

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Análisis de la contaminación Térmica, del suelo y visual producidas
por Actividades Petroleras en la Región Americana

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Petróleos

Presentado por:

Jean Carlos Alava Quinchiguango

Christian Adrián Rugel Zamora

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres que son pilares fundamentales y guías a lo largo de cada paso. A mis abuelos Amable, Teresa y Clara que son mi apoyo y han estado presentes en mi vida. A mi abuelo Ponce que protege a toda la familia desde el cielo. A mis primos y primas que me han acompañado a lo largo de cada etapa.

A mis amigos de la carrera que a pesar de la modalidad virtual, nos mantenemos unidos y nos hemos apoyado cada día.

Christian Adrián Rugel Zamora

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico principalmente a mi madre Alexandra Quinchiguango, por ser mi guía y mi soporte a lo largo de mi vida, por sin ella no podría haber llevado a cabo este objetivo. Es una gran inspiración para mí.

A mi mami Rebeca, por estar conmigo desde pequeño, por cuidarme y orar siempre por mí, por sus consejos y por ser un apoyo incondicional.

A mis tías, a mi tío, a mis primas y primos, por aportar su granito de arena a lo largo de mi crecimiento.

Y, por último, a mis amigos que me regaló ESPOL, a mis amigos de la iglesia y a cada persona que ha creído en mí durante estos años.

Jean Carlos Alava

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Dios por darme a mi familia, amigos y estudios.

A mis padres que me han ayudado y siempre han estado para no rendirme.

A mis amigos: Nicole, Oswaldo, Gaby, Meiling, Karen, Gema, Raisa, Jenniffer, Roberto y Melanie por estar en los mejores y peores momentos, brindarme su amistad y hacer disfrutar de la etapa universitaria.

A cada uno de los profesores de la carrera de Petróleos, ya que sacrificaban su tiempo para darnos a entender cada tema del área.

A la ESPOL por formarme para la vida profesional con una educación de calidad.

Al Ing. Kenny Escobar al ser nuestro guía en la presente investigación. Al Msc. Danilo Arcentales y al Ing. Fernando Sagnay; por las correcciones y sugerencias brindadas.

A mi compañero y gran amigo Jean Carlos Alava por terminar la carrera juntos mediante el presente trabajo.

Christian Adrián Rugel Zamora

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Padre Celestial por permitirme terminar esta etapa en mi vida, a mi madre, por ser mi fortaleza y guía.

Agradezco a ESPOL, por su excelencia y por su educación de calidad, la cual me ayudará por el resto de mi vida a ser gran un profesional.

Mi más sincero agradecimiento al Ing. Kenny Escobar por ser una pieza fundamental para la elaboración de este trabajo, al Msc. Danilo Arcentales y al Ing. Fernando Sagnay, por sus consejos y ayuda a lo largo de la Tesis.

A los excelentes profesores de la carrera de Petróleos, por brindarnos sus conocimientos y por sus deseos para que seamos profesionales de calidad.

A mi gran amigo Christian Rugel, por haberme acompañado en la realización de este trabajo y hacerlo de la mejor manera.

Jean Carlos Alava

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Jean Carlos Alava Quinchiguango y Christian Adrián Rugel Zamora damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

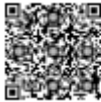


Jean Carlos Alava
Quinchiguango



Christian Adrián Rugel
Zamora

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
**FERNANDO
JAVIER SAGNAY
SARES**

MSc. Sagnay Sares Fernando Javier

PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Escobar Segovia Kenny Fernando

PROFESOR TUTOR



Firmado electrónicamente por:
**DANILO ANDRES
ARCENTALES
BASTIDAS**

MSc. Arcentales Bastidas Danilo Andrés

PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Vargas Gutierrez Xavier Ernesto

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La industria petrolera es una de las industrias más importantes a nivel mundial, pero de igual manera, las actividades realizadas en este sector generan serios daños al medio ambiente, dando como resultado diferentes tipos de contaminación. A lo largo de los años se ha podido observar un gran incremento en el impacto ambiental hacia el ecosistema, lo cual nos ha llevado a analizar investigaciones existentes acerca de la contaminación térmica, visual y del suelo producidas por el sector petrolero en América, a través de plataformas de artículos científicos para proponer posibles soluciones a dichos casos.

Para el desarrollo de este trabajo se empleó la metodología de Medina (Medina et al., 2010), en la cual se identificó el campo de estudio y periodo a analizar, se seleccionaron fuentes de información, sistemas de consulta y selección de información. Las bases de datos científicas utilizadas fueron Scopus y Web of Science. Los softwares empleados fueron VOSViewer y Bibliometrix, los cuales interpretaron la data de los documentos seleccionados y se pudo realizar un análisis bibliométrico a fondo.

Como resultado se pudo observar que existe una tendencia global de implementar remediaciones que tengan que ver con el uso de sembríos de plantas y algas, microorganismos, hongos y derivados de estos, debido a que poseen una alta eficacia al remediar entornos y zonas contaminadas.

Los métodos más eficaces para la recuperación ambiental son: para la Contaminación del Suelo: Biorremediación, Fitorremediación y Rizorremediación; para la Contaminación Visual y Térmica: Reforestación.

Palabras Clave: Contaminación del suelo, Contaminación Térmica, Contaminación Visual, Remediación, Revisión Bibliográfica, Petróleo.

ABSTRACT

The oil industry is one of the most important industries worldwide, but at the same time, the activities carried out in this sector generate serious damage to the environment, resulting in different types of pollution. Over the years we have observed a great increase in the environmental impact on the ecosystem, which has led us to analyze existing research on thermal, visual and soil pollution produced by the oil sector in America, through platforms of scientific articles to propose possible solutions to these cases.

For the development of this work, Medina's methodology was used (Medina et al., 2010), in which the field of study and period to be analyzed were identified, information sources, consultation systems and information selection were selected. The scientific databases used were Scopus and Web of Science. The softwares used were VOSViewer and Bibliometrix, which interpreted the data of the selected documents and a thorough bibliometric analysis could be performed. As a result, it could be observed that there is a global tendency to implement remediations that have to do with the use of plant and algae seedlings, microorganisms, fungi and their derivatives, because they are highly effective in remediating contaminated environments and areas.

The most effective methods for environmental remediation are, for Soil Contamination: Bioremediation, Phytoremediation and Rhizoremediation; for Visual and Thermal Contamination: Reforestation.

Keywords: *Soil Contamination, Thermal Contamination, Visual Contamination, Remediation, Literature Review, Petroleum.*

ÍNDICE GENERAL

Contenido

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 MARCO TEÓRICO	3
1.4.1 Antecedentes de la investigación	3
1.4.2 Fases de la explotación del petróleo	4
1.4.3 TIPOS DE CONTAMINACIÓN	7
1.4.4 BASES DE DATOS DE ARTICULOS CIENTÍFICOS	8
CAPÍTULO 2	9
2. METODOLOGÍA	9
2.1 Identificación del campo de estudio y periodo a analizar	9
2.2 Selección de las fuentes de información	10
2.3 Sistemas de detección, consulta y selección de la información ..	10
2.4 Gestión y depuración de los resultados de la búsqueda	12
2.4.1 Clasificación de los documentos encontrados	12

2.4.2	Identificación y análisis de falsos positivos.....	14
2.5	Análisis de los resultados de búsqueda	14
	CAPÍTULO 3.....	16
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	16
	CAPÍTULO 4.....	23
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	23
4.1	Conclusiones	23
4.2	Recomendaciones	24
	BIBLIOGRAFÍA.....	26
	APÉNDICE	32

