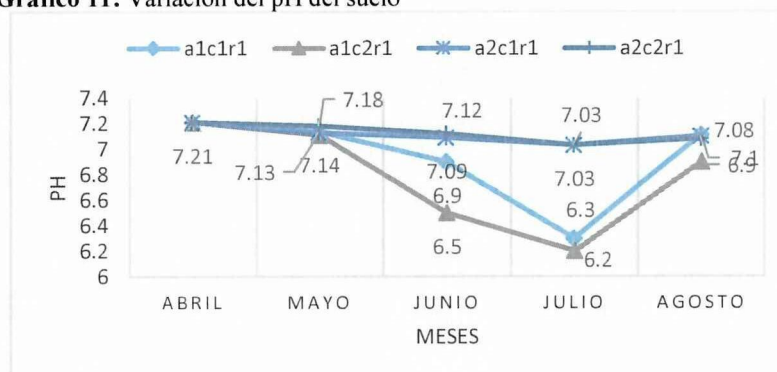
**Gráfico 10:** Variación de la temperatura del suelo



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

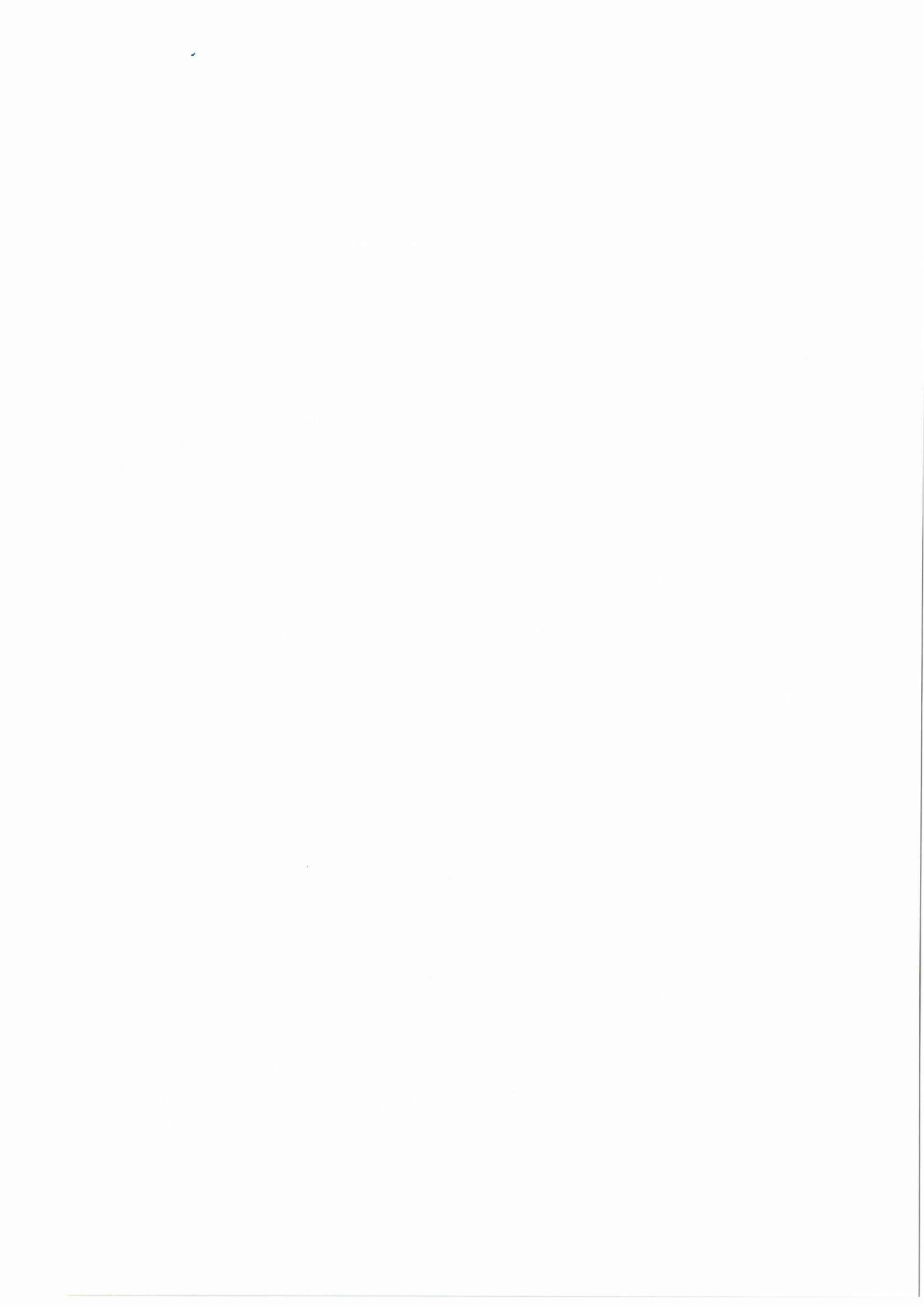
Las temperaturas se mantuvieron en un rango de 21 a 25,9°C, por lo son óptimas para que las bacterias puedan degradar los contaminantes. En los meses de mayo, junio y julio la temperatura asciende hasta los 25,9 °C a causa de que se presenta mayor actividad bacteriana.

**Gráfico 11:** Variación del pH del suelo



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

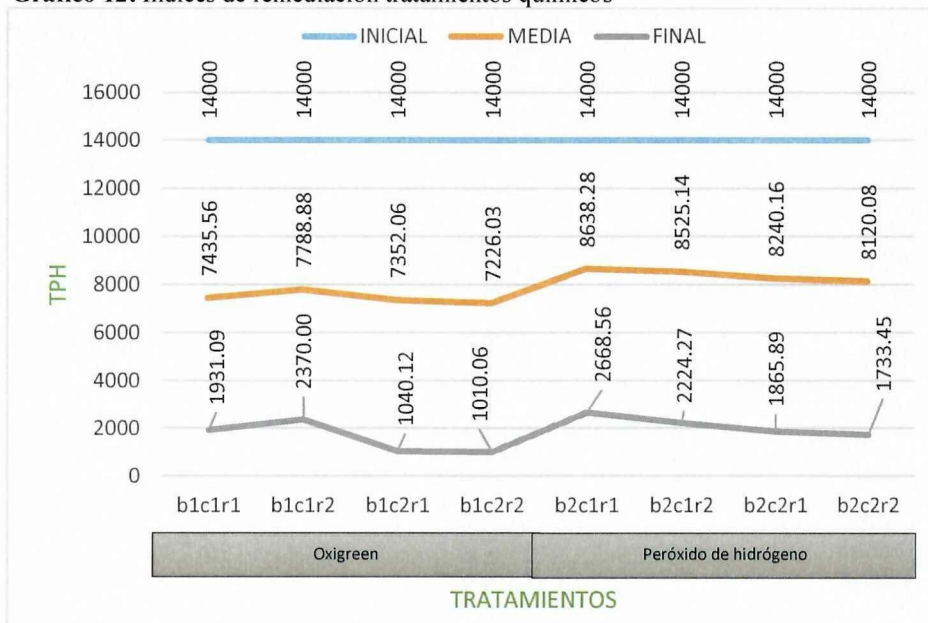
El pH se mantuvo con rangos de 7.03 a 7.21 en el tratamiento de bioestimulación; no obstante el tratamiento de bioaumentación incremento la acidez del suelo por la adición del EM1, que en su composición tiene un pH de 6 a 5. El pH paso a ser ligeramente ácido en los meses de junio y julio, pero en el último mes nuevamente se estabilizó como neutro.



### 10.3.2 Remediación Química

La remediación de hidrocarburos utilizando compuestos químicos, tiene como objetivo bajar los niveles de TPH, generándose una oxidación química la cual destruye los contaminantes a compuestos inocuos comúnmente encontrados en la naturaleza.

**Gráfico 12:** Índices de remediación tratamientos químicos



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

Los tratamientos químicos registran un valor de TPH inicial de 14000mg/kg, los químicos han reducido considerablemente los valores de TPH. Únicamente el tratamiento (b2c1r1) registra un valor de 2668.56 mg/kg por lo cual no cumple los límites permisibles, sin embargo, el valor está cercano al máximo siendo este 2500 TPH expresado en mg/kg.

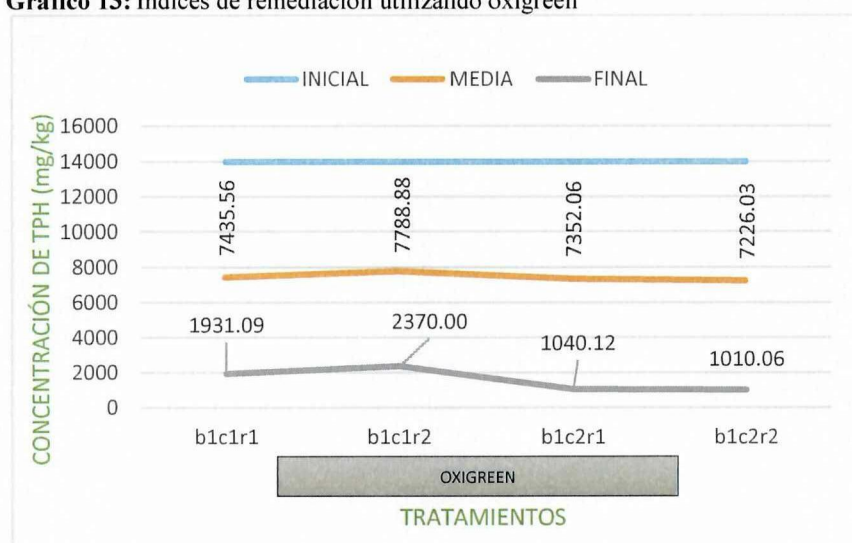
El promedio general de remediación del oxigreen es de 1587.82 mg/kg, mientras tanto que el promedio general del peróxido de hidrogeno es de 2123.04 mg/kg de TPH, resultando más eficiente el oxigreen. No obstante, ambos químicos han reducido los niveles de hidrocarburos totales notablemente tanto que ahora ambos valores se encuentran dentro de los límites permisibles que se señalan en el decreto ejecutivo 1215 del RAOH.



### 10.3.2.1 Remediación con oxigreen

Oxigreen fue el compuesto más eficaz en la investigación que se realizó, de tal manera que, en los 5 meses de tratamiento, redujo en mayor cantidad los contaminantes hidrocarbúricos, ahora el suelo se encuentra dentro de los límites permisibles para uso agrícola.

**Gráfico 13:** Índices de remediación utilizando oxigreen



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

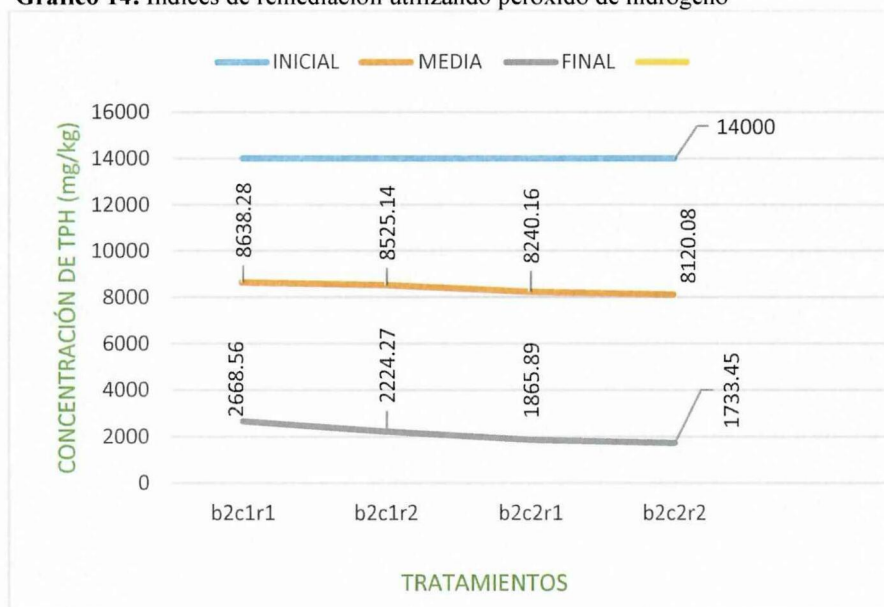
En la búsqueda de una concentración adecuada para optimizar tiempos y costos, se obtuvo los siguientes resultados: la aplicación del químico al 60% adquirió un valor de 1010.06 mg/kg en la segunda repetición, mientras que en la primera repetición consiguió el valor de 1040.12 mg/kg, dándonos como promedio general del valor de 1025.09 mg/kg de TPH; en la concentración al 25% valor más bajo se logró en la primera repetición siendo el valor 1931.09mg/kg, mientras que en la segunda repetición aparece el valor de 2370.00 mg/kg, adquiriendo un promedio de TPH de 2150.55 mg/kg.

En conclusión, la concentración al 60% es más eficiente, pero la concentración al 25% no se queda atrás, considerando que los valores finales de TPH se encuentran dentro de los límites permisibles.



### 10.3.2.2 Remediación con peróxido de hidrógeno

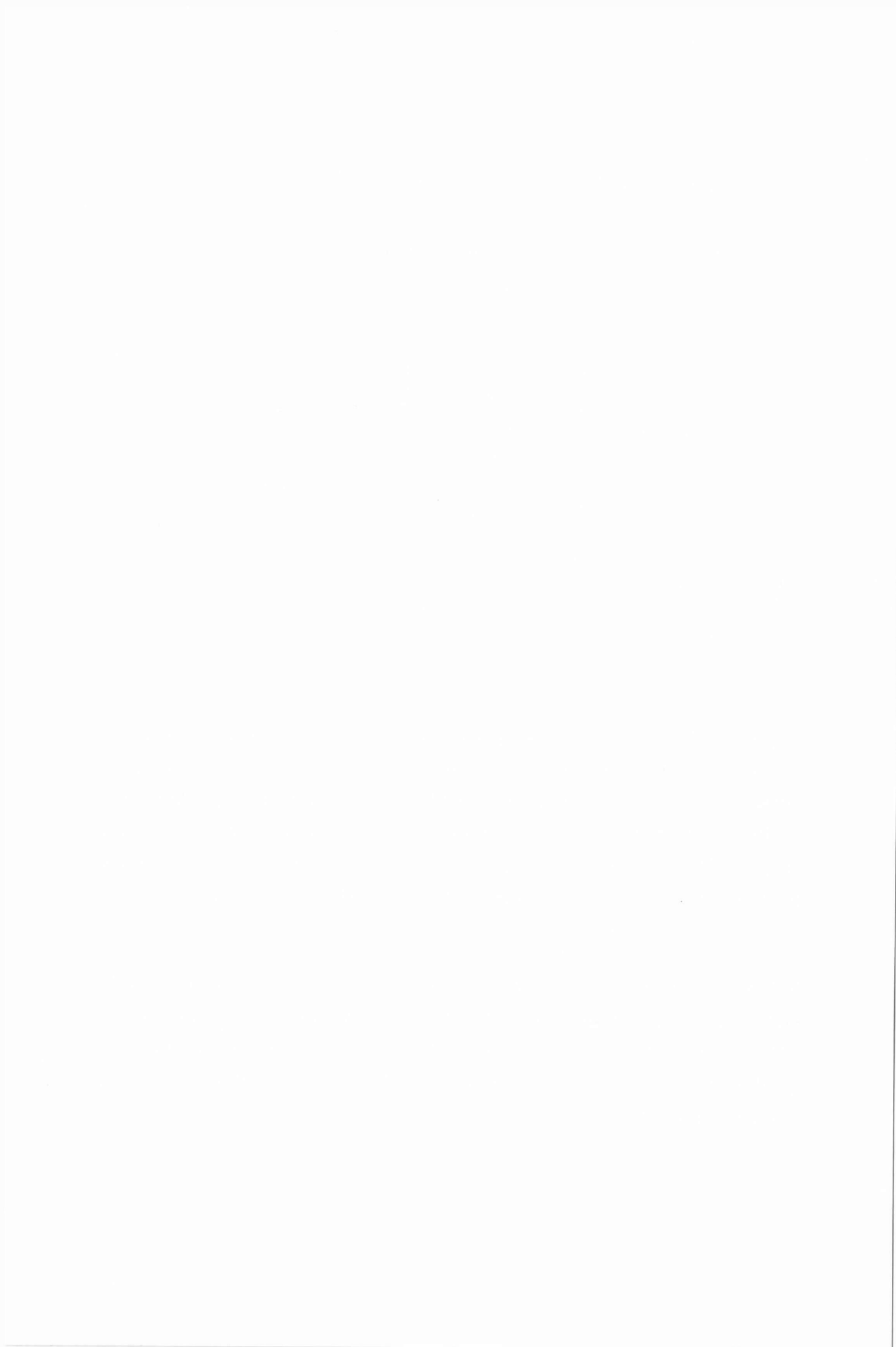
Gráfico 14: Índices de remediación utilizando peróxido de hidrógeno



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

La concentración más eficaz del tratamiento con  $H_2O_2$ , al igual que los tratamientos anteriores es la del 60%, obteniendo el valor de TPH más bajo de 1733.45 mg/kg. Por otro lado, la concentración al 25% de la primera repetición indica un valor de 2686.56 mg/kg sobrepasando los límites permisibles, no obstante al promediar con la segunda repetición (b2c1r1) se obtiene el valor de 2246.09 mg/kg de hidrocarburos totales, este último valor ya se encuentra dentro de los límites permisibles determinado en el decreto 1215 del RAOH para uso agrícola.

