



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

Revisión sistemática de métodos de fitorremediación para
suelos contaminados por hidrocarburos

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORA:

Gutiérrez Barbaran, Danna (ORCID: 0000-0002-1781-6247)

ASESOR:

Mg. Garzón Flores, Alcides (ORCID: 0000-0002-0218-8743)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

TRUJILLO - PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a Dios, mis padres y familia, por todo su apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios en primer lugar, a mis familiares, docentes y amigos que directa o indirectamente me alentaron a la realización de este trabajo de investigación

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. MARCO TEÓRICO	14
III. MÉTODO.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación	26
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística	27
3.3. Escenario de estudio.....	28
3.4. Participantes.....	28
3.6. Procedimiento	31
3.7. Rigor científico.....	33
3.8. Método de análisis de datos.....	33
3.9. Aspectos éticos	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
V. CONCLUSIONES	49
VI. RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Matriz de categorización apriorística.....	30
Tabla N° 2: Ficha de recolección de artículos seleccionados	32
Tabla N° 3 Ficha de análisis de contenido	33
Tabla N° 4 Clasificación de artículos seleccionados según la subcategoría	39
Tabla N° 5 Recopilacion de información de la técnica de fitodegradación.....	56
Tabla N° 6 Recopilacion de información de la técnica de fitoestimulación.....	57
Tabla N° 7 Recopilacion de información de la técnica de fitoacumulación.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Secuencia narrativa del estudio problema – solución	29
Figura 2: Diagrama de procedimiento	32
Figura 3: Porcentaje de artículos seleccionados según la subcategoría.....	41
Figura 4: Porcentaje de artículos seleccionados respecto a la región geográfica...	42
Tabla 5: <i>Identificación de técnicas de fitorremediación por región</i>	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cuadro de búsqueda y selección de artículos	75
Anexo 2: Ficha de recolección de datos.....	77
Anexo 3: Fichas de análisis de contenido	119

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

FITO: Fitorremediación.....	15
BIS: Bioestimulación.....	15
PD: <i>Paspalum Densum</i>	15
TPHs: Hidrocarburos totales de petróleo.....	16
HPAs: Hidrocarburos policíclicos aromáticos	16
SOMI: Solución mineral.....	16
AVE: Abono Verde	16
ARA: Aceite residual automotriz.....	16
MS: Materia Seca.....	17
BFN: Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre totales.....	17
AZP: Grupo Azospirillum.....	17
AZT: Azotobacter.....	17
MM: <i>Megathyrsus Maximus</i>	18
HTPI: Hidrocarburos totales de petróleo intemperizado.....	18
HTPF: Hidrocarburos totales de petróleo fresco.....	18
SMC: Compost de hongos gastados.....	18
AP: Consorcio bacterias endofíticas.....	19
BPCV: Bacterias promotoras de crecimiento vegetal.....	20
SDS: Dodecil sulfato de sodio.....	20

RESUMEN

El problema de la investigación fue ¿Cuáles son los principales métodos de fitorremediación que se emplean para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos? El objetivo de la investigación fue determinar las principales técnicas de fitorremediación a nivel mundial. Fue una investigación descriptiva cualitativa con un diseño narrativo de tópico, la investigación fue realizada en tres etapas la primera fue la búsqueda sistemática de artículos científicos en plataformas virtuales como Scopus, Dialnet, ScienceDirect y scielo, de los cuales fueron considerados únicamente artículos científicos de revistas indexadas, trabajos que hayan sido aplicados y que tengan como máximo con 5 años de antigüedad. En la segunda etapa se clasificó la información en tres subcategorías (fitodegradación, fitoestimulación y fitoacumulación) y en la etapa final, se analizó la información y se elaboró el informe de resultados.

Palabras claves: fitorremediación, hidrocarburos, suelos con hidrocarburos y suelo contaminado

ABSTRACT

The problem of the investigation was What are the main phytoremediation methods used for the remediation of hydrocarbon-contaminated soils? The objective of the investigation was to determine the main phytoremediation techniques worldwide. It was a qualitative descriptive research with a narrative design of topic, the research was carried out in three stages the first one was the systematic search of scientific articles in virtual platforms like Scopus, Dialnet, ScienceDirect and scielo, of which they were considered only scientific articles of indexed magazines, works that have been applied and that have at most 5 years of antiquity. In the second stage, the information was classified into three subcategories (phytodegradation, phytostimulation and phytoaccumulation) and in the final stage, the information was analyzed and the results report was prepared.