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

WOS Web of Science

TPH Hidrocarburos totales de petróleo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Fases del proceso de revisión bibliográfica. Fuente: Medina et al., 2010	9
Figura 3-1 Documentos objeto de estudio. Fuente: Alava & Rugel, 2021 .	16
Figura 3-2 Número de publicaciones por año. Fuente: Alava & Rugel, 2021	17
Figura 3-3 Estudios publicados en los países del continente americano. Fuente: Alava & Rugel, 2021	17
Figura 3-4 Diagrama de relevancia de Palabras Clave. Fuente: Alava & Rugel, 2021	18
Figura 3-5 Principales filiaciones institucionales de los documentos seleccionados	18
Figura 3-6 Análisis de co-ocurrencias de las keywords. Web of Science. Fuente: Alava & Rugel, 2021	19
Figura 3-7 Análisis de co-ocurrencias de las keywords. Scopus. Fuente: Alava & Rugel, 2021	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Cantidad de documentos encontrados mediante búsquedas por Keywords. Fuente: Alava & Rugel, 2021	10
Tabla 2-2 Búsquedas mediante Keywords filtradas por países e idiomas.	11
Tabla 2-3 Cantidad de documentos únicos en Scopus y WOS.....	11
Tabla 2-4 4 Artículos seleccionados en la investigación en Scopus. Fuente: Alava & Rugel, 2021	13
Tabla 2-5 Artículos seleccionados en la investigación en WOS. Fuente: Alava & Rugel, 2021	14
Tabla 3-1 Tabla de métodos de recuperación ambiental. Fuente: Alava & Rugel, 2021	21

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de que la industria petrolera genera fuentes de ingreso para algunos, las actividades petroleras en todas sus etapas (exploración, perforación, producción, refinación, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización) generan daños al medio ambiente dando como resultado la contaminación. Esto se produce por el inadecuado funcionamiento y poca seguridad de la industria, dejando a la vista varios casos de contaminación producidos en el continente americano.

Dentro de los tipos de contaminación generada por la industria petrolera tenemos la contaminación del suelo, térmica y visual. La contaminación del suelo provocada por el petróleo produce un desgaste del mismo, disminución de componentes nutritivos y materia orgánica del suelo, por lo que el este se exhibe a la erosión y a una pérdida de fertilizantes por la lixiviación de hidrocarburos, causando daños a la flora que los absorbe (Serrano Guzmán et al., 2013). La contaminación térmica de la industria petrolera se origina en los desechos industriales ya que poseen mayor temperatura a la del exterior, como, por ejemplo, las aguas residuales poseen altas temperaturas y son enviadas a cuerpos hídricos en los que afectaría a la fauna marina; además, el aumento de temperatura del agua imposibilita el paso de oxígeno que ocurre desde la atmósfera al agua reduciendo la solubilidad del oxígeno (CEPAL & Ambiente, 1990). La contaminación visual generada por el sector petrolero se origina de varias formas: deforestación por construcción de vías e instalación del campo; desaparición de especies de flora y fauna por pérdida del hábitat y la cacería (Moñino & Galdos, 2008).

En este trabajo se muestra la búsqueda de casos de contaminación del suelo, térmica y visual producidos por las actividades petroleras en el continente americano con el fin de informar el impacto ambiental causado en la región. Esto

nos lleva a pensar: ¿Qué acciones se deben tomar en cuanto al daño ocasionado? ¿Cuántos casos más se darán de estos tipos de contaminación?

1.1 Descripción del problema

Durante los últimos años, la contaminación ambiental producida por el ser humano ha ido incrementando drásticamente, por lo cual, enfocándonos en nuestra área, es un tema para tratar de suma importancia, debido a que las actividades petroleras causan un gran impacto al ecosistema. Esto nos ha llevado a realizar un estudio mostrándonos que existe una gran desinformación en cuanto a los casos que enlazan los tipos de contaminación térmica, del suelo y visual producidas por las actividades petroleras. Este problema se enfoca en todo el continente americano, en donde se realicen actividades relacionadas al petróleo.

1.2 Justificación del problema

La presente investigación se enfocará en establecer los casos existentes de contaminación del suelo, térmica y visual generados por las actividades de la industria petrolera en el continente americano, ya que nos ayudará a conocer el impacto ambiental que se está produciendo y nos brindará información de las zonas más afectadas en nuestro continente. Así, el presente trabajo nos permitirá entender los métodos de recuperación ambiental existentes de los casos encontrados generando la concientización del impacto producido por la industria petrolera.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar investigaciones existentes acerca de la contaminación térmica, visual y del suelo producidas por el sector petrolero en América, a través de plataformas de artículos científicos para proponer posibles soluciones a dichos casos.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Recopilar y seleccionar artículos científicos relacionados a la contaminación Térmica, visual y del suelo.
2. Establecer cómo se enlazan los diferentes tipos de contaminación.
3. Determinar métodos de recuperación ambiental que puedan enmendar los diferentes tipos de contaminación producidas por actividades petroleras.
4. Hacer un análisis de las posibles soluciones postuladas sobre los diferentes tipos de contaminación a tratar en este trabajo.

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 Antecedentes de la investigación

Un trabajo correspondiente a Cordero & Hoang (2021), quienes realizaron “Mitigación de suelos peligrosos contaminados con petróleo e hidrocarburos utilizando enmiendas orgánicas: una revisión”. En esta revisión se examinan los mecanismos empleados para la remediación mejorada de suelos contaminados con TPH (Total petroleum Hydrocarbons) mediante enmiendas orgánicas y se analizan los factores que influyen en relación con la biodisponibilidad y la biodegradación posterior de TPH en el suelo

El término "hidrocarburos totales de petróleo" (TPH) se utiliza para describir una mezcla compleja de hidrocarburos derivados del petróleo principalmente derivados del crudo. petróleo. Estos compuestos se consideran contaminantes orgánicos persistentes en el medio terrestre. Una amplia gama de enmiendas orgánicas se utiliza cada vez más para la remediación de suelos contaminados con TPH. Las enmiendas orgánicas no solo proporcionan una fuente de carbono y nutrientes, sino que también agregan microorganismos beneficiosos exógenos para mejorar la tasa de degradación de TPH, mejorando así la salud del suelo.

Esta investigación correspondiente a Robbins, Graubeger & Garland (2021), llamada “Capacidad de tratamiento in situ de destilación de membranas impulsada por calor residual o gas natural para aguas residuales de petróleo y gas no convencionales en la cuenca Denver-Julesburg”. En este trabajo se buscó aprovechar el calor residual para promover la viabilidad económica del tratamiento de aguas residuales en la producción de petróleo y gas no convencionales. Se buscó utilizar el calor residual y el gas natural de la plataforma de pozos con el fin de alimentar energéticamente el tratamiento del agua de formación para 20 pozos mediante destilación de membrana. Los resultados mostraron que el calor residual producido por descargas eléctricas es insuficiente para el tratamiento de todas las aguas residuales de los 20 pozos. Por otro lado, al ser el gas natural una fuente de energía más constante, la energía producida por este gas es suficiente y excede la demanda total de energía necesaria para el tratamiento de las aguas de formación de los 20 pozos.

1.4.2 Fases de la explotación del petróleo

El petróleo, denominado también petróleo crudo, es un combustible fósil que se originó gracias a la descomposición de los seres vivos de la antigüedad. Durante millones de años, sus restos fósiles se sometieron a presiones y temperaturas muy altas, lo que los convirtió en materia con abundante carbono, dando origen así al petróleo que hoy en día conocemos y usamos para obtener diferentes tipos de combustibles

1.4.2.1 Exploración

El objetivo de esta fase es encontrar la ubicación de los yacimientos de petróleo. En la exploración participan geólogos, geofísicos, y otros especialistas en ciencias de la tierra, ellos utilizan diversos métodos y herramientas para analizar el suelo y hallar las zonas que pueden contener petróleo. En esta etapa se analiza el volumen de las reservas y si son económicamente rentables (New Zealand Petroleum and Minerals, 2017).