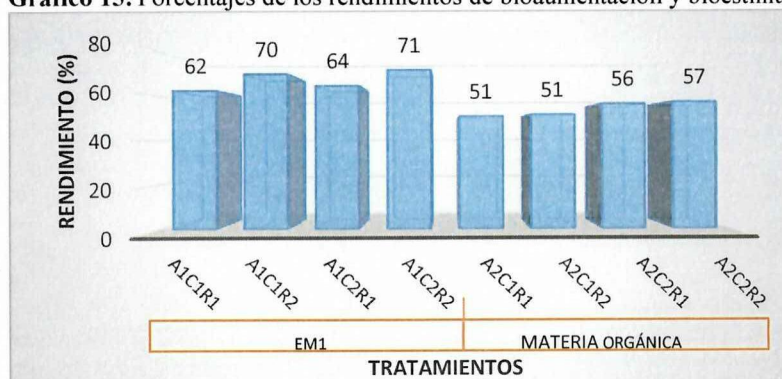
El total de contaminante reducido con la concentración más del 60% es de 12200.33 TPHs, demostrando la alta eficiencia del producto. En el caso de la concentración más baja también obtuvo buenos resultados con un total de 11553.585 mg/kg de hidrocarburos totales. En cuestiones de rendimiento la utilización del peróxido de hidrógeno alcanza un 88% de eficiencia en la concentración al 60%.



## 10.4 Rendimientos del proceso de remediación

### 10.4.1 Rendimiento de los tratamientos biológicos

**Gráfico 15:** Porcentajes de los rendimientos de bioaumentación y bioestimulación

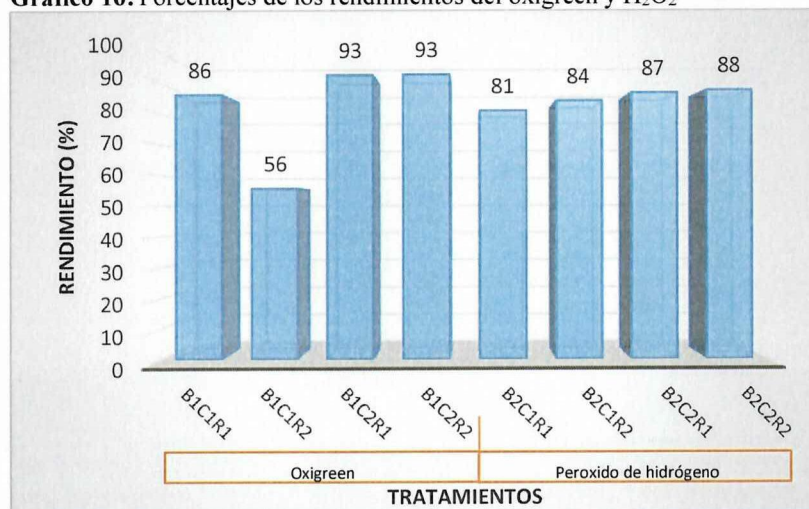


Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

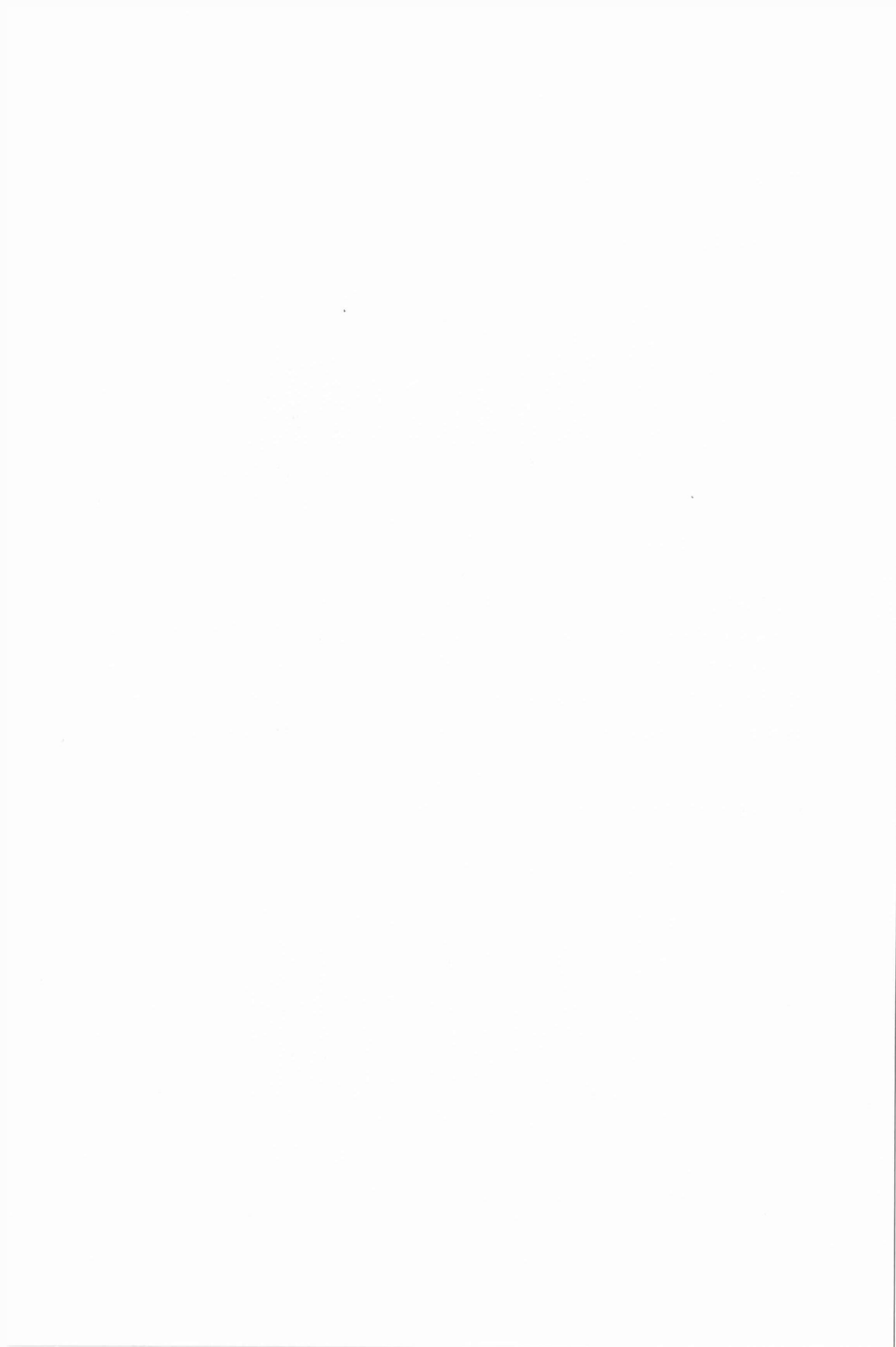
Los tratamientos de mayor rendimiento son: a1c2r2 y a1c1r2 con el 71 y 70% respectivamente, dichos tratamientos corresponden al proceso de bioaumentación la cual consistió en incorporar el EM1. Por otro lado tenemos que los tratamientos que no tuvieron tan buen rendimiento: (a2c1r1 y a2c1r2) con un porcentaje del 51% en ambos casos, a pesar de ello ya superan la barrera del 50% de rendimiento, brindando resultados de remediación considerables.

### 10.4.2 Rendimiento de los tratamientos químicos

**Gráfico 16:** Porcentajes de los rendimientos del oxigreen y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).



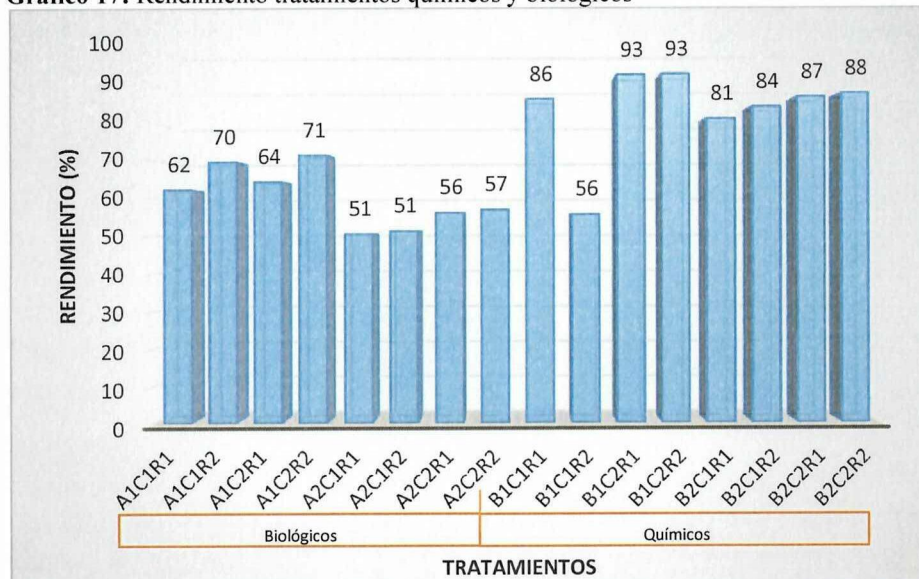
El porcentaje de rendimiento es casi perfecto considerando que la remediación con la aplicación de oxigreen, se obtienen valores del 93% en los tratamientos (b1c2r1 y b1c2r2). Sin embargo, utilizando el mismo producto, pero con menor concentración podemos tener un rendimiento de 86% lo cual es bueno, porque se puede economizar al utilizar 35% menos del producto.

El rendimiento del peróxido de hidrogeno oscilan entre el 81 y 88% siendo sumamente eficaz, pero aún se encuentra por debajo de los índices de mejora que brinda el oxigreen.

#### 10.4.3 Rendimientos (químicos vs biológicos)

La búsqueda de alternativas que ayuden a disminuir y mitigar el contaminante sobre la superficie terrestre se ha convertido en un reto de la humanidad.

**Gráfico 17:** Rendimiento tratamientos químicos y biológicos



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

Los tratamientos químicos tienen mayor rendimiento en relación a los biológicos, de tal manera los valores más altos de los químicos son del 93% de eficiencia, con un porcentaje mínimo del 56%, pudiendo deberse a fallos o algún tipo de contaminación cruzada.



## 10.5 Aplicación de estadística

Determinación de la capacidad de reducción de los niveles de TPH en suelo contaminado con hidrocarburos mediante la aplicación de dos tratamientos químico y biológico.

A los datos generados se desarrolló una estadística acorde a los a los resultados obtenidos de los diferentes tratamientos. No obstante el número de repeticiones por tratamiento no es suficiente para realizar test estadístico paramétricos y no paramétricos.

Se realizó una estadística de variación con los resultados de los análisis iniciales y finales de cada ensayo y testigo en función a la media y el error estándar.

### 10.5.1 Tratamiento Biológico:

**Tabla 22:** Índice de variación tratamientos biológicos

Ensayos		Repeticiones	Análisis inicial (t0)	Análisis final (t1)	Variación (t0)-(t1)
Testigo	1	1	14000	11.534	2.466,00
Testigo	1	2	14000	11.423	2.577,00
EM1 25%	2	1	14000	5283,01	8.716,99
EM1 25%	2	2	14000	4255,98	9.744,02
EM1 60%	3	1	14000	4984,26	9.015,74
EM1 60%	3	2	14000	4006,67	9.993,33
MO 25%	4	1	14000	6929,13	7.070,87
MO 25%	4	2	14000	6815,65	7.184,35
MO 60%	5	1	14000	6137,43	7.862,57
MO 60%	5	2	14000	6025,21	7.974,79

Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).



### 10.5.1.1 Reducción de los niveles de TPHs (tratamientos biológicos)

Obtenidos los resultados de variación por ensayo, se realizó un cálculo estadístico de la media y error estándar de cada ensayo con sus dos repeticiones esto será considerado como la pérdida del contaminante en los diferentes ensayo.