Keywords: phytoremediation, hydrocarbons, hydrocarbon-containing soils and contaminated soil

I. INTRODUCCIÓN

El aumento de la explotación de recursos petroleros fue causado por el desarrollo de la economía e industrias de los países ocasionando la degradación o pérdida de suelo por ello se viene desarrollando técnicas y métodos para la reducción o restauración de suelos contaminados por hidrocarburos, el presente trabajo describe los métodos de fitorremediación más eficientes para disminuir o degradar suelos con hidrocarburos. (Collivignarelli Maria, et al. 2018)

El suelo es el principal sumidero de metales pesados, los cuales son liberados al ambiente principalmente por causas antropogénicas, los cuales, a comparación de los contaminantes orgánicos, los cuales por acción microbiana se oxidan a óxido de carbono (IV), donde no sufren degradación gran parte de metales, química ni microbiana haciendo que su presencia en el suelo persista durante mucho tiempo después de su introducción. (Wuana Raymond Y Okieimen Felix. 2011)

La extracción de petróleo ocasiona cantidades considerables de residuos denominados lodos oleosos, el cual viene a ser el principal problema de la industria petrolera, por lo general este lodo oleoso, contiene agua, arena, aceites, grasas, compuestos orgánicos, elementos químicos y metales. Estos lodos están presentes particularmente en mayores cantidades estando compuestos por los hidrocarburos totales de petróleo (TPHs), hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPAs), los compuestos fenólicos y bases nitrogenadas aromáticas, sustancias con características altamente tóxicas las cuales representan preocupación ambiental. (Cerqueira Vanessa, et al. 2014)

Según investigaciones se sabe que la muerte de flora y fauna es causada por los derrames accidentales del crudo. En relación al suelo, la propagación de hidrocarburos dificulta el intercambio de gases con la atmósfera y afecta diversos procesos como la evaporación, procesos físicos químicos y la capilaridad, que, en función al tipo de hidrocarburo, textura del suelo, temperatura, humedad y cantidad drenada, pueden volverse paulatino, provocando toxicidad en suelo y agua contaminados (Ordoñez Didier, et al. 2018)

Actualmente la contaminación de suelos por hidrocarburos se ha visto en auge debido principalmente por fuentes antropogénicas como la industrialización y la urbanización, siendo el suelo el principal receptor de diferentes fuentes

contaminantes. Es por ello, que el presente trabajo pretende recopilar esta información y sistematizarla para que sea de utilidad para ser utilizada en futuras investigaciones.

Se planteó el problema general, en base de la realidad problemática presentada, como así también los problemas específicos de la investigación. Donde como problema general de la investigación fue ¿Qué método de fitorremediación es el más efectivo para la contaminación de suelos por hidrocarburos? Así también que los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- PE1: ¿Cuáles son los métodos de fitorremediación que se emplean para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos?
- PE2: ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los diferentes métodos de fitorremediación para los suelos contaminados por hidrocarburos?

El objetivo general fue comparar los métodos de fitorremediación para la remoción de suelos contaminados por hidrocarburos. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- OE1: Describir las técnicas de fitorremediación que se emplean para remediar suelos contaminados por hidrocarburos.
- OE2: Determinar las ventajas y desventajas que traen los diferentes métodos de fitorremediación para suelos contaminados por hidrocarburos.

II. MARCO TEÓRICO

El trabajo de investigación contiene las distintas técnicas de fitorremediación que a continuación veremos, estudios previos donde usan las distintas metodologías de esta técnica de remediación, las cuales son usadas para remediar suelos contaminados por hidrocarburos, existen diversos métodos de Fitorremediación, las cuales comprenden la Fitodegradación, Fitoestimulación y Fitoacumulación las cuales se diferencian en cómo y dónde degradan los contaminantes, lo cual veremos a profundidad más adelante.

En México (Márquez L. et al. 2019) probaron alternativas de solución, para un suelo con una concentración de 90000 ppm de aceite residual automotriz (ARA), como bioestimulación (BIS) con una solución mineral, con H₂O₂ fuente O₂, detergente, un extracto fúngico crudo con una lacasa que hidroliza aromáticos del ARA, después con *Phaseolus vulgaris* o abono verde. Estas acciones se concluyen por fitorremediación (FR) mediante *Cicer arietinum*. Teniendo como finalidad investigar el poder de la BIS en un suelo con 90000 ppm, también FR por medio de *C. arietinum* con *Micromonospora echinospora* y *Penicillium chrysogenum* logrando reducir el ARA a un valor inferior, teniendo como resultados de decrecimiento de hasta 1200 ppm en 150 días. Concluyeron que una alta concentración de ARA la BIS y FR impactó en suelo como estrategia para recuperar el suelo.