1.4.2.2 Perforación

Una vez que se ha superado la etapa de exploración y se hayan encontrado zonas con altas probabilidades de contener hidrocarburos, lo siguiente es perforar de forma vertical o direccional, un agujero o pozo para llegar hacia el yacimiento y poder extraer el crudo (New Zealand Petroleum and Minerals, 2017).

En el proceso de perforación se retira grandes cantidades de roca del subsuelo, estos recortes poseen diferentes tipos de minerales y de metales pesados, que pueden ser tóxicos para el ser humano, para el suelo, para las plantas y para el ecosistema.

En los recortes de perforación se pueden encontrar metales pesados como el vanadio, estaño, talio, manganeso, cobalto, etc (New Zealand Petroleum and Minerals, 2017).

1.4.2.3 Producción

Terminada la fase de perforación y si se comprobó la existencia de reservas de petróleo, se procede a la extracción de este. En esta etapa se adapta y reviste la tubería por donde se va a transportar el hidrocarburo hasta la superficie. Después, se perfora la tubería en las zonas donde se encuentra el reservorio, con el fin de que el petróleo ingrese al tubing y se dirija hacia la superficie.

Cuando se está produciendo, no sólo se extrae petróleo, sino también otros fluidos, como lo son el agua de formación y el gas (Bravo, 2007).

1.4.2.3.1 Agua de formación

El agua de formación es uno de los principales problemas que tiene la industria del petróleo, ya que es difícil de tratarla y no se la puede redirigir al medio ambiente ya que contiene agentes contaminantes muy tóxicos.

Este tipo de agua contiene altos niveles de salinidad, especialmente cloruro de sodio (NaCl) y otros sólidos que pueden llegar a tener 30000 ppm y en

yacimientos de crudos pesados, pueden llegar a tener una salinidad de 100000 ppm.

Los compuestos que contiene el agua de formación varían dependiendo de la zona del yacimiento y estos pueden ser: Petróleo, vanadio, zinc, cromo, arsénico, CO₂, sulfatos, sulfuro de hidrógeno y otros metales pesados (Bravo, 2007).

1.4.2.3.2 Gas asociado

En diversos campos petroleros se produce gas natural que está asociado con el petróleo, este es utilizado como combustible en algunos casos, y en otros casos, se lo quema y libera al ambiente.

El quemar estos gases incrementa el calentamiento global que padece el planeta y provoca un gran impacto en la biodiversidad (Bravo, 2007).

Al quemar el gas, el proceso de combustión libera a la atmósfera diferentes compuestos o gases como el etano, metano, butano, CO₂, propano, CO, Halones, helio y argón, etc.

1.4.2.4 Refinación

El petróleo extraído es dirigido a los tanques de almacenamiento. Posteriormente se los transporta hasta las refinerías de todo el país, en donde procesa el hidrocarburo y se obtiene una variedad de productos deseables, tales como aceite combustible y gasolina (EALDE, 2020).

En las refinerías, se procesa el petróleo para obtener sus combustibles derivados como el Diésel, gasolina, el jet fuel, el bunker, lubricantes, etc. estos a su vez, se utilizan para las maquinarias que mueven las industrias de todo el mundo y como producto de su combustión, se emite enormes cantidades de CO₂ y otros gases que dañan gravemente la atmósfera y contaminan el ambiente.

1.4.3 TIPOS DE CONTAMINACIÓN

1.4.3.1 Contaminación Térmica

La contaminación térmica se produce cuando una organización o una industria toma agua natural, la enfría o calienta, dependiendo de la industria, y la regresan al ambiente con una temperatura alterada. Este cambio de temperatura cambia los niveles de oxígeno y puede provocar efectos negativos en el entorno y a sus habitantes.

Otro factor importante es la erosión del suelo, ya que una erosión constante produce que los cuerpos de agua fluyan a la superficie y los expone al sol. Estas altas temperaturas pueden ser mortales para los ecosistemas acuáticos (Rinkesh, 2017).

1.4.3.2 Contaminación del Suelo

Las diversas actividades realizadas por la industria petrolera para extraer el crudo abarcan una gran cantidad de sectores y entornos, cada actividad presenta un enorme riesgo, ya que en caso de alguna falla o error en su realización, se puede afectar gravemente al entorno que los rodea; uno de los más afectados es el suelo, ya que a lo largo de los años se ha podido evidenciar el daño y desgaste que este sufre por la cantidad de agentes químicos que poseen los fluidos de control y el petróleo.

Un efecto negativo que sucede en el suelo por la presencia del petróleo es la reducción de la retención de oxígeno en el suelo, es decir, el petróleo consume oxígeno, incrementa la demanda bioquímica del agua y origina condiciones con poca presencia de oxígeno. Afecta a las plantas, ya que estas absorben los minerales contaminantes presentes en el suelo, provoca una pérdida de nutrientes del suelo y una reducción de contenido de materia orgánica, lo que expone al suelo a una posible erosión (Iberdrola, 2018).

1.4.3.3 Contaminación Visual

La contaminación visual hace referencia a que puede existir un impacto visual grave, el cual puede trastornar gravemente la visualización de un entorno o paisaje, algunos ejemplos de los principales casos de contaminación visual son la deforestación, gigantescos anuncios, construcción de estructuras de gran tamaño en zonas urbanas rodeadas por naturaleza, etc.

Una de las primeras etapas en la extracción del petróleo es limpiar la superficie desde donde se va a perforar el pozo para la producción del crudo, en esta denominada limpieza, se deben talar árboles, hacer caminos para llegar a esa estación y colocar diversas herramientas o maquinarias necesarias para llevar a cabo la operación (Stapleton, 2019).

1.4.4 BASES DE DATOS DE ARTICULOS CIENTÍFICOS

Para obtener mejores resultados en la investigación, se debe emplear herramientas de alto nivel que permitan una búsqueda específica y completa, que ofrezcan la ayuda necesaria para encontrar los temas de los que se va a investigar y analizar los artículos científicos.

Las bases de datos bibliográficas recopilan publicaciones científicas y técnicas de autores de todo el mundo, en estas bases de datos existen artículos de revistas, tesis, libros, congresos, etc., con el fin de reunir una gran cantidad de información académica sobre un área de conocimiento (Estelles, 2014). Existen diversas bases de datos que se utilizarán a lo largo de esta investigación, tales como Scopus y Web of Science.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para la revisión bibliográfica se aplicó el método planteado por Medina (2010), siguiendo los pasos que son fundamentales para el desarrollo de la investigación (Medina et al., 2010). Por lo cual, se determinó un plan de acción en el que se describieron las actividades ejecutadas para tener datos del estudio procesado (Giraldo & Pinzón, 2016).

Los pasos a seguir se mencionan a través del siguiente flujograma:



Figura 2-1 Fases del proceso de revisión bibliográfica. Fuente: Medina et al., 2010

2.1 Identificación del campo de estudio y periodo a analizar

Para iniciar, se determinó el campo de investigación que se consideraría, llevándonos a obtener la introducción de nuestra investigación ya que encontramos el problema, objetivos y el marco teórico.

El campo de estudio que se seleccionó para este trabajo fue el análisis de la contaminación térmica, del suelo y visual producidas por el sector petrolero en América. Se utilizaron documentos desarrollados desde el año 2000 hasta la actualidad (2021), debido a datos encontrados tales como que en Perú han

ocurrido 474 derrames (Sierra, 2020), en Ecuador 539 derrames (Vizuetete et al., 2019); lo que da a entender que en este lapso encontramos suficiente información ya que por la alta demanda se generó más casos de contaminación.

2.2 Selección de las fuentes de información

Se utilizó el criterio de búsqueda bibliográfica de Medina (2010) de los estudios realizados en el continente americano en el lapso de los últimos 21 años sobre la contaminación térmica, del suelo y visual producidas por el sector petrolero. Las bases de datos empleadas para encontrar los artículos fueron: Scopus y Web of Science (WOS).