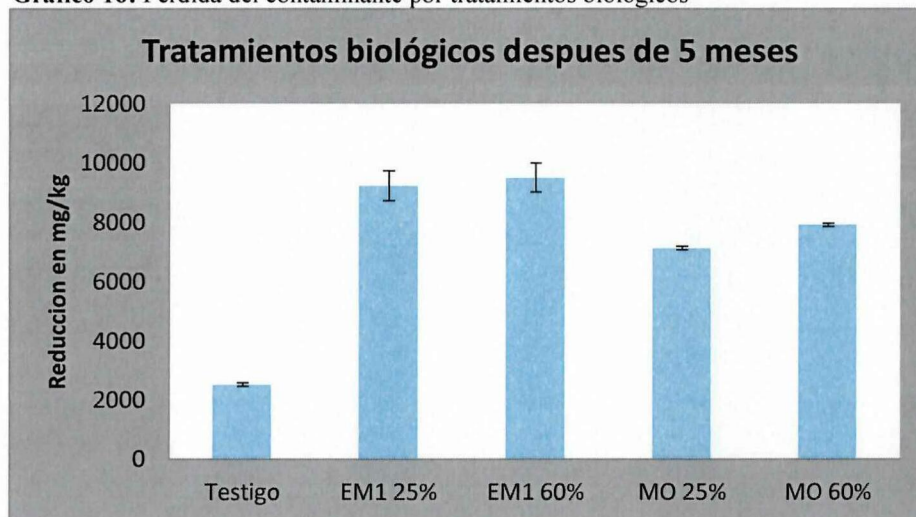
**Tabla 23:** Estadísticos descriptivos tratamientos biológicos

	N	Media	Error estándar	
Testigo	2	2521.5	55.49	2521.5±55.49
EM1 25%	2	9230.5	513.59	9230.5±56.49
EM1 60%	2	9504.5	488.5	9504.5±57.49
MO 25%	2	7127.5	56.49	7127.5±58.49
MO 60%	2	7919	55.99	7919±59.49

Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

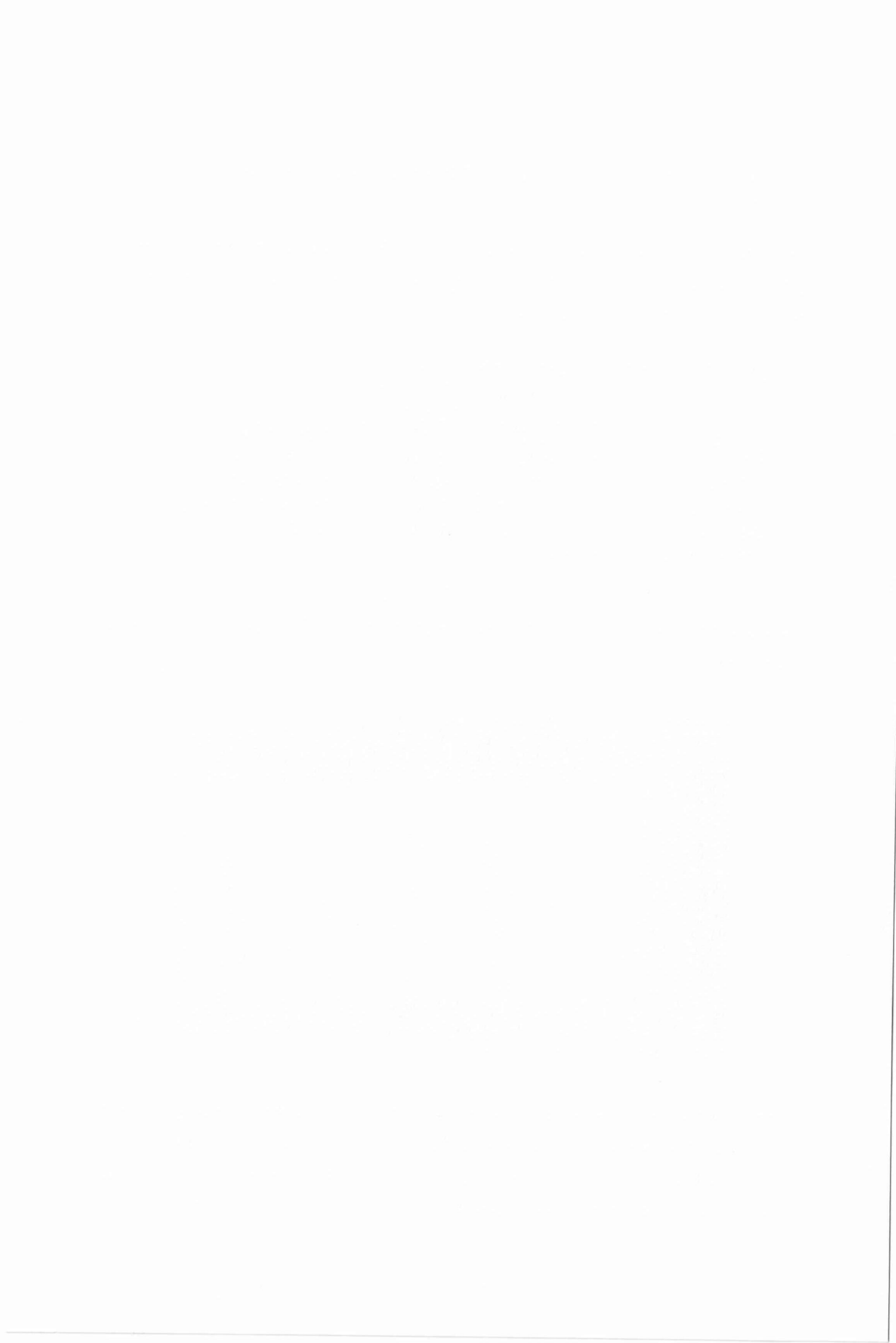
Demostración grafica de la pérdida del contaminante en función a la media y error estándar de cada ensayo.

**Gráfico 16:** Pérdida del contaminante por tratamientos biológicos



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

La capacidad de reducción de hidrocarburos totales en cuanto a tratamientos biológicos, EM1 al 25% y 60% resultan mejores índices de reducción con valores de 9230.5 TPHs y 9504.5 TPHs respectivamente, con un error estándar de 513.59 a 488.5 indicándonos que se podría incluir una repetición más para este tratamiento.



Los procesos de remediación en los cuales se incorporó materia orgánica al 25% y 60% se obtuvieron valores de 7127.5 y 7919 de TPHs individualmente, con un error estándar que varía entre 56.49 y 55.99 lo que nos demuestra que no es estrictamente necesaria la incorporación de una repetición más.

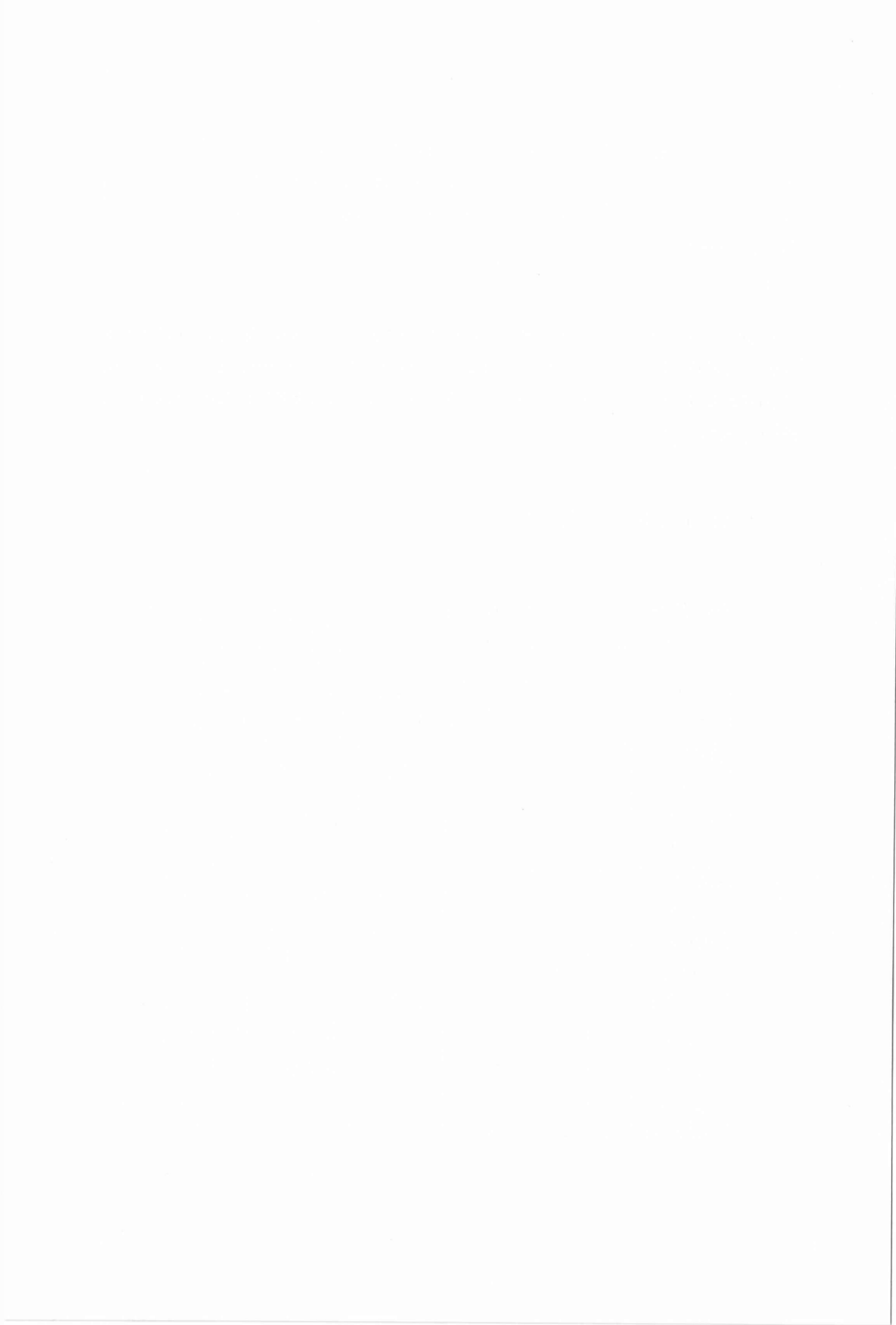
Los tratamientos biológicos en los cuales se realizó la bioaumentación mediante la incorporación de EM1 en concentraciones al 25% y 60% son más eficientes en relación a los tratamientos en la cual se biostimuló los microorganismos nativos con materia orgánica en ambas proporciones.

### 10.5.2 Tratamiento Químico:

**Tabla 24:** Índice de variación tratamientos químicos

Ensayos		Repeticiones	Análisis inicial (t0)	Análisis final (t1)	Variación
					(t0)-(t1)
Testigo	1	1	14000	11.534	2.466,00
Testigo	1	2	14000	11.423	2.577,00
OXIGREEN 25%	2	1	14000	1931.09	12.068,91
OXIGREEN 25%	2	2	14000	6211.12	7.788,88
OXIGREEN 60%	3	1	14000	1040.12	12.959,88
OXIGREEN 60%	3	2	14000	1010.06	12.989,94
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 25%	4	1	14000	2668.56	11.331,44
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 25%	4	2	14000	2224.27	11.775,73
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 60%	5	1	14000	1865.89	12.134,11
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 60%	5	2	14000	1733.45	12.266,55

Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).



### 10.5.2.1 Reducción de los niveles de TPHs (tratamientos químicos)

Obtenidos los resultados de variación por ensayo, se realizó un cálculo estadístico de la media y error estándar de cada ensayo con sus dos repeticiones esto será considerado como la pérdida del contaminante en los diferentes ensayo

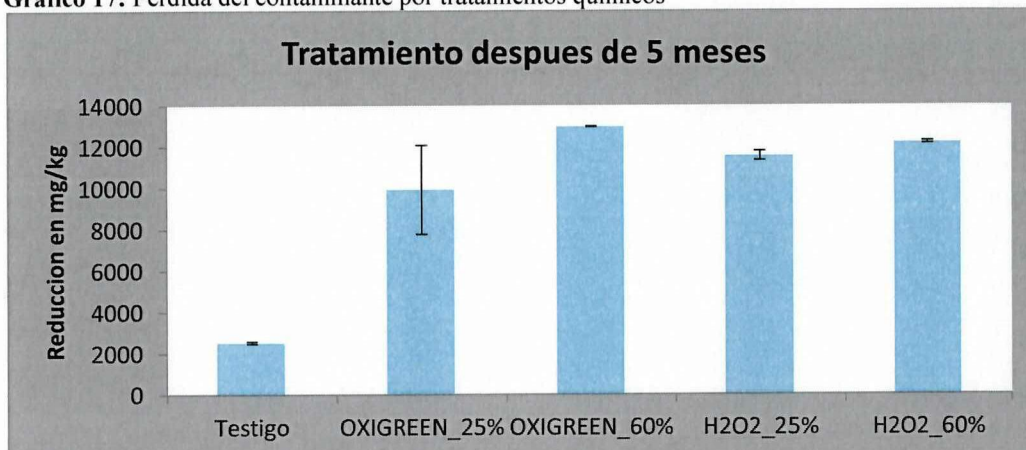
**Tabla 25:** Estadísticos descriptivos tratamientos biológicos

	N	Media	Error estándar	
Testigo	2	2521.5	55.49	2521.5±55.49
OXIGREEN_25%	2	9928.895	2140.02	9928.895±2140.02
OXIGREEN_60%	2	12974.91	15.02	12974.91±15.02
H2O2_25%	2	11553.585	222.14	11553.585±222.14
H2O2_60%	2	12200.33	66.21	12200.33±66.21

Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

Demostración grafica de la pérdida del contaminante en función a la media y error estándar de cada ensayo.

**Gráfico 17:** Perdida del contaminante por tratamientos químicos



Elaborado por: (Bravo & Guamani, 2016).

El error estándar de los testigos utilizados es de 55.49 con una pérdida del contaminante total de 2521.5 mg/kg de TPHs. El peróxido de hidrogeno con una concentración al 25% redujo los niveles de TPHs en un valor de 11553.585 durante los 5 meses de tratamiento, en el caso de la concentración al 60 % redujo un total de 12200.33 de hidrocarburos totales, demostrando que la aplicación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 60% resulta más eficaz en relación a una aplicación al 25%.



Oxigreen con una concentración del 60% tiene una pérdida de contaminante total de 12974.91 TPHs con un error estándar ínfimo de 15.02. La concentración al 25% de oxigreen ha reducido un 9928.895 total del contaminante expresado en TPHs pero presenta un error estándar sumamente alto de 2140.02, sin embargo esto no quiere decir que el tratamiento este mal o no sirva, lo que nos indica la última cifra es que se requiere la incorporación de uno o dos repeticiones más.

Los tratamientos químicos que se incorporaron oxigreen en concentraciones al 25% y 60% son más eficientes en relación a los tratamientos en la cual interviniesen peróxido de hidrógeno en ambas concentraciones.

Respondiendo a la pregunta planteada en la hipótesis, La remediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante la aplicación de los tratamientos químicos y biológicos si degrado los contaminantes Hidrocarburíferos. De esta manera también podemos comprobar ambas hipótesis alternativas.