2.3 Sistemas de detección, consulta y selección de la información

Las bases de datos Scopus y Web of Science se usaron con el fin de determinar una categorización de los elementos relacionados con la contaminación térmica, del suelo y visual producidas por el sector petrolero. Por lo cual, en este paso se establecieron fases para obtener lo deseado.

En la fase I se tuvo como objetivo la contabilización de los documentos científicos encontrados en cada base de dato a través de palabras claves (keywords) relacionadas con la contaminación térmica, del suelo y visual producidas por el sector petrolero. El contenido total de documentos encontrados en las bases de datos fue: 4820 en Scopus y 5280 en WOS.

KEYWORDS	Scopus	Web of Science (WOS)
Visual damage and oil	7	266
Visual damage and petroleum	1	50
Soil contamination and petroleum	518	1951
Soil pollution and petroleum	4181	1824
Visual pollution and petroleum	5	40
Thermal pollution and hydrocarbons	61	751
Thermal pollution and petroleum	47	398

Tabla 2-1 Cantidad de documentos encontrados mediante búsquedas por Keywords. Fuente: Alava & Rugel, 2021

En la fase II, la búsqueda fue realizada por las keywords ya conocidas, pero esta vez limitada al lapso determinado desde el año 2000 al 2021, la región requerida que en este caso fue América, y los idiomas requeridos fueron español, inglés y portugués. Obteniendo como resultado: 649 en Scopus y 1268 en WOS.

KEYWORDS	Scopus	Web of Science (WOS)
Visual damage and oil	3	81
Visual damage and petroleum	1	18
Soil contamination and petroleum	45	610
Soil pollution and petroleum	570	311
Visual pollution and petroleum	4	16
Thermal pollution and hydrocarbons	18	164
Thermal pollution and petroleum	8	68

Tabla 2-2 Búsquedas mediante Keywords filtradas por países e idiomas.

Fuente: Alava & Rugel, 2021

En la fase III, se procedió a descargar la lista de documentos de la fase II encontrados en las bases de datos y se los convirtió en un archivo Excel. Una vez convertido, se utilizó el desarrollador de Excel seleccionando un parámetro único del documento para eliminar los documentos duplicados; en este caso el parámetro utilizado fue el título. Al final se obtuvieron: 179 en Scopus y 1024 en WOS.

KEYWORDS	Scopus	Web of Science (WOS)
Visual damage and oil	2	80
Visual damage and petroleum	1	9
Soil contamination and petroleum	44	500
Soil pollution and petroleum	106	215
Visual pollution and petroleum	2	12
Thermal pollution and hydrocarbons	16	162
Thermal pollution and petroleum	8	46

Tabla 2-3 Cantidad de documentos únicos en Scopus y WOS.

Fuente: Alava & Rugel, 2021

Y para finalizar, en la fase IV se unificaron las listas de documentos de Scopus y WOS para eliminar los duplicados existentes entre las dos bases de datos. Por lo tanto, obtuvimos un total 947 documentos únicos.

2.4 Gestión y depuración de los resultados de la búsqueda

Se analizaron todos los documentos encontrados, revisando las palabras claves, resúmenes (abstracts), metodologías y resultados; verificando si era útil o no. Para esta etapa se necesitó los siguientes pasos:

1. Clasificación de los documentos encontrados
2. Identificación y análisis de falsos positivos.

2.4.1 Clasificación de los documentos encontrados

Para saber si los documentos encontrados nos permiten el desarrollo de la investigación se los clasificó en las siguientes categorías:

- **Seleccionado:** fue analizado y escogido como útil para nuestra investigación.
- **Falso positivo:** fueron encontrados mediante las palabras claves usadas en las bases de datos, pero no fueron útiles para el estudio.
- **Dudoso:** fue observado completamente para su correcta clasificación ya que dejó dudas si era o no útil en la investigación.

Estrategia de búsqueda	Documento	Comentarios	Categoría
SOIL CONTAMINATION AND PETROLEUM	Microbial diversity and bioremediation of rhizospheric soils from Trindade Island – Brazil (Camacho et al., 2019).	-	Seleccionado
SOIL CONTAMINATION AND PETROLEUM	Risk indicators for agricultural use in oil-contaminated soils (Vázquez et al., 2020).	-	Falso positivo
THERMAL POLLUTION AND PETROLEUM	Environmental impacts of the oil industry on the Mauritia Flexuosa swamp palm groves (morichales) in Venezuela (Hernández et al., 2018).	Solo se tiene acceso al abstract	Dudoso
VISUAL POLLUTION AND PETROLEUM	Energy Management Through Optimal Logistics Planning. Case Study of a Power Electrical Distribution Company in Southern Chile (Lagos et al., 2020).	-	Falso positivo
VISUAL DAMAGE AND PETROLEUM	Stress analysis of pipelines with composite repairs (Meniconi et al., 2002).	Solo se tiene acceso al abstract	Dudoso

Tabla 2-4 4 Artículos seleccionados en la investigación en Scopus.

Fuente: Alava & Rugel, 2021

Estrategia de búsqueda	Documento	Comentarios	Categoría
SOIL CONTAMINATION AND PETROLEUM	Toxicity of a soil contaminated with crudes and its effect on the germination of two tropical pastures (Hernandez et al., 2017).	-	Seleccionado
SOIL CONTAMINATION AND PETROLEUM	Soil Contamination Assessments from Drilling Fluids and Produced Water Using Combined Field and Laboratory Investigations: A Case Study of Arkansas, USA (Swigart et al., 2021).		Seleccionado
THERMAL POLLUTION AND PETROLEUM	Studies on exhaust gas recycling and waste heat recovery for the Z12V190 diesel engine (Hou et al., 2015).	Solo se tiene acceso al abstract	Dudoso
VISUAL POLLUTION AND PETROLEUM	A hierarchical approach measures the aerial extent and concentration levels of PAH-contaminated shoreline sediments at		Dudoso

	historic industrial sites in Prince William Sound, Alaska (Page et al., 2006).		
VISUAL DAMAGE AND PETROLEUM	Environmental effects of ozone depletion, UV radiation and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, update 2017 (Bais et al., 2018).		Falso positivo

Tabla 2-5 Artículos seleccionados en la investigación en WOS.

Fuente: Alava & Rugel, 2021

Los documentos de nuestro interés fueron aquellos que se seleccionó como aptos para la investigación, no se tomaron en cuenta los clasificados como dudosos o falsos positivos, ya que, al momento de analizarlos, se concluyó que no tenían la relevancia suficiente como para ser considerados.

2.4.2 Identificación y análisis de falsos positivos

Los documentos seleccionados en esta categoría fueron rechazados en nuestra investigación, sin embargo, sirvieron para saber el motivo por el cual fueron mostrados por la estrategia de búsqueda. El análisis realizado a estos documentos nos permitió identificar porqué fueron seleccionados en nuestra estrategia de búsqueda por medio de palabras claves. Muchos de estos artículos tienen en común palabras claves relacionadas a nuestra búsqueda, pero son en áreas diferentes o ámbitos distintos al de nuestro estudio.

2.5 Análisis de los resultados de búsqueda

El análisis realizado con los documentos finalmente seleccionados dependió del objetivo de la investigación. Por lo tanto, se revisó y analizó de forma crítica cada uno de los artículos seleccionados, estableciendo la necesidad de un análisis bibliométrico basado en implementar procedimientos estadísticos y matemáticos en artículos de temas científicos y también relacionados con los autores de dichas publicaciones.

Este estudio bibliométrico se basó en algunas fuentes de datos, como las Keywords, Abstracts, citas o referencias, autores, país de publicación, etc. Los programas empleados para este análisis fueron: VOSviewer y Bibliometrix. VOSviewer y Bibliometrix son herramientas que procesan datos de las plataformas bibliográficas (como Scopus y WOS) y nos ayudaron a construir y visualizar redes bibliométricas de distintas fuentes de datos mencionadas anteriormente. Nos ayudaron a tener una mejor visualización de cómo se relacionan los datos y cómo se interconectan los artículos entre sí.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

De acuerdo con el primer objetivo específico de nuestro trabajo, se seleccionó una cantidad de artículos aplicando los criterios ya mencionados y la clasificación adecuada, los cuales fueron utilizados como objeto de estudio.

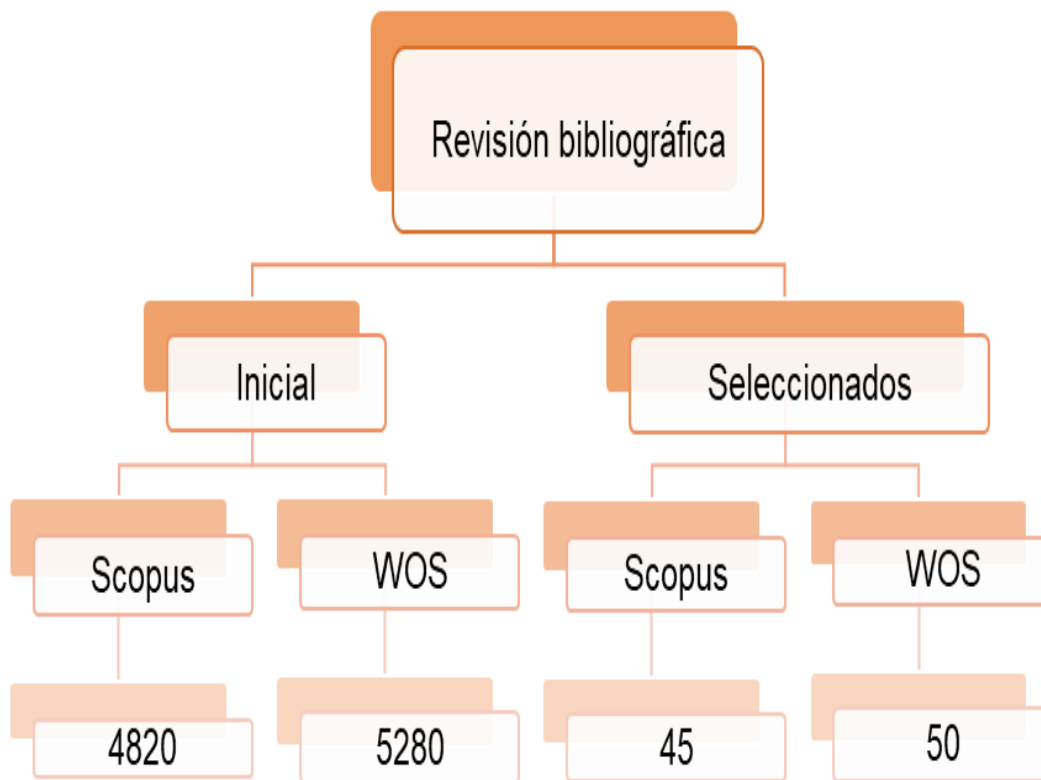


Figura 3-1 Documentos objeto de estudio. Fuente: Alava & Rugel, 2021

Desde el año 2000 hasta el 2021 se publicaron 95 documentos sobre la contaminación térmica, visual y del suelo, generadas por actividades petroleras en el continente americano, 45 de ellos fueron publicados en la base de datos Scopus y 50 en Web of Science, cabe aclarar que estos documentos fueron desarrollados dentro del continente americano y no fuera de éste.

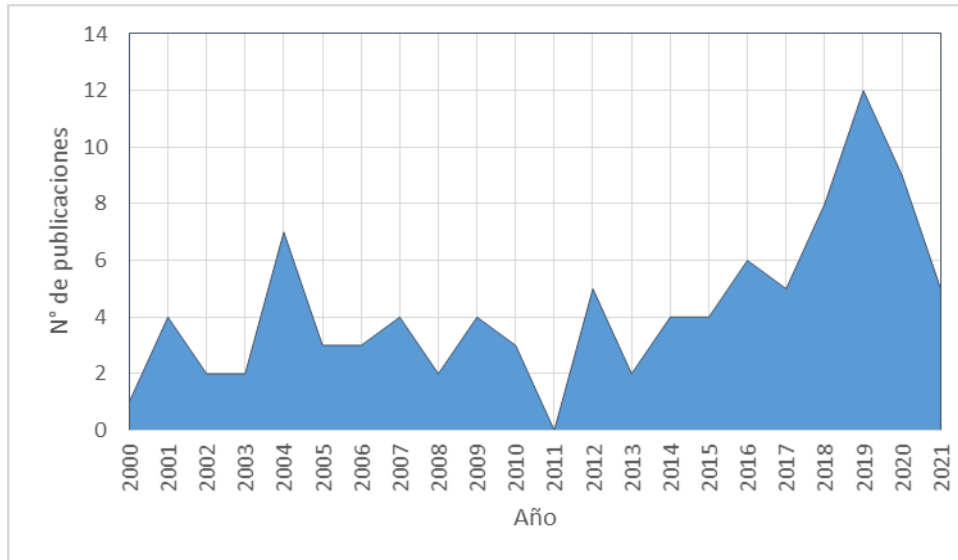


Figura 3-2 Número de publicaciones por año.
Fuente: Alava & Rugel, 2021

En cuanto al año de publicación de los documentos seleccionados, se observó que solo en 2011 no se encontraron estudios. Además, se pudo visualizar que a partir del 2013 existe un visible incremento, ya que desde 2013 al 2021 tenemos un 57,89%, representando a 55 de los 95 documentos analizados.

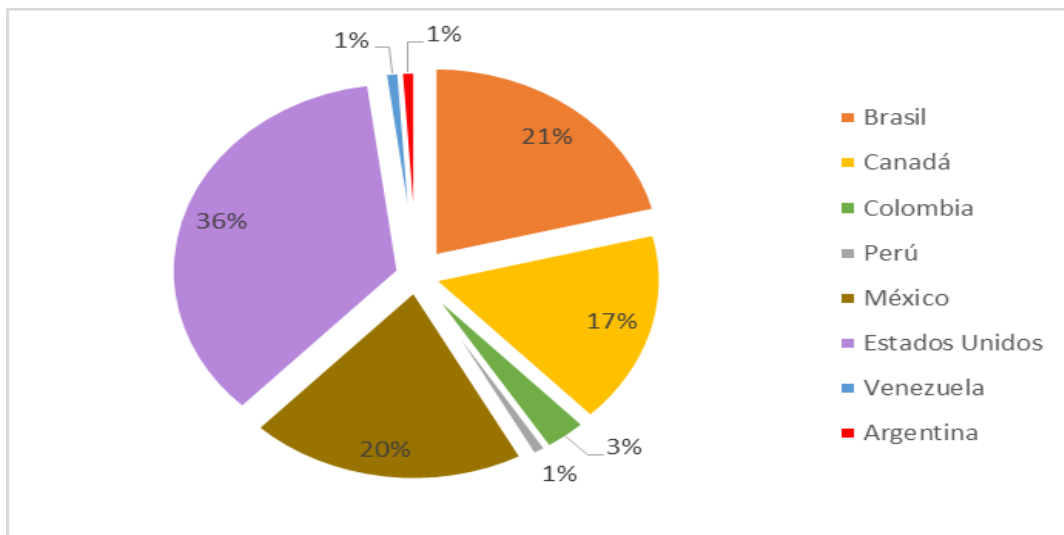


Figura 3-3 Estudios publicados en los países del continente americano.
Fuente: Alava & Rugel, 2021

Realizando un conteo de los documentos seleccionados, se pudo conocer el número de publicaciones de cada país de América, los cuales son: Estados

son instituciones del continente americano pertenecientes a Brasil (5), Estados Unidos (4), México (4) y Canadá (2). Las instituciones más relevantes en el tema fueron la Universidade Federal Do Grande Do Sul y la Universidad Nacional Autónoma de México.