## **11. IMPACTOS (SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **11.1. Impacto Social**

- Mejorar la calidad de vida de los beneficiarios tanto como la empresa y las comunidades aledañas con la implementación de proyectos de remediación de suelos y aguas contaminados con hidrocarburos.
- Disminuir los posibles riesgos a adquirir enfermedades en la población aledaña al proyecto

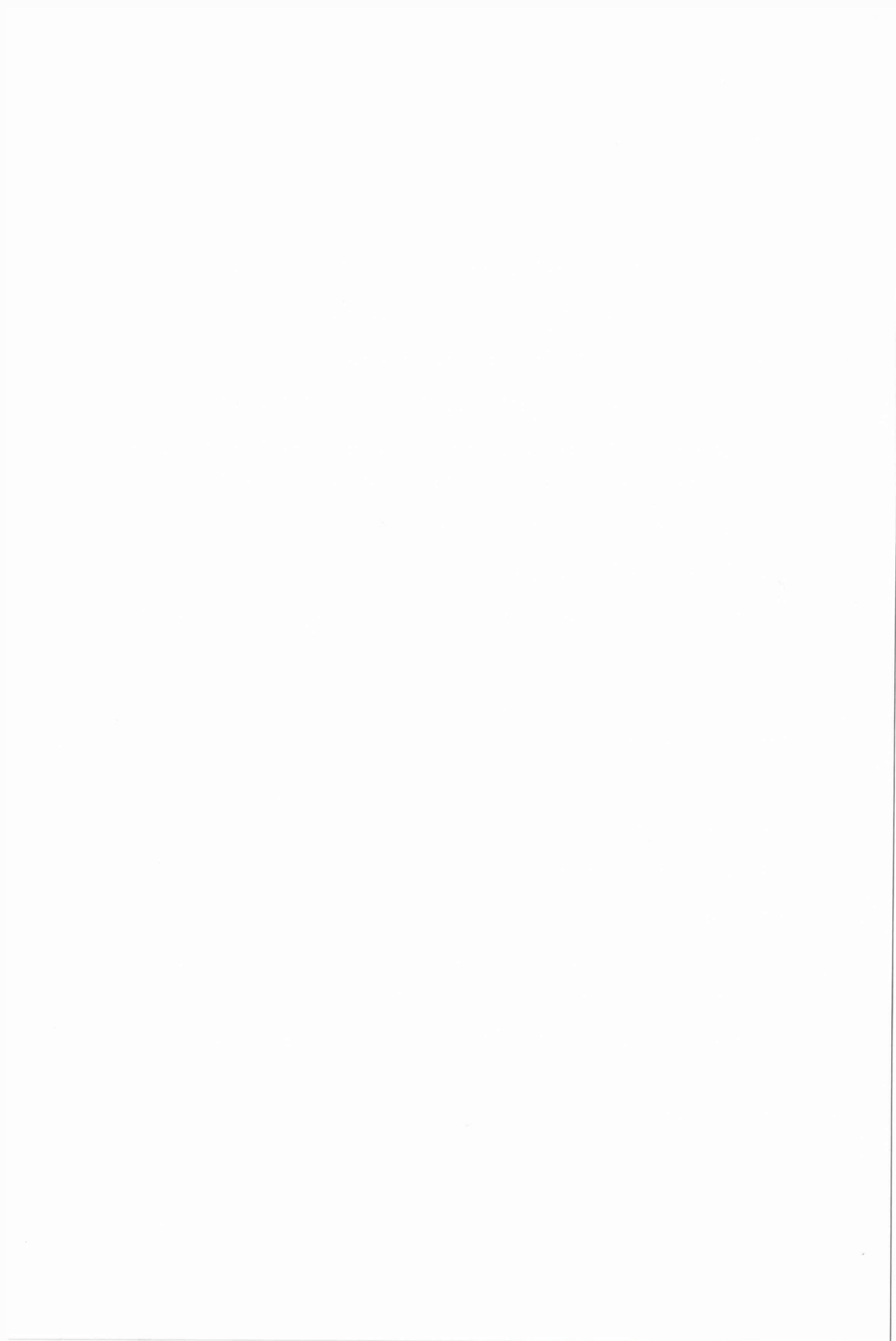
[The page contains extremely faint, illegible text that appears to be bleed-through from the reverse side of the document. No specific content can be transcribed.]

## 11.2. Impacto Ambiental

- Disminución de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera.
- Mitigación de los (TPHs) en el recurso suelo contaminado.
- Disminución de suelos contaminados con hidrocarburos.
- Conservación de la diversidad biológica y recurso natural como el suelo.
- Conservación de ecosistemas frágiles por su gran valor ambiental, pasa de actuar como un sistema protector de aguas subterráneas la atmosfera y/o los organismos.
- Aumento de H<sub>2</sub>O en la atmosfera.
- Mejorar la calidad del paisaje y la agricultura.
- Considerar la biorremediación como alternativas de tecnologías amigables con el medio ambiente.

## 11.3. Impacto Económico

- Bonos de carbono.
- Disminución en costos de operación.
- Disminución en costo de remediación.
- Los contaminantes son destruidos o transformados; y normalmente no se requieren o se necesita un mínimo de tratamientos adicionales.
- Pago por servicios en la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos y mitigar la contaminación ambiental.
- Certificado de carbono neutro.



## 12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

RESULTADOS/ACTIVIDADES	1er Trimestre			2do Trimestre		
	MAR	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.
Ubicación geográfica de la zona de contaminación.	\$37.00					
Levantamiento Topográfico				\$32.70		
Determinación Condiciones climáticas.			\$16.80			
caracterización del tipo de suelo	\$ 30.30					
Análisis de muestra de suelo en laboratorio.	\$338.40					
Adecuación del lugar de tratamiento	\$175.35					
Construcción e Impermeabilización de la celda de tratamiento.	\$407.12					
Transporte del suelo contaminado		\$7.00				
Preparación de la dosis y aplicación sustancia acuosa EM1 (dos veces por semana)		\$144.35				
Preparación de la dosis y aplicación del oxigreen (dos veces por semana)		\$238.55				
Preparación de la dosis y aplicación del H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (dos veces por semana)		\$86.05				
Bioestimulación del suelo para aumentar el número de poblaciones bacterianas		\$4.00				
Aireación en los tratamientos			\$16.00			
Verificación del pH.				\$192.00		
acondicionamiento del suelo tratado					\$3.50	
Recolección de lixiviados					\$25.39	
Muestreo de los tratamientos en estudio						\$10.65
Almacenamiento y transporte de la muestra						\$153.80
Análisis de muestra de suelo en laboratorio						\$1.316.70
Comparar resultados obtenidos.						\$25.20
<b>GASTO MENSUAL</b>	<b>\$988.17</b>	<b>\$479.95</b>	<b>\$32.80</b>	<b>\$224.70</b>	<b>\$28.89</b>	<b>\$1.506.35</b>
				<b>TOTAL</b>		<b>\$3260.86</b>



### 13. CONCLUSIONES

- El suelo contaminado de la denominada zona 7, de acuerdo al análisis físico-químico inicial presento concentraciones de TPH que no cumplen con los límites máximos permisibles para uso agrícola establecidos por RAOH; en lo que se refiere a concentraciones de HAPs, estas cumplen con parámetros permisibles establecidos. El suelo de la zona es arcillo arenoso, con una temperatura promedio de 21 °C y un Ph neutro, presentando condiciones de salinidad, humedad y conductividad óptima para el proceso de biorremediación
- La utilización del oxigreen a una concentración del 60% presenta mejores rangos cuantitativos, para la restructuración de los suelos, disminuyendo considerablemente los niveles de TPH, sin embargo el peróxido de hidrogeno con la misma concentración del 60% obtuvo buenos resultados, siendo ligeramente menos eficiente que el oxigreen. En cuanto a los tratamientos biológicos, la incorporación del EMI a una concentración del 60% resulto ser más eficiente que el proceso de bioestimulación en sus concentraciones.
- Según la tabla 6 establecida en el Decreto ejecutivo 1215 RAOH, permitió determinar los niveles de mejora de contaminación causado por la utilización de hidrocarburos. Teniendo como resultado que en promedio ambos tratamientos químicos luego del proceso de remediación permitieron obtener valores dentro de los límites permisibles, tras disminuir la concentración de 14000 de TPH a valores menores de 2446, 42 de TPH. En relación a los tratamientos biológicos que presentaron valores que se encontraban sobre los límites permisibles, pero disminuyeron notoriamente la concentración de hidrocarburos totales, lo que demuestra que son eficientes, pero requieren mayor tiempo de operación.



## 14. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis del área afectada, tipo de suelo, contaminante y tiempo de exposición del mismo, previo a la ejecución de proyectos concernientes a remediación de suelos contaminados por hidrocarburos, con el fin de adoptar el tratamiento más idóneo ajustándose este al área afectada, pudiendo ser el tratamiento: físico, químico o biológico. De esta manera se evitarían posibles pérdidas monetarias y de tiempo.
- Aplicar concentraciones del 25% en el caso de los compuestos químicos (oxígeno y peróxido de hidrógeno), esto evitaría que la tierra pudiese volatilizarse en exceso generándose pérdidas de nutrientes. Si existiese la disponibilidad de tiempo es recomendable realizar una bioaumentación del suelo contaminado utilizando el EMI previamente inoculado, con una concentración del 60% para obtener mejores resultados.
- Durante el proceso de remediación del suelo por landfarming es indispensable estimular el crecimiento de los microorganismos mediante el control de variables abióticas, principalmente la provisión de agua mediante la humectación, adecuado suministro de nutrientes, la temperatura se controla cuando la remediación sea ex-situ; es decir, fuera del lugar contaminado o al trasladar la tierra fuera de la provincia y por último se controla el oxígeno mediante aireación ya que este es el aceptor de electrones en el proceso aerobio, llevando a cabo por bacterias.
- Al aplicar procesos de bioestimulación y bioaumentación; procesos que requieran la manipulación de productos químicos, siempre se debe seguir las normas básicas de seguridad para evitar problemas sanitarios y/o accidentes.



## 15. BIBLIOGRAFIA

### Lista de referencias:

Agencia de Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2016). *Peróxido de hidrógeno (Hydrogen Peroxide): ¿Qué es el peróxido de hidrógeno?*. Atlanta: Autor

Arboleda, V., & Bravo, V. (2008). *Biorremediación del suelo contaminado por hidrocarburos de la central hidroeléctrica del campamento secoya mediante landfarming: Factores influyentes sobre la actividad microbiana* (Tesis inédita de ingeniería). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Anónimo. (s.f.). *Acciones y medidas de descontaminación: Biolabranza o Landfarming*. Recuperado de <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/Materiales%20y%20Actividades%20Riesgosas/sitioscontaminados/GTZ/B-Acciones%20y%20medidas%20de%20descontaminacion.pdf>

Bautista, F. (1999). *Introducción al estudio a la contaminación del suelo por metales pesados: Formas químicas de algunos metales en el suelo*. Universidad Autónoma de Yucatán. Recuperado de [https://books.google.com.ec/books?id=yE2Jq3z7ex4C&pg=PA73&dq=plomo+en+el+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiI\\_KuEjN3KAhVEKiYKHUuuAZkQ6AEIGzAA#v=onepage&q=plomo%20en%20el%20suelo&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=yE2Jq3z7ex4C&pg=PA73&dq=plomo+en+el+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiI_KuEjN3KAhVEKiYKHUuuAZkQ6AEIGzAA#v=onepage&q=plomo%20en%20el%20suelo&f=false)

Benavides, J., Quintero, G., Guevara, A., Jaimes, D., Gutiérrez, S. & Miranda, J. (2006). *Bioremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo. Nova*. 4 (5). Recuperado de [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/ARTREVIS1\\_5.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS1_5.pdf)

Berenguer, J., & Sanz, J. (2004). *Cuestiones en microbiología: Biotecnología y microbiología industrial*. Hélice. Recuperado de



[https://books.google.com.ec/books?id=qjaAitO\\_IHwC&pg=PA61&dq=bioestimulacion+en+suelos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj4ytXQrbLOAhWlx4MKHZ0ECmsQ6AEIODAG#v=onepage&q=bioestimulacion%20en%20suelos&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=qjaAitO_IHwC&pg=PA61&dq=bioestimulacion+en+suelos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj4ytXQrbLOAhWlx4MKHZ0ECmsQ6AEIODAG#v=onepage&q=bioestimulacion%20en%20suelos&f=false)

Botello, A., Rendón, J., Gold, G., & Agraz, C. (2005). *Golfo de México, Contaminación e impacto Ambiental: Diagnostico y Tendencias*. Autor. Recuperado de [https://books.google.com.ec/books?id=WwuryOF1jUEC&pg=PA311&dq=hidrocarburos+totales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjd4\\_3N-9zKAhVL4iYKHePHAdkQ6AEIJTAC#v=onepage&q=hidrocarburos%20totales&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=WwuryOF1jUEC&pg=PA311&dq=hidrocarburos+totales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjd4_3N-9zKAhVL4iYKHePHAdkQ6AEIJTAC#v=onepage&q=hidrocarburos%20totales&f=false)

Carvajal, S., Gallo, A., Peñuela, G., & Rodríguez, P. (2012). Comparación entre bioestimulación y bioaumentación para la recuperación de suelos contaminados con diésel: Introducción. *Produccion + Limpia*, 5 (1). Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552012000100010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552012000100010)

Cando, M. (2011). *Determinación y análisis de un proceso de biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos*. (Tesis inédita de ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana sede-Cuenca, Ecuador.

Cortes, A. (2014). *Composición del petróleo crudo*. Recuperado de <http://www.atmosferis.com/composicion-del-petroleo-crudo/>

Ferrera, R., Rojas, N., Poggi, H., Alarcón, A., & Cañizares, R. (2006). Procesos de Biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos. *Latinoamericana de Microbiología*, 48 (2), 179-187. Recuperado de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/lamico/mi-2006/mi062s.pdf>

Gary, H., & Handwerk, G. (2003). *Refino de petróleo: Materias primas de una refinería*. Reverte. Recuperado de



[https://books.google.com.ec/books?id=uGK8J8fK4F4C&pg=PA17&dq=composicion+del+crudo+del+petroleo&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=composicion%20del%20crudo%20del%20petroleo&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=uGK8J8fK4F4C&pg=PA17&dq=composicion+del+crudo+del+petroleo&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=composicion%20del%20crudo%20del%20petroleo&f=false)

Gómez, G. (2014). *La microbiología de suelos en el Ecuador: situación actual de la investigación*. Recuperado de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-La-Microbiologia-de-Suelos.pdf>

Dirección Nacional de Protección Ambiental. (2001). Decreto Ejecutivo N° 1215-2001. Decreto Sustitutivo del Reglamento Ambiental Para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. *Registro Oficial* No.265, del 13 de febrero de 2001. Ecuador.

Glynn, H., & Gary, H. (1999). *Ingeniería Ambiental: Microbiología de suelos y residuos sólidos*. (2da ed.). México: Prentice Hall.

Ine, S. (2013). *Biorremediación de suelos: Landfarming*. Recuperado de <https://prezi.com/sfwv0gjnqqhc/biorremediacion-de-suelos-landfarming/>

Instituto Nacional de Ecología. (2007). *tecnologías de remediación: ventajas del tratamiento biológico*. México D.F. Autor.

Ministerio del Ambiente. (2015). ACUERDO MINISTERIAL No. 097-A. Ley de Gestión Ambiental. Publicado en *noticias*. El 13 de febrero de 2015. Ecuador.

Nature Publishing Group. (2006) *Biodegradación del petróleo por microorganismos*. [Imagen]. Recuperado de [http://curiosidadesdelamicrobiologia.blogspot.com/2010\\_06\\_01\\_archive.html](http://curiosidadesdelamicrobiologia.blogspot.com/2010_06_01_archive.html)



Ministerio de Energía y Minas de Ecuador. (2007). *A 40 años del descubrimiento del pozo Lago Agrio I. Sucumbíos: la insignia.*

Ñustez Cuartas, D. (2012). *Biorremediación para la degradación de hidrocarburos totales presentes en los sedimentos de una estación de servicio de combustible* (Tesis inédita de Maestría). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.

Ortiz, I., Sanz, J., Dorado, M., & Villar, S. (2007). *Técnicas de recuperación de suelos contaminados.* Autor. Recuperado de [http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt6\\_tecnicas\\_recuperacion\\_suelos\\_contaminados.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf)

Piscitelli, M. (15 de Julio de 2015). *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.* Recuperado el 3 de Febrero de 2016, de <http://www.unicen.edu.ar/content/degradaci%C3%B3n-de-suelos>

Ramírez Hernández, J. (2006). *Una visión de la problemática ambiental de Mexicali y su valle: La contaminación del suelo.* Universidad Autónoma de Baja California. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=Lw7senG4B2AC&pg=PA123&dq=hidrocarburos+totales+del+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjb-tDzhd3KAhVCYiYKHc-vAfsQ6AEIJzAC#v=onepage&q=hidrocarburos%20totales%20del%20suelo&f=false>

Rodríguez Alhama, I. (2013). *Procesos de degradación del suelo: Degradación química* (Tesis inédita de Doctorado). Universidad de Murcia, España.

Rodríguez Muñoz, L. (2008). *Evaluación de sustratos en la técnica Landfarming para el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos* (Tesis inédita de ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.