Con la finalidad de distinguir los temas esenciales del trabajo, se ejecutó un análisis de co-ocurrencias de términos. Se utilizó la data obtenida desde WOS y Scopus como títulos, abstracts, citas y keywords de los documentos seleccionados.

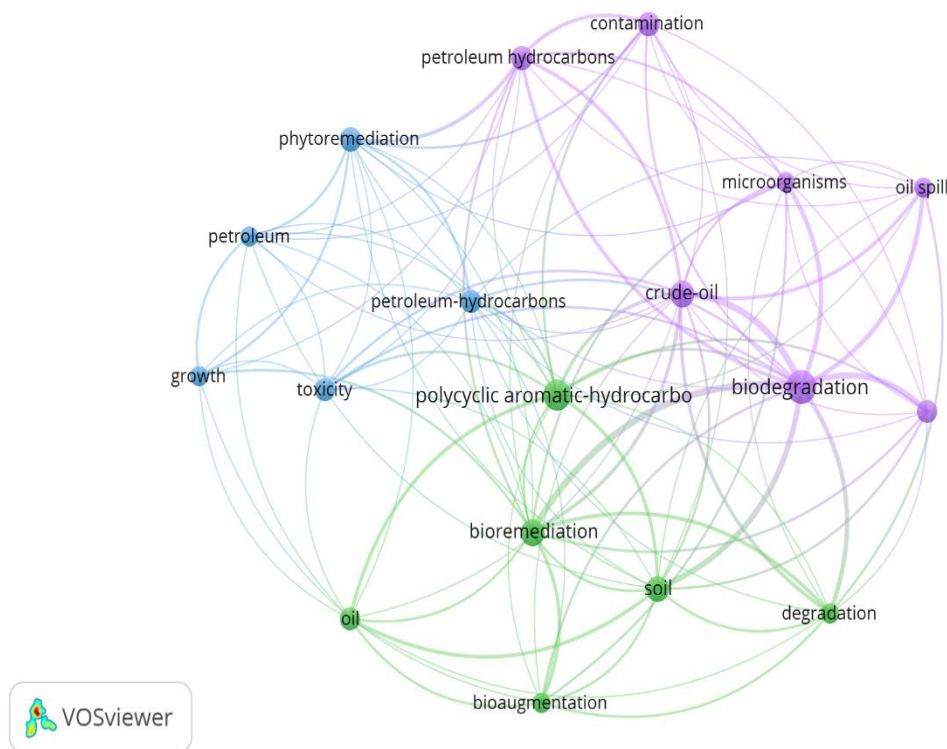


Figura 3-6 Análisis de co-ocurrencias de las keywords. Web of Science.
Fuente: Alava & Rugel, 2021

Para los documentos seleccionados de Web of Science

Como resultado, se obtuvo la figura 3-6, en la que podemos observar 3 conjuntos de palabras que representan distintos ámbitos.

Estos conjuntos se dividen como: Grupo 1 (Fitorremediación, Petróleo, Petróleo- Hidrocarburos, Toxicidad, Crecimiento), Grupo 2 (Hidrocarburos de petróleo, Contaminación, Microorganismos, Derrames de petróleo,

Estudio Controlado, Análisis del Suelo). La imagen 3-7 muestra correlación existente entre cada grupo de keywords. **El tamaño de cada término tiene relación a su relevancia dentro de la red.**

Documento	Tipo de contaminación	Remediación
Petroleum-contaminated sites: Decision framework for selecting remediation technologies (Da Silva & Maranhão, 2019).	Suelo	Phytoremediation Rhizoremediation Bioremediation
Aerobic composting remediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil. Current and future perspectives (Tran et al., 2021).	Suelo	Aerobic composting remediation
Applications of Biosurfactants in the Petroleum Industry and the Remediation of Oil Spills (Silva et al., 2014).	Suelo	Applications of Biosurfactants
Phytoremediation of petroleum hydrocarbons in tropical coastal soils - I. Selection of promising woody plants (Sun et al., 2004).	Suelo	Phytoremediation. Reforestation
Bioremediation of oil-contaminated soil using <i>Candida catenulata</i> and food waste (Joo et al., 2008).	Visual y del Suelo	Bioremediation using <i>Candida catenulata</i> and food waste.
Remediation of petroleum hydrocarbon polluted systems: Exploiting the bioremediation strategies (Okoh & MR, 2006).	Suelo	Bioremediation. Reforstation
Recycling of high temperature steam condensed water from petroleum refinery by thermostable PPESK ultrafiltration membrane (Zhao et al., 2013).	Térmica	Termostable PPESK ultrafiltration membrane
Bioretention technology: Overview of current practice and future needs (Davis et al., 2009).	Visual y del Suelo	Bioretention

Tabla 3-1 Tabla de métodos de recuperación ambiental.

Fuente: Alava & Rugel, 2021

Con respecto a los objetivos de los métodos de recuperación ambiental, se encontró documentos en los cuales se proponían soluciones a casos existentes de lugares contaminados, tal como observamos en la tabla 3-1.

El análisis al que se pudo llegar es que existe una gran tendencia en el mundo para utilizar remediaciones ambientales que tengan que ver con el uso de sembrío de plantas (para mejorar la oxigenación del suelo), algas, restos de tallos de árboles, etc., también se utilizan microorganismos, hongos y derivados de estos, debido a que tienen una alta eficacia al remediar entornos contaminados y se puede recuperar parte de lo afectado por el petróleo.

Para la contaminación del suelo los mejores métodos de recuperación ambiental son: Biorremediación, Biorretención, Fitorremediación, Rizorremediación, etc.

Para la contaminación Térmica el mejor método de remediación es la Reforestación de zonas cercanas a instalaciones Petroleras, ya que, los árboles poseen la capacidad de regular la temperatura del entorno al que pertenecen, llegando a reducir hasta 10 grados centígrados, manteniendo así una temperatura estable que no afecte al ecosistema.

Para la contaminación Visual el mejor método de recuperación es la Reforestación, ya que se siembran árboles en zonas cercanas anteriormente deforestadas, y se recupera el ecosistema gracias a la reinserción de plantas.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se puede observar que a partir del año 2012 se produjo un incremento en cuanto a la publicación de documentos científicos relacionados con la contaminación provocada por hidrocarburos tanto en el suelo, agua, aire, en los ecosistemas y seres vivos; esto se lo puede atribuir a que en muchas partes del mundo desde el 2011 se produjeron diversos derrames de crudo y accidentes relacionados a la industria, estos sucesos lograron generar conciencia y preocupación en las personas y se dedicaron bastantes estudios a cómo combatir la contaminación y buscar posibles remediaciones.

Gracias a la metodología de búsqueda implementada se pudo concluir que la contaminación producida por el sector petrolero genera un mayor número de publicaciones respecto al suelo que en otras áreas, debido a que en éste se realizan las principales actividades de la industria.

A pesar de que los documentos seleccionados se limitaron a ser publicados en la región americana, se pudo observar que en dichas investigaciones existieron colaboraciones con distintas universidades o centros de investigación pertenecientes a otros continentes, lo cual indica que cada vez más organizaciones trabajan en conjunto para solucionar el problema de la contaminación.

Se pudo evidenciar que América del norte (Estados Unidos, Canadá y México) es la región que más publicaciones ha realizado desde el año 2000 hasta la actualidad, es decir, han aportado un 72.63% del total de los documentos seleccionados.

Según los resultados obtenidos en el análisis, se determinó que los métodos más eficaces para la remediación ambiental para el suelo son: Biorremediación, Biorretención, Fitorremediación, Rizorremediación, etc. Estos métodos tienen en común que funcionan con base en organismos o microorganismos vivos, los cuales eliminan los agentes contaminantes y recuperan las zonas afectadas. Para la contaminación Térmica y Visual el mejor método de recuperación ambiental es la Reforestación.

El análisis realizado nos mostró que las keywords más importantes que enlazan las temáticas de los documentos seleccionados son: Petróleo, Contaminación, Suelo, Hidrocarburos, Contaminantes y Biorremediación, con sus respectivas traducciones al inglés.

4.2 Recomendaciones

Se debe extender el estudio a otros tipos de documentos como Resúmenes de Congresos, Publicaciones de Universidades, Artículos de revistas independientes, etc., con el fin de expandir la información obtenida y realizar un mejor análisis tomando en cuenta publicaciones que puedan tener datos relevantes para la investigación.

Se recomienda implementar métodos de recuperación ambiental que funcionan a base de organismos vivos, métodos como la Biorremediación, Fitorremediación, Biorretención, etc., ya que tienen una alta efectividad eliminando contaminantes del petróleo y se recupera de forma amigable y natural las zonas afectadas por los hidrocarburos.

Ampliar la investigación a otros campos de interés, como en la salud; Se puede analizar el efecto que tiene la contaminación producida por actividades petroleras en las personas de comunidades cercanas o en zonas contaminadas por derrames petroleros.

Se puede usar la investigación realizada como apoyo en la realización de nuevos informes enfocados a incrementar los datos que se poseen sobre la

contaminación generada por las actividades petroleras en la región americana, para lograr establecer protocolos con el fin de controlar y prevenir la contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

- Bais, A. F., Lucas, R. M., Bornman, J. F., Williamson, C. E., Sulzberger, B., Austin, A. T., Wilson, S. R., Andrady, A. L., Bernhard, G., McKenzie, R. L., Aucamp, P. J., Madronich, S., Neale, R. E., Yazar, S., Young, A. R., de Gruijl, F. R., Norval, M., Takizawa, Y., Barnes, P. W., ... Heikkilä, A. M. (2018). Environmental effects of ozone depletion, UV radiation and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, update 2017. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 17(2), 127–179. <https://doi.org/10.1039/C7PP90043K>
- Bravo, E. (2007). *Impactos de la explotación petrolera*. 61.
- Camacho, C. M., Rodrigues, E. M., & Tótola, M. R. (2019). Microbial diversity and bioremediation of rhizospheric soils from Trindade Island—Brazil. *Journal of Environmental Management*, 236, 358–364. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.013>
- CEPAL, N., & Ambiente, N. C. U. C. C. de D. y M. (1990). *Impacto ambiental de la contaminación hídrica producida por la Refinería Estatal Esmeraldas: Análisis técnico-económico*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/9212>
- Da Silva, B. M., & Maranhão, L. T. (2019). Petroleum-contaminated sites: Decision framework for selecting remediation technologies. *Journal of Hazardous Materials*, 378, 120722. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.05.115>
- Davis, A. P., Hunt, W. F., Traver, R. G., & Clar, M. (2009). Bioretention Technology: Overview of Current Practice and Future Needs. *Journal of Environmental Engineering*, 135(3), 109–117. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2009\)135:3\(109\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2009)135:3(109))

- EALDE. (2020, julio 28). Proyectos petroleros: 6 etapas para su ejecución. *EALDE Business School*. <https://www.ealde.es/proyectos-petroleros-etapas-ejecucion/>
- Estelles, E. (2014). *Biblioguías: Cómo buscar en las bases de datos de forma eficaz: QUÉ SON LAS BASES DE DATOS*. <https://biblioguias.unex.es/c.php?g=572073&p=3944411>
- Giraldo, A. D., & Pinzón, L. C. F. (2016). *ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y EFECTOS SOBRE LA SALUD PÚBLICA POR EL USO DE PAVIMENTOS EN ÁREAS URBANAS: UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA MUNDIAL*. 114.
- Hernández, I., González, V., Zamora, E., Carrillo, V., & Zamora, A. (2018). Environmental impacts of the oil industry on the *Mauritia Flexuosa* swamp palm groves (morichales) in Venezuela. En *Oil Pollution: Issues, Impacts and Outcomes* (pp. 33–72). Scopus.
- Hernandez, I., Lárez, L. M., & García, J. (2017). Toxicity of a soil contaminated with crudes and its effect on the germination of two tropical pastures. *Bioagro*, 29, 73–82.
- Hou, X., Nasr-Ei-Din, H., Liang, Q., & Gao, L. (2015). Studies on exhaust gas recycling and waste heat recovery for the Z12V190 diesel engine. *Kuwait Journal of Science*, 42, 151–163.
- Iberdrola. (2018). *La contaminación del suelo, sus efectos sobre nuestro futuro y qué podemos hacer para reducirla*. Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/contaminacion-del-suelo-causas-efectos-soluciones>

- Joo, H.-S., Ndegwa, P. M., Shoda, M., & Phae, C.-G. (2008). Bioremediation of oil-contaminated soil using *Candida catenulata* and food waste. *Environmental Pollution*, 156(3), 891–896. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.05.026>
- Lagos, D., Mancilla, R., Leal, P., & Fox, F. (2020). *Energy Management Through Optimal Logistics Planning. Case Study of a Power Electrical Distribution Company in Southern Chile*. 503(1). Scopus. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/503/1/012045>
- Medina, C., Marin, J. A., & Alfalla, R. (2010). Una propuesta metodológica para la realización de búsquedas sistemáticas de bibliografía (A methodological proposal for the systematic literature review). *WPOM-Working Papers on Operations Management*, 1(2), 13–30. <https://doi.org/10.4995/wpom.v1i2.786>
- Meniconi, L. C. M., Freire, J. L. F., Vieira, R. D., & Diniz, J. L. C. (2002). *Stress analysis of pipelines with composite repairs*. B, 2031–2037. Scopus. <https://doi.org/10.1115/IPC2002-27372>
- Moñino, N., & Galdos, A. (2008). *Exposición a la contaminación por actividad petrolera y estado de salud de la comuna Yamanunka (Sucumbíos, Ecuador)*. <https://ddd.uab.cat/record/45403>
- New Zealand Petroleum and Minerals. (2017). *Phases of petroleum exploration and production*. New Zealand Petroleum and Minerals. <https://www.nzpam.govt.nz/nz-industry/nz-petroleum/phases/>
- Okoh, A., & MR, T.-H. (2006). Remediation of petroleum hydrocarbon polluted systems: Exploiting the bioremediation strategies. *AFRICAN JOURNAL*

<https://doi.org/10.4314/ajb.v5i25.56067>

Page, D. S., Brown, J. S., Boehm, P. D., Bence, A. E., & Neff, J. M. (2006). A hierarchical approach measures the aerial extent and concentration levels of PAH-contaminated shoreline sediments at historic industrial sites in Prince William Sound, Alaska. *Marine Pollution Bulletin*, 52(4), 367–379.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.08.027>

Rinkesh. (2017). *Causes, Effects and Solutions to Thermal Pollution—Conserve Energy Future*. <https://www.conserve-energy-future.com/causes-and-effects-of-thermal-pollution.php>

Serrano Guzmán, M. F., Torrado Gómez, L. M., & Pérez Ruiz, D. D. (2013).

Impacto de los derrames de crudo en las propiedades mecánicas de suelos arenosos. *Revista Científica General José María Córdova*, 11(12), 233. <https://doi.org/10.21830/19006586.195>

Sierra, Y. (2020, agosto 27). *Nuevo informe indica que más de 400 derrames de petróleo afectaron la Amazonía peruana*. Noticias ambientales. <https://es.mongabay.com/2020/08/informe-derrames-petroleo-amazonia-peruana/>

Silva, R., Almeida, D., Rufino, R., Luna, J., Santos, V., & Sarubbo, L. (2014).

Applications of Biosurfactants in the Petroleum Industry and the Remediation of Oil Spills. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(7), 12523–12542. <https://doi.org/10.3390/ijms150712523>

Stapleton, R. (2019). *Visual Pollution—Environmental, pollutants, United States, causes, EPA, soil, world, power, sources, health*.