Rioja, R., & Florero, E. (2014). *Landfarming: Biorremediación*. Recuperado de <http://es.slideshare.net/erlanandresfloreromaldonado/landfarming-biorremediacion>

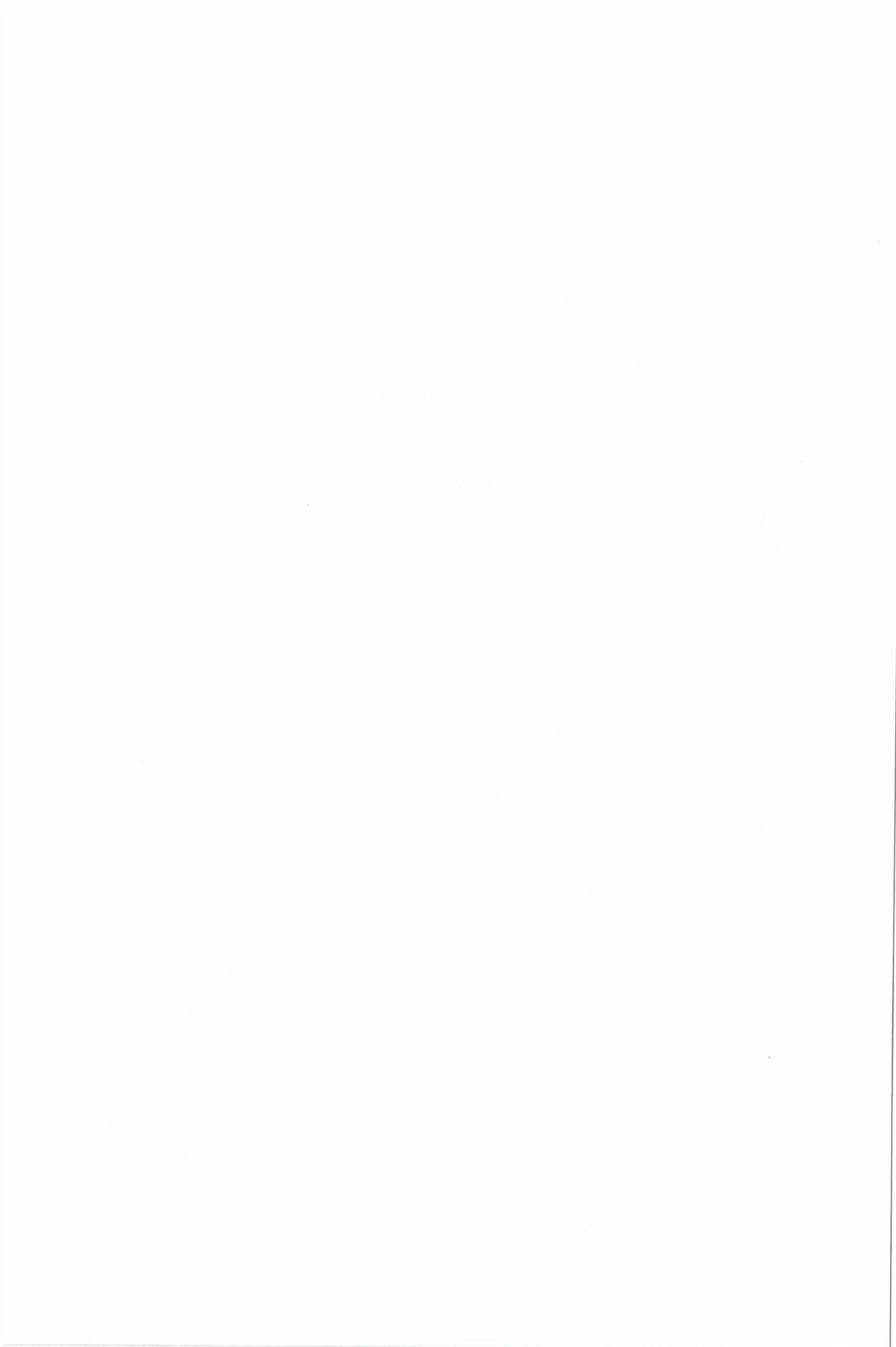
Sepúlveda, T., & Velasco, J. (2002). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados: Bioestimulación*. Autor Recuperado de [https://books.google.com.ec/books?id=mj9rVEScHCcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=mj9rVEScHCcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Sepúlveda, T. & Velasco, J. (2002). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados: Fuentes de contaminación en México*. Instituto Nacional de Ecología. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=mj9rVEScHCcC&oi=fnd&dq=problemas+por+derrames+en+los+suelos&ots=k7bMYKSPq7&sig=rwLfLtQMIEPOFKTidN-ED918rbo>

Sepúlveda, T., Velasco, J., & De la Rosa, D. (2005). *Clasificación de las tecnologías de remediación: muestreo y alternativas para su remediación*. Autor. Recuperado de [https://books.google.com.ec/books?id=A50ITx37ScsC&pg=PA73&lpg=PA73&dq=EPA+2001+TRATAMIENTO+QUIMICO&source=bl&ots=Pj4RAV-Gx2&sig=ZmhBdl4D0DSuZXuQjm6KHqEAITE&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjP8uS\\_w87KAhVCdR4KHUN9BwEQ6AEIGjAA#v=onepage&q=EPA%202001%20TRATAMIENTO%20QUIMICO&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=A50ITx37ScsC&pg=PA73&lpg=PA73&dq=EPA+2001+TRATAMIENTO+QUIMICO&source=bl&ots=Pj4RAV-Gx2&sig=ZmhBdl4D0DSuZXuQjm6KHqEAITE&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjP8uS_w87KAhVCdR4KHUN9BwEQ6AEIGjAA#v=onepage&q=EPA%202001%20TRATAMIENTO%20QUIMICO&f=false)

Toledo Moran, B. (2009). *Aplicación de Procesos Biológicos como medida Remediación para recuperar suelos Limo-Arcillosos contaminados con Gasolina: Suelos Contaminados* (Tesis inédita de Ingeniería). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Torres, K., & Zuluaga, T. (2009). *Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos: Métodos de biorremediación* (Tesis inédita de ingeniería). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.



United States Environmental Protection Agency. (s.f.). Recuperado el 24 de Febrero de 2016, de <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/100003YV.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1991%20Thru%201994&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQField>

Vallejo, V., Salgado, L. & Roldan, F. (2005). Evaluación de la bioestimulación en la biodegradación de TPHs en suelos contaminados con petróleo. *Colombiana de Biotecnología*, 7 (2). Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/501/898>

Valderrama, B. (s.f.). *Microbiología del petróleo y sus derivados: Características de los microorganismos biodegradadores*. Recuperado de <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap2/>

Viñas Canals, M. (2005). *Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos: caracterización microbiológica, química y ecotoxicológica* (Tesis inédita de doctorado). Universidad de Barcelona, Barcelona.



## 16. ANEXOS

Anexo 1. Construcción de las celdas de tratamiento e impermeabilización de las celdas.



Anexo 2. Sistema de recolección de lixiviados, construido con tubos PVC de media pulgada.



Anexo 3. Localización geográfica del área de contaminación





#### Anexo 4. Perforación y extracción del suelo



#### Anexo 5. Recolección del material base (suelo contaminado)



#### Anexo 6. recolección y etiquetado de submuestras en cada uno de los anillos de la cuadrícula para su análisis físico, químico y biológico





Anexo 7. El material contaminado se desmenuzó y se repartió de manera uniforme en cada una unidades experimentales (Celdas).

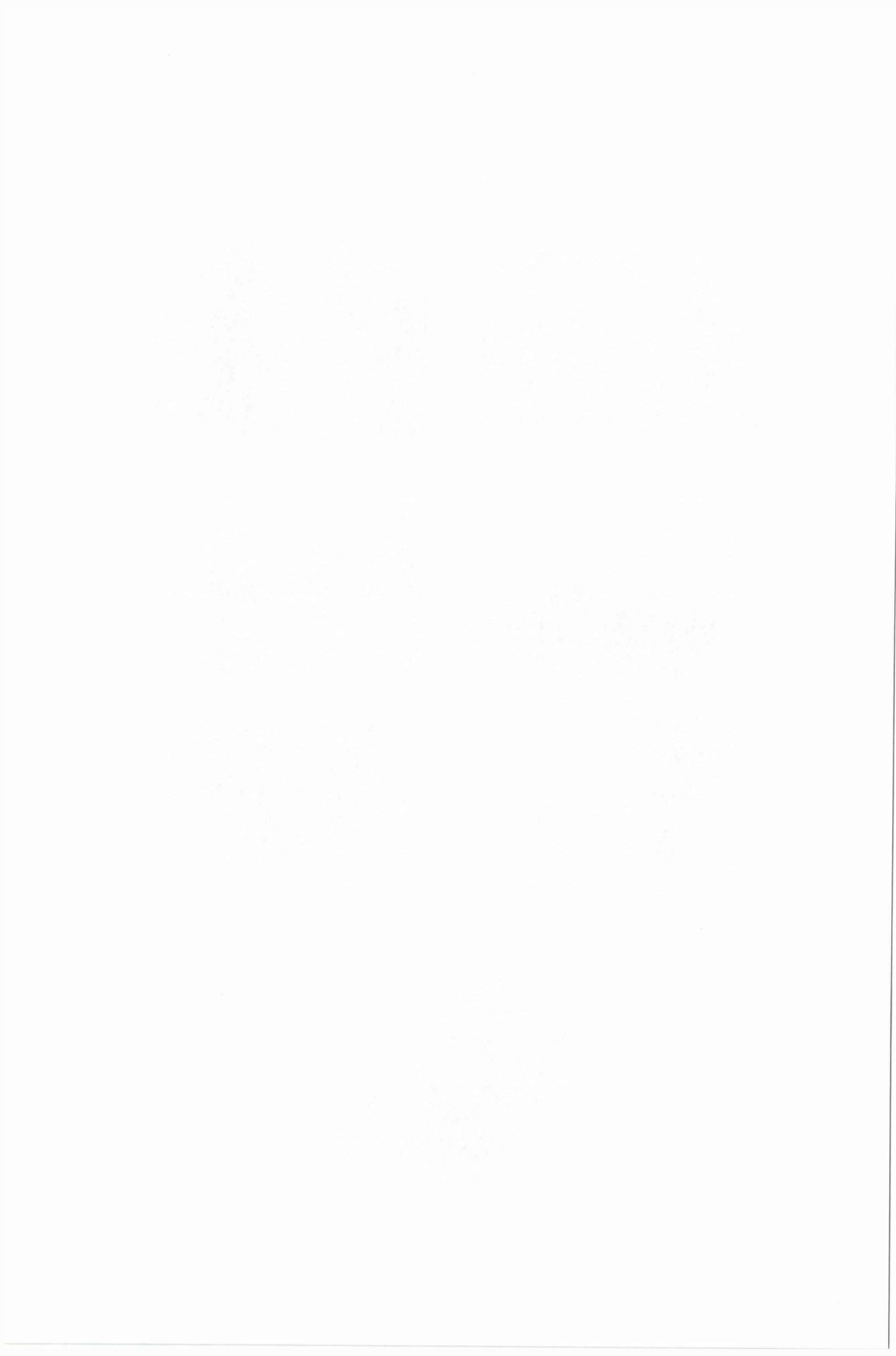


Anexo 8. Monitoreo de factores ambientales (humedad, textura)



Anexo 9. Aplicación de materia orgánica (cascarilla de arroz)





Anexo 10. Aplicación de materia orgánica (estiércol de ganado) en el tratamiento con bacterias nativas.



Anexo 11. Oxigenación de los dos tratamientos EMI y bacterias nativas



Anexo 12. Aplicación de la dosis de peróxido de hidrógeno

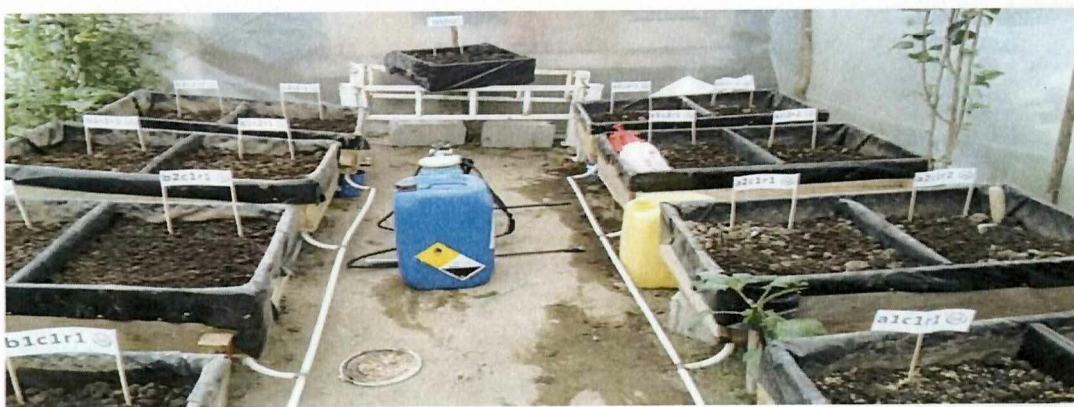




Anexo 13. Aplicación de oxigreen en el segundo tratamiento químico.