<http://www.pollutionissues.com/Ve-Z/Visual-Pollution.html>

- Sun, W. H., Lo, J. B., Robert, F. M., Ray, C., & Tang, C.-S. (2004). Phytoremediation of petroleum hydrocarbons in tropical coastal soils. I. Selection of promising woody plants. *Environmental Science and Pollution Research International*, 11(4), 260–266. <https://doi.org/10.1007/BF02979634>
- Swigart, J., Heo, J., & Wolf, D. (2021). Soil Contamination Assessments from Drilling Fluids and Produced Water Using Combined Field and Laboratory Investigations: A Case Study of Arkansas, USA. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2421. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052421>
- Tran, H.-T., Lin, C., Bui, X.-T., Ngo, H.-H., Cheruiyot, N. K., Hoang, H.-G., & Vu, C.-T. (2021). Aerobic composting remediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil. Current and future perspectives. *Science of The Total Environment*, 753, 142250. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142250>
- Vázquez, D., Hernández, E., Zavala, J., Vázquez, M., & Lara, D. A. (2020). Risk indicators for agricultural use in oil-contaminated soils. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 36(4), 813–824. Scopus. <https://doi.org/10.20937/RICA.53466>
- Vizuite, R. A., Lascano, A. V., & Moreno, R. R. (2019). Análisis econométrico en la gravedad de un derrame petrolero y su contaminación ambiental. Caso de estudio. Campo Sacha—Ecuador. *Revista ESPACIOS*, 40(18). <https://www.revistaespacios.com/a19v40n18/19401824.html>
- Zhao, S., Wang, P., Wang, C., Langer, J. L., Abulikemu, G., & Sun, X. (2013). Recycling of high temperature steam condensed water from petroleum

refinery by thermostable PPESK ultrafiltration membrane. *Chemical Engineering Journal*, 219, 419–428.

<https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.12.101>

APÉNDICE

Estrategia de búsqueda	Documento
soil contamination and petroleum	Soil acidification and impacts over microbial indicators during attenuation of soybean biodiesel (B100) as compared to a diesel-biodiesel blend (B8)
soil contamination and petroleum	Ultra-fast gas chromatographic with flame ionization detector (UFGC-FID) and sonication methods for determination of total petroleum hydrocarbons fractions and BTEX in soil
soil contamination and petroleum	Microbial diversity and bioremediation of rhizospheric soils from Trindade Island - Brazil
soil contamination and petroleum	Aeration and sawdust application effects as structural material in the bioremediation of clayey acid soils contaminated with diesel oil
soil contamination and petroleum	Infrared spectroscopy and multivariate methods as a tool for identification and quantification of fuels and lubricant oils in soil
soil contamination and petroleum	Characterization of fresh and weathered petroleum for potential impacts to soil fertility
soil contamination and petroleum	Evaluation of total petroleum hydrocarbons (TPH) in urban soil from Maicao, Colombia
soil contamination and petroleum	Emission of volatile organic compounds and greenhouse gases from the anaerobic bioremediation of soils contaminated with diesel
soil contamination and petroleum	Unravelling remote sensing signatures of plants contaminated with gasoline and diesel: An approach using the red edge spectral feature

soil contamination and petroleum	Distribution and health risk assessment of some organic and inorganic substances in a petroleum facility in central Mexico
soil contamination and petroleum	Environmental and health risk assessment of an oil contaminated site in the mexican tropical southeast
soil contamination and petroleum	Arbuscular mycorrhizal fungi in chronically petroleum-contaminated soils in Mexico and the effects of petroleum hydrocarbons on spore germination
soil contamination and petroleum	Sub-soil contamination due to oil spills in zones surrounding oil pipeline-pump stations and oil pipeline right-of-ways in Southwest-Mexico
soil contamination and petroleum	Mobility and persistence of petroleum hydrocarbons in peat soils of southeastern Mexico
soil contamination and petroleum	Washing of soil contaminated with PAHs and heavy petroleum fractions using two anionic and one ionic surfactant: Effect of salt addition
soil contamination and petroleum	Identification of recalcitrant hydrocarbons present in a drilling waste-polluted soil
soil contamination and petroleum	Subsoil contaminated by hydrocarbons in an out-of-service oil distribution and storage station in Zacatecas, Mexico
visual damage and oil	Impact of oil spills on marine life in the Gulf of Mexico: Effects on plankton, nekton, and deep-sea benthos
thermal pollution and petroleum	Determination of the optimal level of water releases from a reservoir to control water quality
thermal pollution and petroleum	Photoenhanced toxicity of weathered oil to <i>Mysidopsis bahia</i>
thermal pollution and hydrocarbons	Bioretention technology: Overview of current practice and future needs

thermal pollution and hydrocarbons	Pollution of Aquatic Ecosystems II: Hydrocarbons, Synthetic Organics, Radionuclides, Heavy Metals, Acids, and Thermal Pollution
thermal pollution and hydrocarbons	Characteristics of PAHs, PCDD/Fs and PCBs in sediment following forest fires in northern Alberta
soil pollution and petroleum	Petroleum-contaminated sites: Decision framework for selecting remediation technologies
soil pollution and petroleum	Assessing Space, Time, and Remediation Contribution to Soil Pollutant Variation near the Detection Limit Using Hurdle Models to Account for a Large Proportion of Nondetectable Results
soil pollution and petroleum	Cutting frequency effect on barium phytoextraction by macrophytes in flooded environment: A field trial
soil pollution and petroleum	Mapping land-based oil spills using high spatial resolution unmanned aerial vehicle imagery and electromagnetic induction survey data
soil pollution and petroleum	Rhizospheric microorganisms as a solution for the recovery of soils contaminated by petroleum: A review
soil pollution and petroleum	Contaminated land in Colombia: A critical review of current status and future approach for the management of contaminated sites
soil pollution and petroleum	Feet in danger: short exposure to contaminated soil causing health damage—an experimental study
soil pollution and petroleum	First evidences of Amazonian wildlife feeding on petroleum-contaminated soils: A new exposure route to petrogenic compounds?
soil pollution and petroleum	Novel Fluoroalkylated Surfactants in Soils Following Firefighting Foam Deployment during the Lac-Mégantic Railway Accident
soil pollution and petroleum	Soil and Groundwater Contamination with Benzene: A Case Study of a Petrol Station in an Urban Area

soil pollution and petroleum	Bioremediation strategies for diesel and biodiesel in oxisol from southern Brazil
soil pollution and petroleum	A fuzzy multi-criteria decision analysis approach for the management of petroleum-contaminated sites
soil pollution and petroleum	Contribution of oil industry activities to environmental loads of heavy metals in the Tabasco Lowlands, Mexico
soil pollution and petroleum	Biopile-treated petroleum-contaminated soil reused for land regeneration
soil pollution and petroleum	A non-intrusive neutron device for in situ detection of petroleum contamination in soil
soil pollution and petroleum	NRSRM: A decision support system and visualization software for the management of petroleum-contaminated sites
soil pollution and petroleum	Effects of clay content and temperature on crude oil (nonvolatile components) transport in unsaturated soils: Centrifuge study
soil pollution and petroleum	Influence of petroleum contamination and biostimulation treatment on the diversity of <i>Pseudomonas</i> spp. in soil microcosms as evaluated by 16S rRNA based-PCR and DGGE
soil pollution and petroleum	An integrated subsurface modeling and risk assessment approach for managing the petroleum-contaminated sites
soil pollution and petroleum	An integrated decision support system for the management of petroleum-contaminated sites
soil pollution and petroleum	Intelligent decision support system for management of petroleum-contaminated sites
soil pollution and petroleum	In-situ bioremediation of diesel-contaminated soil in Canada's Arctic territory: A case study at the Whitehorse international airport, Yukon territory