Anexo 14. Testigo y productos químicos utilizados







UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS  
SUELOS

Informe No: 16-08-10-A-6  
Fecha: 2016-09-02

Referencia: OT-16-08-10-A  
Empresa: PARTICULAR  
Atención: Sr. Cristian Guamaní / Sr. Henry Bravo  
Dirección: Latacunga  
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos  
Tipo de muestra: SUELO  
Identificación de la muestra: A1 C1 R1  
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica  
Muestra tomada por: El cliente  
Fecha de ingreso de muestra: 2016-08-16  
Código de la muestra: OE-16-08-10-A-6  
Fecha de realización de ensayos: 2016-08-22

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre $U = \pm (K=2)$
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)*	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	5283,01	-

Nota.- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

Condiciones Ambientales: Humedad: 32%; Temperatura: 22,7°C

Realizado Por: VRT

Revisado Por:

Ing. Fernanda Toasa L.  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:

Ing. Ghem Carvajal C.  
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26  
QUITO - ECUADOR

E-mail: [fiq.secretaria.dpec@uce.edu.ec](mailto:fiq.secretaria.dpec@uce.edu.ec)

MC2201-A01-7





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA  
DEPARTAMENTO DE PETROLEOS, ENERGIA Y CONTAMINACION



INFORME DE RESULTADOS  
SUELOS

Informe No: 16-08-10-A-7  
Fecha: 2016-09-02

Referencia: OT-16-08-10-A  
Empresa: PARTICULAR  
Atención: Sr. Cristian Guamani / Sr. Henry Bravo  
Dirección: Latacunga  
Tipo de ensayo: Análisis fisicoquímicos  
Tipo de muestras: SUELO  
Identificación de la muestra: A1C2R2  
Descripción de la muestra: Sin Descripción específica  
Muestra toma por: El cliente  
Fecha de ingreso de la muestra: 2016-08-16  
Código de la muestra: OE-16-08-10-A-7  
Fecha de realización de ensayo: 2016-08-22

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre $U = \pm(K=2)$
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	4006,67	-

Nota.- Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06 010

Condiciones Ambientales: Humedad: 32%; Temperatura: 22.7°C

Realizado Por: VRT

Revisado por:

Ing. Fernanda Toasa L.  
RESPONSABLE TECNICO



Aprobado por:

Ing. Ghem Carvajal C.  
DIRECTOR DE LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZARA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS  
SUELOS

Informe No: 16-08-10-A-5  
Fecha: 2016-09-02

Referencia: OT-16-08-10-A  
Empresa: PARTICULAR  
Atención: Sr. Cristian Guamaní / Sr. Henry Bravo  
Dirección: Latacunga  
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos  
Tipo de muestra: SUELO  
Identificación de la muestra: A2 C1 R1  
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica  
Muestra tomada por: El cliente  
Fecha de ingreso de muestra: 2016-08-16  
Código de la muestra: OE-16-08-10-A-5  
Fecha de realización de ensayos: 2016-08-22

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre U=± (K=2)
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)*	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	6929,13	-

**Nota.-** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

**Condiciones Ambientales:** Humedad: 32%; Temperatura: 22,7°C

Realizado Por: VRT

Revisado Por:

Ing. Fernanda Toasa L.  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:

Ing. Ghem Carvajal C.  
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26  
QUITO - ECUADOR

E-mail: [fiq.secretaria.dpec@uce.edu.ec](mailto:fiq.secretaria.dpec@uce.edu.ec)

MC2201-A01-7





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS  
SUELOS

Informe No: 16-08-10-A-5  
Fecha: 2016-09-02

Referencia: OT-16-08-10-A  
Empresa: PARTICULAR  
Atención: Sr. Cristian Guamaní / Sr. Henry Bravo  
Dirección: Latacunga  
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos  
Tipo de muestra: SUELO  
Identificación de la muestra: A2 C1 R1  
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica  
Muestra tomada por: El cliente  
Fecha de ingreso de muestra: 2016-08-16  
Código de la muestra: OE-16-08-10-A-5  
Fecha de realización de ensayos: 2016-08-22

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre U=± (K=2)
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)*	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	6929,13	-

**Nota.-** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

**Condiciones Ambientales:** Humedad: 32%; Temperatura: 22,7°C

Realizado Por: VRT

Revisado Por:

Ing. Fernanda Toasa L.  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:

Ing. Ghem Carvajal C.  
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

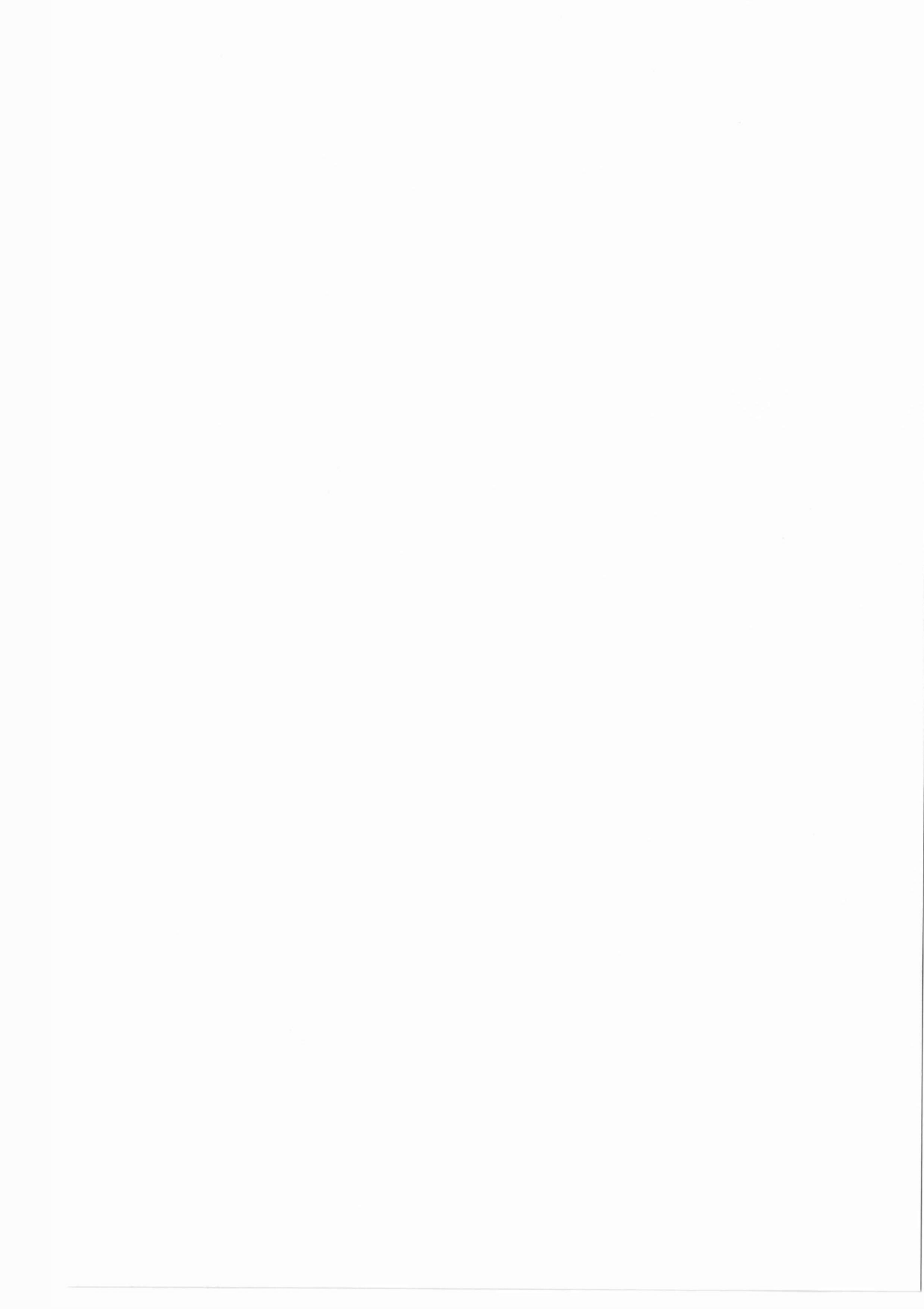
ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26  
QUITO - ECUADOR

E-mail: [fig\\_secretaria\\_dpcc@uce.edu.ec](mailto:fig_secretaria_dpcc@uce.edu.ec)

MC2201-A01-7





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA  
DEPARTAMENTO DE PETROLEOS, ENERGIA Y CONTAMINACION



INFORME DE RESULTADOS  
SUELOS

Informe No: 16-08-10-A-8  
Fecha: 2016-09-02

Referencia: OT-16-08-10-A  
Empresa: PARTICULAR  
Atención: Sr. Cristian Guamani / Sr. Henry Bravo  
Dirección: Latacunga  
Tipo de ensayo: Análisis fisicoquímicos  
Tipo de muestras: SUELO  
Identificación de la muestra: A2 C2 R1  
Descripción de la muestra: Sin Descripción específica  
Muestra toma por: El cliente  
Fecha de ingreso de la muestra: 2016-08-16  
Código de la muestra: OE-16-08-10-A-8  
Fecha de realización de ensayo: 2016-08-22

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre $U=\pm(K=2)$
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	6137,43	-

Nota.- Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

Condiciones Ambientales: Humedad: 32%; Temperatura: 22.7°C

Realizado Por: VRT

Revisado por:

Ing. Fernanda Toasa L.  
RESPONSABLE TECNICO



Aprobado por:

Ing. Ghem Carvajal C.  
DIRECTOR DE LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZARA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext.26

E-mail: [fia.secretaria.dpecuce.edu.ec](mailto:fia.secretaria.dpecuce.edu.ec)

MC2201-A01-7

QUITO - ECUADOR





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS  
SUELOS

Informe No: 16-08-10-A-4  
Fecha: 2016-09-02

Referencia: OT-16-08-10-A  
Empresa: PARTICULAR  
Atención: Sr. Cristian Guamani / Sr. Henry Bravo  
Dirección: Latacunga  
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos  
Tipo de muestra: SUELO  
Identificación de la muestra: B1 C1 R1  
Descripción de la muestra: Sin descripción específica  
Muestra tomada por: El cliente  
Fecha de ingreso de muestra: 2016-08-16  
Código de la muestra: OE-16-08-10-A-4  
Fecha de realización de ensayos: 2016-08-22

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre U=± (K=2)
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)*	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	1931,09	-

**Nota.-** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

Condiciones Ambientales: Humedad: 32%; Temperatura: 22,7°C

Realizado Por: VRT

Revisado Por:

  
Ing. Fernanda Toasa L.  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:

  
Ing. Ghem Carvajal C.  
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26  
QUITO - ECUADOR

E-mail: [fiq.secretaria.dpec@uce.edu.ec](mailto:fiq.secretaria.dpec@uce.edu.ec)

MC2201-A01-7





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS  
SUELOS

Informe No: 16-08-10-A-3  
Fecha: 2016-09-02

Referencia: OT-16-08-10-A  
Empresa: PARTICULAR  
Atención: Sr. Cristian Guamaní / Sr. Henry Bravo  
Dirección: Latacunga  
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos  
Tipo de muestra: SUELO  
Identificación de la muestra: B1 C2 R1  
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica  
Muestra tomada por: El cliente  
Fecha de ingreso de muestra: 2016-08-16  
Código de la muestra: OE-16-08-10-A-3  
Fecha de realización de ensayos: 2016-08-22

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre U=± (K=2)
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)*	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	1040,12	-

Nota.- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

Condiciones Ambientales: Humedad: 32%; Temperatura: 22,7°C


Realizado Por: VRT

Revisado Por:

  
Ing. Fernanda Toasa L.  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:

  
Ing. Ghem Carvajal C.  
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26  
QUITO - ECUADOR

E-mail: [fiq.secretaria@dpec@uce.edu.ec](mailto:fiq.secretaria@dpec@uce.edu.ec)

MC2201-A01-7





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS  
SUELOS

Informe No: 16-08-10-A-2  
Fecha: 2016-09-02

Referencia: OT-16-08-10-A  
Empresa: PARTICULAR  
Atención: Sr. Cristian Guamaní / Sr. Henry Bravo  
Dirección: Latacunga  
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos  
Tipo de muestra: SUELO  
Identificación de la muestra: B2 C1 R1  
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica  
Muestra tomada por: El cliente  
Fecha de ingreso de muestra: 2016-08-16  
Código de la muestra: OE-16-08-10-A-2  
Fecha de realización de ensayos: 2016-08-22

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre $U = \pm (K=2)$
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)*	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	2668,56	-

**Nota.-** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

**Condiciones Ambientales:** Humedad: 32%; Temperatura: 22,7°C

Realizado Por: VRT

Revisado Por:

Ing. Fernanda Toasa L.  
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:

Ing. Ghem Carvajal C.  
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26  
QUITO - ECUADOR

E-mail: [fiq.secretaria.dpec@uce.edu.ec](mailto:fiq.secretaria.dpec@uce.edu.ec)

MC2201-A01-7





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 41962  
ORDEN DE TRABAJO No. 53642

SOLICITADO POR:	BRAVO HENRRY		
DIRECCION DEL CLIENTE:	LATACUNGA		
MUESTRA DE:	SUELO		
DESCRIPCIÓN:	SUELO HAPS INICIAL		
FECHA DE RECEPCIÓN:	10/08/2016	HORA DE RECEPCIÓN:	10H12
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 10/08/2016 AL 26/08/2016		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	30/08/2016		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	GRIS	ESTADO:	SOLIDO
		CONTENIDO:	1 Kg
OBDDERVACIONES:	Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP.		

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
HAPS				
NAFTALENO	mg/Kg	< 0,0660	MAL-78 / EPA 8270 D	-
ACENAFTILENO	mg/Kg	< 0,0660		-
ACENAFTENO	mg/Kg	< 0,0660		-
FLUORENO	mg/Kg	< 0,0660		-
FENANTRENO	mg/Kg	< 0,0660		-
ANTRACENO	mg/Kg	< 0,0660		-
FLUORANTENO	mg/Kg	< 0,0660		-
PIRENO	mg/Kg	< 0,0660		-
BENZO (a) ANTRACENO	mg/Kg	< 0,0660		-
CRISENO	mg/Kg	< 0,0660		-
BENZO (b) FLUORANTENO	mg/Kg	< 0,0660		-
BENZO (k) FLUORANTENO	mg/Kg	< 0,0660		-
BENZO (a) PIRENO	mg/Kg	< 0,0660		-
INDENO(1,2,3-cd) PIRENO	mg/Kg	< 0,0660		-
DIBENZO (a,h) ANTRACENO	mg/Kg	< 0,0660		-
BENZO (g,h,i) PERILENO	mg/Kg	< 0,0660		-
* CARBAZOLE	mg/Kg	< 0,0660		-



Acreditación N° OAE LE 1C 04-002. LABORATORIO DE ENSAYOS  
Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE!

B.F. ALICIA CEPÁ  
JEFE DE AREA DE AMBIENTAL



RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33  
Telefax: 3216-740 - Web: www.facquiuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. No specific content can be transcribed.]



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
 OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA  
 INFORME DE RESULTADOS

INF.LAB.MI. 34806  
 ORDEN DE TRABAJO No.53643

SOLICITADO POR: HENRY BRAVO  
 DIRECCIÓN DEL CLIENTE: LATACUNGA  
 MUESTRA DE: SUELO  
 DESCRIPCIÓN: SUELO TIPO INICIAL  
 LOTE: -----  
 FECHA DE ELABORACION: -----  
 FECHA DE VENCIMIENTO: -----  
 FECHA DE RECEPCIÓN: 10/08/16  
 HORA DE RECEPCIÓN: 10H12  
 FECHA DE ANÁLISIS: 15/08/16  
 FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA: 19/08/16  
 CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA  
 COLOR: CARACTERÍSTICO  
 OLORES: CARACTERÍSTICO  
 ESTADO: SOLIDO  
 CONTENIDO DECLARADO: 100g  
 CONTENIDO ENCONTRADO: -----  
 OBSERVACIONES: LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.  
 MUESTREO POR: EL CLIENTE

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
RECuento de bacterias aerobias	ufc/g	1.3X10 <sup>5</sup>	SM 9215 B

DATOS ADICIONALES:  
 ufc/g Unidad formadora de colonias por gramo



*x Maria D. Harpined*  
 B.F. Magaly Chasi - Msc.  
 JEFE ÁREA DE MICROBIOLOGIA







**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**  
DEPARTAMENTO DE PETROLEOS, ENERGIA Y CONTAMINACION



**INFORME DE RESULTADOS**  
**SUELOS**

Informe No: 16-06-02-A-2  
Fecha: 2016-06-27

Referencia: OT-16-08-02-A  
Empresa: PARTICULAR  
Atención: Sr. Cristian Guamani / Sr. Henry Bravo  
Dirección: Latacunga  
Tipo de ensayo: Análisis fisicoquímicos  
Tipo de muestras: SUELO  
Identificación de la muestra: B2CIR1  
Descripción de la muestra: Sin Descripción específica  
Muestra tomada por: El cliente  
Fecha de ingreso de la muestra: 2016-06-08  
Código de la muestra: OE-16-08-04-A-2  
Fecha de realización de ensayo: 2016-06-14


DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre $U=\pm(k=2)$
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 118.1	8638,28	-

Nota.- Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

Condiciones Ambientales: Humedad: 35%; Temperatura: 20.1°C


Realizado Por: VRT

Revisado por:

  
Ing. Fernanda Toasa L.  
RESPONSABLE TECNICO



Aprobado por:

  
Ing. Ghern Carvajal C.  
DIRECTOR DE LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZARA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext.26

E-mail: [linsecretaria@cbcece.edu.ec](mailto:linsecretaria@cbcece.edu.ec)

MC2201-A01-7

QUITO - ECUADOR





**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**  
DEPARTAMENTO DE PETROLEOS, ENERGIA Y CONTAMINACION



**INFORME DE RESULTADOS**  
**SUELOS**

Informe No: 16-06-02-A-1  
Fecha: 2016-06-27

Referencia: OT-16-06-02-A  
Empresa: PARTICULAR  
Atención: Sr. Cristian Guamani / Sr. Henry Bravo  
Dirección: Latacunga  
Tipo de ensayo: Análisis fisicoquímicos  
Tipo de muestras: SUELO  
Identificación de la muestra: B2C2R1  
Descripción de la muestra: Sin Descripción específica  
Muestra toma por: El cliente  
Fecha de ingreso de la muestra: 2016-06-08  
Código de la muestra: OE-16-06-02-A-1  
Fecha de realización de ensayo: 2016-06-14

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre U=±(K=2)
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	8240,16	-

Nota.- Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

Condiciones Ambientales: Humedad: 35%; Temperatura: 20.1°C


Realizado Por: VRT

Revisado por:

  
Ing. Fernanda Toasa L.  
RESPONSABLE TECNICO



Aprobado por:

  
Ing. Ghem Carvajal C.  
DIRECTOR DE LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZARA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext.26

E-mail: [la.secretaria@dmecuce.edu.ec](mailto:la.secretaria@dmecuce.edu.ec)

QUITO - ECUADOR

MC2201-A01-7

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry, no matter how small, should be recorded to ensure the integrity of the financial statements. The text also highlights the need for regular reconciliations between the company's books and the bank statements to identify any discrepancies early on.

In addition, the document provides a detailed overview of the accounting cycle, from identifying transactions to preparing financial statements. It includes a list of common accounting errors and how to avoid them, such as failing to record a transaction or misclassifying an expense. The text also discusses the importance of internal controls to prevent fraud and ensure the accuracy of the financial data.



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**  
DEPARTAMENTO DE PETROLEOS, ENERGIA Y CONTAMINACION



**INFORME DE RESULTADOS**  
**SUELOS**

	Informe No: 16-06-02-A-3
	Fecha: 2016-06-27
Referencia:	OT-16-06-02-A
Empresa:	PARTICULAR
Atención:	Sr. Cristian Guaman / Sr. Henry Bravo
Dirección:	Latacunga
Tipo de ensayo:	Análisis fisicoquímicos
Tipo de muestras:	SUELO
Identificación de la muestra:	B1C2R1
Descripción de la muestra:	Sin Descripción específica
Muestra tomada por:	El cliente
Fecha de Ingreso de la muestra:	2016-06-08
Código de la muestra:	OE-16-06-02-A-3
Fecha de realización de ensayo:	2016-06-14


DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre U=±(k=2)
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	7352,06	-

Nota.- Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010  
Condiciones Ambientales: Humedad: 35%; Temperatura: 20.1°C

Realizado Por: VRT

Revisado por:  
  
Ing. Fernanda Toasa L.  
**RESPONSABLE TECNICO**



Aprobado por:  
  
Ing. Ghem Carvajal C.  
**DIRECTOR DE LAB. DEL DPEC**

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZARA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia  
MC2201-A01-7

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext.26  
QUITO - ECUADOR

E-mail: [in.secretaria@desuco.edu.ec](mailto:in.secretaria@desuco.edu.ec)



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**  
 DEPARTAMENTO DE PETROLEOS, ENERGIA Y CONTAMINACION



**INFORME DE RESULTADOS**  
**SUELOS**

Informe No: 16-06-02-A-4  
 Fecha: 2016-06-27

Referencia: OT-16-06-02-A  
 Empresa: PARTICULAR  
 Atención: Sr. Cristian Guaman / Sr. Henry Bravo  
 Dirección: Latacunga  
 Tipo de ensayo: Analisis fisicoquímicos  
 Tipo de muestras: SUELO  
 Identificación de la muestra: BICRI  
 Descripción de la muestra: Sin Descripción específica  
 Muestra toma por: El cliente  
 Fecha de ingreso de la muestra: 2016-06-08  
 Código de la muestra: OE-16-06-02-A-4  
 Fecha de realización de ensayo: 2016-06-14

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre $U=\pm(K=2)$
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	7435,56	-

Nota.- Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

Condiciones Ambientales: Humedad: 35%; Temperatura: 20.1°C

Realizado Por: VRT

Revisado por:

Ing. Fernanda Toasa L.  
 RESPONSABLE TECNICO



Aprobado por:

Ing. Ghem Carvajal C.  
 DIRECTOR DE LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZARA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 254631 ext.26

E-mail: [fo.secretaria.dpec@uce.edu.ec](mailto:fo.secretaria.dpec@uce.edu.ec)

MC2201-A01-7

QUITO – ECUADOR



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**  
 DEPARTAMENTO DE PETROLEOS, ENERGIA Y CONTAMINACION



**INFORME DE RESULTADOS**  
**SUELOS**

Informe No: 16-06-02-A-8  
 Fecha: 2016-06-27

Referencia: OT-16-06-02-A  
 Empresa: PARTICULAR  
 Atención: Sr. Cristian Guaman / Sr. Henry Bravo  
 Dirección: Latacunga  
 Tipo de ensayo: Analisis fisicoquímicos  
 Tipo de muestras: SUELO  
 Identificación de la muestra: A2C2R1  
 Descripción de la muestra: Sin Descripción específica  
 Muestra toma por: El cliente  
 Fecha de Ingreso de la muestra: 2016- 06-08  
 Código de la muestra: OE-16-08-01-A-8  
 Fecha de realización de ensayo: 2016-06-14

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre $U=\pm(k=2)$
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	10376,71	-

Nota.- Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

Condiciones Ambientales: Humedad: 35%; Temperatura: 20.1°C

Realizado Por: VRT

Revisado por:

Ing. Fernanda Toasa L.  
 RESPONSABLE TECNICO



Aprobado por:

Ing. Ghem Carvajal C.  
 DIRECTOR DE LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZARA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext.26

E-mail: [fin.secretaria@dpec.uce.edu.ec](mailto:fin.secretaria@dpec.uce.edu.ec)

MC2201-A01-7

QUITO -- ECUADOR

[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. No specific content can be transcribed.]

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA  
DEPARTAMENTO DE PETROLEOS, ENERGIA Y CONTAMINACION



INFORME DE RESULTADOS  
SUELOS

Informe No: 16-06-02-A-5  
Fecha: 2016-06-27

Referencia: OT-16-06-02-A  
Empresa: PARTICULAR  
Atención: Sr. Cristian Guaman / Sr. Henry Bravo  
Dirección: Latacunga  
Tipo de ensayo: Análisis físicoquímicos  
Tipo de muestras: SUELO  
Identificación de la muestra: A2C1R1  
Descripción de la muestra: Sin Descripción específica  
Muestra tomada por: El cliente  
Fecha de ingreso de la muestra: 2016-06-08  
Código de la muestra: OE-16-06-02-A-5  
Fecha de realización de ensayo: 2016-06-14

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre $U = \pm (K \cdot 2)$
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	10773,57	-

Nota.- Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

Condiciones Ambientales: Humedad: 35%; Temperatura: 20.1°C

Realizado Por: VRT

Revisado por:

Ing. Fernanda Toasa L.  
RESPONSABLE TECNICO



Aprobado por:

Ing. Ghem Carvajal C.  
DIRECTOR DE LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZARA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolívar

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext.26  
QUITO - ECUADOR

E-mail: [bu.secretaria@docuce.edu.ec](mailto:bu.secretaria@docuce.edu.ec)

MC2201-A01-7



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA  
DEPARTAMENTO DE PETROLEOS, ENERGIA Y CONTAMINACION



INFORME DE RESULTADOS  
SUELOS

Informe No: 16-06-02-A-7  
Fecha: 2016-06-27

Referencia: OT-16-06-02-A  
Empresa: PARTICULAR  
Atención: Sr. Cristian Guamaní / Sr. Henry Bravo  
Dirección: Latacunga  
Tipo de ensayo: Análisis físicoquímicos  
Tipo de muestras: SUELO  
Identificación de la muestra: A1 C2 R2  
Descripción de la muestra: Sin Descripción específica  
Muestra toma por: El cliente  
Fecha de ingreso de la muestra: 2016-06-08  
Código de la muestra: OE-16-06-02-A-7  
Fecha de realización de ensayo: 2016-06-14

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre $U=±(k=2)$
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	9040,54	-

Nota.- Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE I.F. 2C. 06-010

Condiciones Ambientales: Humedad: 35%; Temperatura: 20.1°C

Realizado Por: VRT

Revisado por:

Ing. Fernanda Toasa L.  
RESPONSABLE TECNICO



Aprobado por:

Ing. Ghem Carvajal C.  
DIRECTOR DE LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZARA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

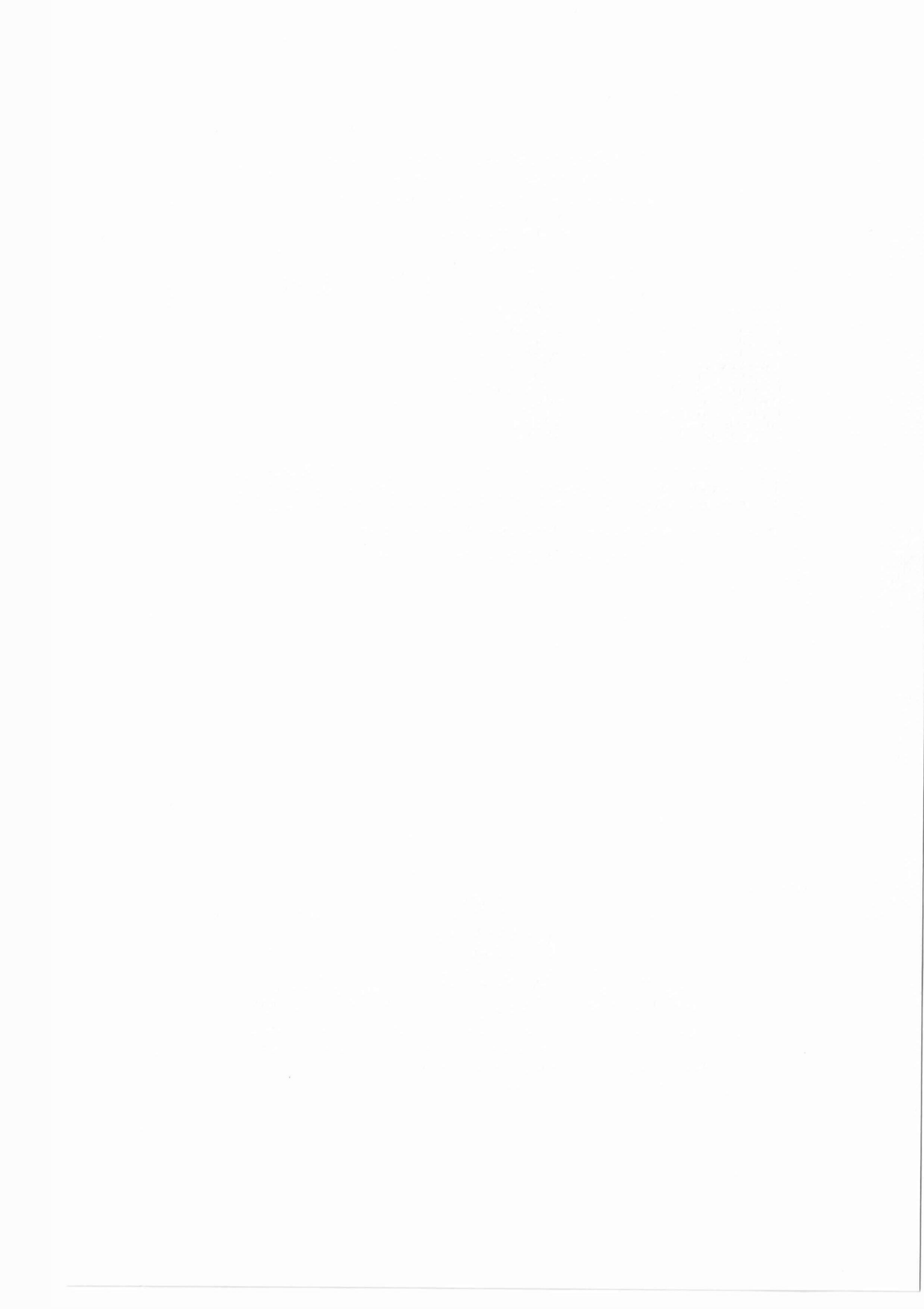
Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolívar

Teléfono: 2904794 / 2544631 ext.26

E-mail: [fin.secretaria@uce.edu.ec](mailto:fin.secretaria@uce.edu.ec)

MC2201-A01-7

QUITO -- ECUADOR





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA  
DEPARTAMENTO DE PETROLEOS, ENERGIA Y CONTAMINACION



INFORME DE RESULTADOS  
SUELOS

Referencia: OT-16-06-02-A  
Informe No: 16-06-02-A-6  
Fecha: 2016-06-27

Empresa: PARTICULAR  
Atención: Sr. Cristian Guamani / Sr. Henry Bravo  
Dirección: Latacunga  
Tipo de ensayo: Análisis físicoquímicos  
Tipo de muestras: SUELO  
Identificación de la muestra: A1 C1 R1  
Descripción de la muestra: Sin Descripción específica  
Muestra toma por: El cliente  
Fecha de ingreso de la muestra: 2016-06-08  
Código de la muestra: OE-16-06-02-A-6  
Fecha de realización de ensayo: 2016-06-14

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	Incertidumbre U <sub>95</sub> :(K=2)
HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)	mg/kg	PNE/DPEC/A/EPA 418.1	9949,04	-

Nota.- Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

Condiciones Ambientales: Humedad: 35%; Temperatura: 20.1°C

Realizado Por: VRT

Revisado por:

Ing. Fernanda Toasa L.  
RESPONSABLE TECNICO



Aprobado por:

Ing. Ghem Carvajal C.  
DIRECTOR DE LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZARA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

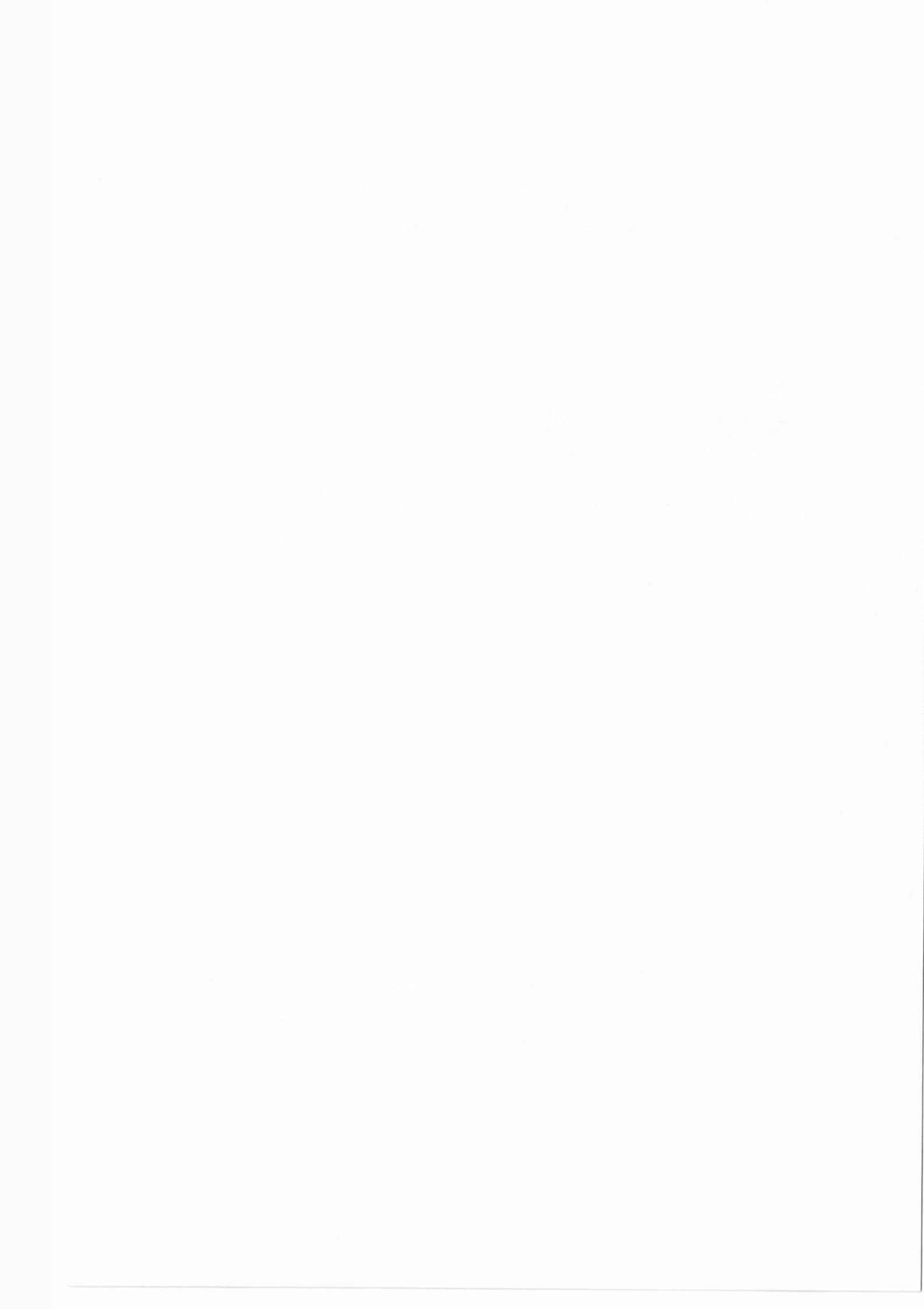
Dirección: Enrique Ritter s/n y Bolivia

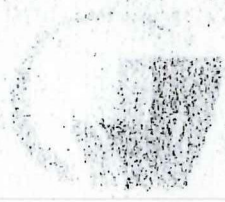
Teléfono: 2904794 / 2544631 ext.26

E-mail: [ho.secretaria.dpec@ucc.edu.ec](mailto:ho.secretaria.dpec@ucc.edu.ec)

MC2201-A01-7

QUITO - ECUADOR





Servicio de  
Acreditación  
Ecuatoriano

**ALCANCE DE ACREDITACIÓN**

**LABORATORIO OSP OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**

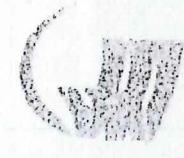
Quito - Ecuador



LABORATORIO OSP OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

Se encuentra acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano en cumplimiento con los requisitos establecidos en la Norma NIE INEN-ISO/IEC 17025:2005 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración", equivalente a la Norma ISO/IEC 17025:2005, y con los criterios y procedimientos de acreditación del SAE.

Esta acreditación demuestra la competencia técnica para la ejecución de los ensayos detallados en el **ALCANCE DE ACREDITACIÓN\***, que se realizan en las localizaciones identificadas en el mismo.



Ing. Eduardo Ruiz Páez  
DIRECTOR EJECUTIVO

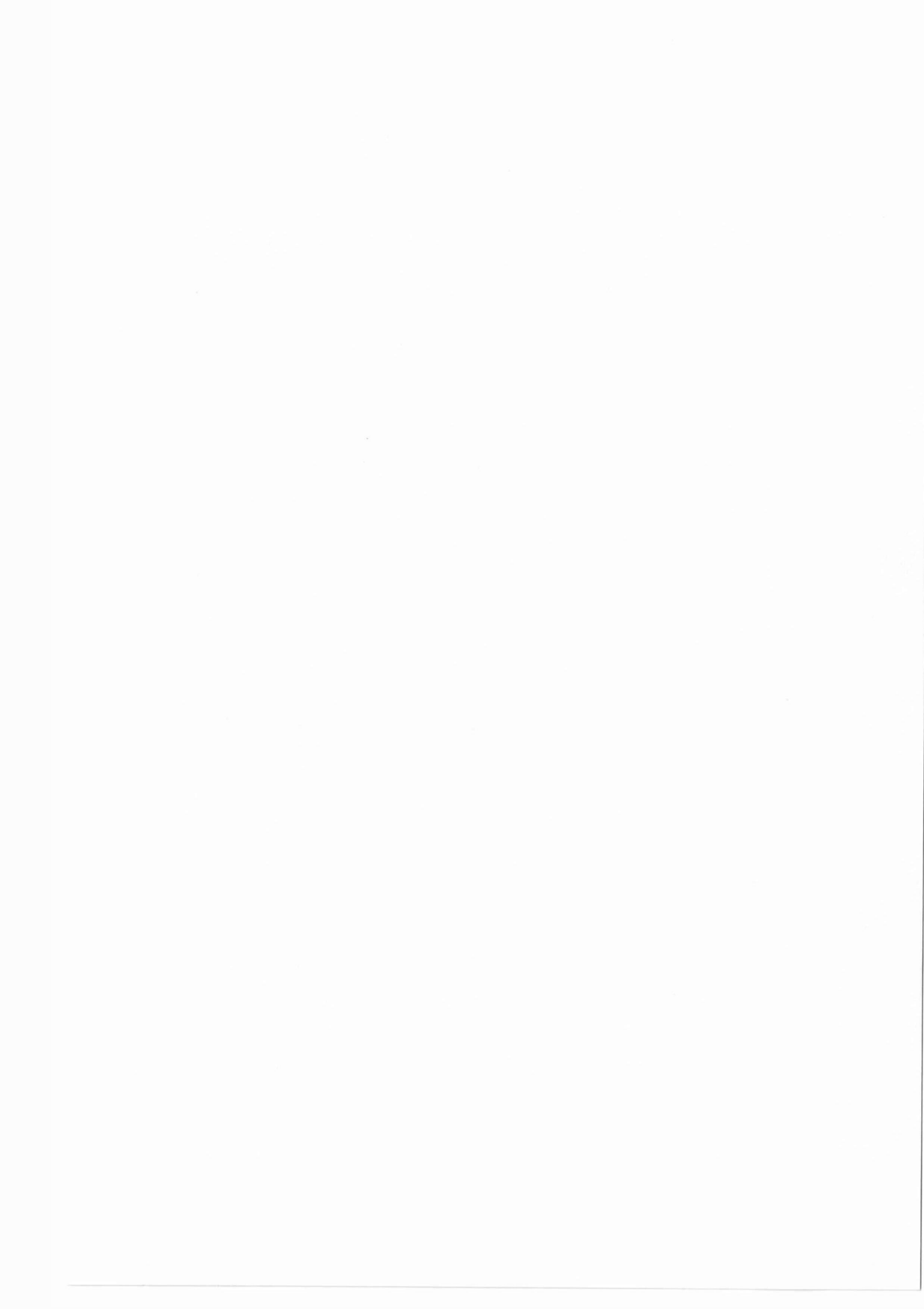
Acreditación inicial: 2004-08-17  
Renovación 1: 2013-12-23

Expira: 2018-12-27

La acreditación está condicionada al cumplimiento continuo por parte del laboratorio con los requisitos de acreditación, por lo que la vigencia del presente certificado de acreditación debe ser consultada en la página web del SAE: [www.sae.gub.ek](http://www.sae.gub.ek)

\* El presente certificado solo tiene validez con su correspondiente **ALCANCE DE ACREDITACIÓN**

Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad - Art. 21



**SECRETARÍA DE AMBIENTE DEL MUNICIPIO DEL  
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**

En base al cumplimiento de los requisitos especificados en la Resolución Administrativa  
A-008-b, del 15 de enero del 2014

Otorga el presente

**Registro de Laboratorio Ambiental a:**

**Laboratorio del Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación (DPEC)**


Registro N°: LEA—R—014

Quito, 08 de agosto de 2015



Dra. Veronica Arias  
**SECRETARIA DE AMBIENTE**

Valido por un año





# HOJA DE VIDA

## 1. Datos Personales:

**Nombre:** Henry Nelson  
**Apellidos:** Bravo De la Cruz  
**Cedula de ciudadanía:** 050351545-4  
**Fecha Nacimiento:** 16/01/1993  
**Estado Civil:** Soltero  
**Teléfono:** 032 664 410  
**Móvil:** 0995797744  
**Ciudad:** Latacunga  
**Dirección:** Av. Unidad Nacional y calle Rubén Terán  
**E-mail:** bhenrymc@gmail.com



## 2. Formación Académica:

<b>PRIMARIA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Escuela "Simón Bolívar"</li></ul>
<b>SECUNDARIA</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Colegio de ciclo básico "Catorce de Julio"</li><li>• Instituto Tecnológico Superior "Vicente León"</li></ul>
<b>NIVEL SUPERIOR</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Instituto Tecnológico Superior "Vicente León"</li><li>• Cursando Noveno ciclo "Universidad Técnica De Cotopaxi"</li></ul>

## 2. Títulos Obtenidos:

- Título Práctico en la Carrera Corta de Metal - Madera.
- Título de Bachiller en Ciencias Física Matemáticas.
- Tecnólogo en la carrera de Seguridad e Higiene del Trabajo.

## 3. Seminarios Realizados:

- Congreso Prevención y Control Ambiental, 2011 (32 horas).
- Seminario Internacional de la Ecología Industrial, para el Desarrollo de una Economía Circular en Ecuador, 2015 (30 horas).
- Equipos de protección personal, 2012 (20horas).
- Taller de liderazgo, 2014 (48 horas).
- Jornada de Capacitación dirigida a Instituciones Públicas y Privadas por el Día Mundial del Medio Ambiente, 2014 (40 horas).
- Funcionalidad, Manejo y Operatividad del medidor de Gases de Fuentes Móviles, 2014 (40 horas).
- Administración de Desastres, 2012 (48 horas).

FIRMA



## HOJA DE VIDA

### Datos Personales:

**Nombres:** Cristian Medardo

**Apellidos:** Guamani Pumasunta

**Cédula de Identidad:** 0503621716

**Fecha de nacimiento:** 20 de Julio de 1991

**Lugar de nacimiento:** Salcedo

**Estado Civil:** Soltero

**Dirección:** Santa Ana- Salcedo

**Teléfono:** 0999743739

**E – mail:** cristian.gumani6@utc.edu.ec



### Perfil:

Estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad UA-CAREN, Especialidad Ingeniería de Medio Ambiente, actualmente cursando el Décimo ciclo de la carrera.

### Formación Académica:

#### Primaria:

Unidad Educativa “Héroes de Paquisha”

#### Secundaria:

Unidad Educativa “Salcedo”

#### Superior:

Actualmente cursa el último ciclo de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### Seminarios y talleres.

- Yasuní más allá del Petroleó.
- Ecología Industrial para el desarrollo de una economía circular en el Ecuador.
- Jornada de capacitación dirigida a instituciones públicas y privadas por el día mundial del medio ambiente.
- Agroecología y soberanía alimentaria.



FIRMA

1/10/10



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

Unidad de Administración de Talento Humano



**SIITH**  
Sistema Informático  
Integrado de Talento  
Humano

FICHA SIITH



DATOS PERSONALES

NACIONALIDAD	CÉDULA	PASAPORTE	AÑOS DE RESIDENCIA	NOMBRES	APELLIDOS	FECHA DE NACIMIENTO	LIBRETA MILITAR	ESTADO CIVIL
Ecuatoriana	0502524481			José Antonio	Andrade Valencia	19/03/19979	197905000652	Casado
DISCAPACIDAD	N° CARNE CONADIS	TIPO DE DISCAPACIDAD	MODALIDAD DE INGRESO	FECHA DEL PRIMER INGRESO AL SECTOR PÚBLICO	FECHA DE INGRESO A LA INSTITUCIÓN	FECHA DE INGRESO AL PUESTO	GENERO	TIPO DE SANGRE
			Contrato Servicios Ocasionales	01/10/2009	01/10/2009	01/10/2009	MASCULINO	ARH+
MODALIDAD DE INGRESO LA INSTITUCIÓN			FECHA INICIO	FECHA FIN	N° CONTRATO	CARGO	UNIDAD ADMINISTRATIVA	

TELÉFONOS

DIRECCIÓN DOMICILIARIA PERMANETE

TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	N°	REFERENCIA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
32250137	987988397	Gabriela Mistral	Av. Roselveth	SN	Barrio Sur	Cotopaxi	Latacunga	Ignacio Flores

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA

TELÉFONO DEL TRABAJO	EXTENCIÓN	CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL	CORREO ELECTRÓNICO PERSONAL	AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA	ESPECIFIQUE NACIONALIDAD INDÍGENA	ESPECIFIQUE SI SELECCIONÓ OTRA
32266164		<a href="mailto:jose.andrade@ucc.edu.ec">jose.andrade@ucc.edu.ec</a>	<a href="mailto:annton.andrade26@yahoo.es">annton.andrade26@yahoo.es</a>	MESTIZO		

CONTACTO DE EMERGENCIA

DECLARACIÓN JURAMENTADA DE BIENES

TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	NOMBRES	APELLIDOS	No. DE NOTARIA	LUGAR DE NOTARIA	FECHA
32250137	999917126	Carmen Liliana	Chicaiza Alomoto	Tercera	Latacunga	

INFORMACIÓN BANCARIA

DATOS DEL CÓNYUGE O CONVIVIENTE

NÚMERO DE CUENTA	TIPO DE CUENTA	INSTITUCIÓN FINANCIERA	APELLIDOS	NOMBRES	No. DE CÉDULA	TIPO DE RELACIÓN	TRABAJO
0040419341	AHORRO	Mutuaista Pichincha	Chicaiza Alomoto	Carmen Liliana	0503165425	CONVIVIENTE	MIESS

INFORMACIÓN DE HIJOS

FAMILIARES CON DISCAPACIDAD

No. DE CÉDULA	FECHA DE NACIMIENTO	NOMBRES	APELLIDOS	NIVEL DE INSTRUCCIÓN	PARENTESCO	N° CARNE CONADIS	TIPO DE DISCAPACIDAD
0550778542	01/06/2015	Dominic Azael	Andrade Chicaiza	SIN INSTRUCCIÓN			

FORMACIÓN ACADÉMICA

NIVEL DE INSTRUCCIÓN	No. DE REGISTRO [SENESCYT]	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	TÍTULO OBTENIDO	EGRESADO	AREA DE CONOCIMIENTO	PERIODOS APROBADOS	TIPO DE PERIODO	PAIS
TERCER NIVEL	1020-08-868111	Universidad Técnica de Cotopaxi	ing. Agrónomo		Agricultura y Ambiente			Ecuador
4TO NIVEL - MAESTRÍA	1020-15-86063155	Universidad Técnica de Cotopaxi	Magister en Seguridad y Prevención de Riesgos del trabajo		Seguridad Ocupacional			Ecuador

FIRMA