En Cuba (Rodríguez E. et al. 2019) realizaron un estudio preliminar para determinar la aptitud fitorremediadora de *Paspalum Densum* (PD), utilizaron un suelo con concentraciones de 40000 ppm de petróleo, teniendo dos muestras X1 y X2, las cuales se repartieron en diez vasijas dejando 3 vasijas como referencia de una eliminación de petróleo en el suelo sin efectos de la plata, en el transcurso de 75 días, se evaluaron las muestras X1 y X2 mediante espectroscopia ultravioleta invisible, obteniendo resultados que el PD posee la competencia de eliminar 14536 ppm de 1 Kg de suelo contaminado con 40000 ppm de petróleo al cabo de 75 días; gracias a la capacidad de esta especie debido a su resistencia a condiciones extremas, concluyendo que el arbusto es un candidato ideal para la fitorremediación de contaminantes orgánicos, como los hidrocarburos.

En Bolivia (Rodríguez A. et al. 2019) probaron la alternativa de la bioestimulación (BIS) y la fitorremediación (FITO) mediante *P. vulgaris* con *M. echinospora* y/o *S.*

griseus con la finalidad remediar un suelo afectado con concentraciones de 85000 ppm de aceite residual automotriz (ARA) buscando disminuirlo a valores permitidos, teniendo como resultados luego de 150 días por medio de BIS hubo un decrecimiento de hasta 29000 ppm y en 180 mediante FITO con *P. vulgaris* con *M. echinospora* *M. echinospora* y/o *S. griseus* hubo una disminución de hasta 1492 ppm. Concluyendo que la BIS y FITO a relativas altas concentraciones de ARA, es una alternativa para solucionar este problema ambiental.

En México (Alonso J. et al. 2018) tuvieron como objetivos usar la bioestimulación (BIS) en un suelo contaminado por 75000 ppm de ARA con solución mineral (SOMI) y Vicia sativa o abono verde (AVE), también fitorremediación (FITO) por medio de *Sorghum bicolor* estimulado con *Burkholderia vietnamiensis* y *Penicillium chrysogenum* para obtener valores menores a los máximos permisibles. Teniendo resultados los cuales evidenciaron que la BIS y SOMI redujeron el ARA a 36700 ppm, por otro lado la FITO lo disminuyó a 790 ppm, valor inferior al máximo permitido. Lo cual indica que la BIS enriquece al suelo con minerales de N y P para su posterior recuperación mediante FITO con *S. bicolor*.

En Perú (Yoplac K. et al, 2018) investigaron especies nativas con capacidad natural de acumular hidrocarburos totales de petróleo, procesaron diferentes especies las cuales acumulen Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP) en su estructura, obteniendo resultados donde las especies *Piptocoma discolor*, *Theobroma cacao*, *Jacaranda copaia*, *Cedrela Sp.* y *Schizolobium parahyba*, las cuales son nativas de la zona, las cuales mostraron la capacidad de bioacumular HTP en sus tejidos, resaltando entre ellas la especie *Piptocoma discolor* la cual presentó mayor concentración en sus hojas con 28.306 mg/kg de HTP, sucesivamente encontrando concentraciones de 7.171 y 6.162 mg/kg de HTP en raíz y tallo respectivamente, por parte de la especie *Theobroma cacao*.

En México (Arias A. et al. 2017) tuvieron como objetivo analizar la densidad de bacterias, así como también la producción de biomasa vegetal y el potencial de fitorremediación de *L. hexandra* en suelos afectados con petróleos fresco e intemperizado, en condiciones experimentales de anegamiento. Llevaron a cabo dos experimentos (E1 y E2) en un túnel de plástico. El E1 se basó en ocho dosis:

6 000, 10 000, 30 000, 60 000, 90 000, 120 000, 150 000 y 180 000 mg kg⁻¹ base seca (b.s.) de hidrocarburos totales de petróleo fresco (HTPF), y en el E2 se evaluaron cinco dosis: 14 173, 28 400, 50 598, 75 492 y 112 142 mg kg⁻¹ b. s. de hidrocarburos totales de petróleo intemperizado (HTPI), con ocho repeticiones en cada experimento, además se utilizó un testigo con 2 607 mg kg⁻¹ b. s. de HTP de origen biogénico. En el transcurso de tres y seis meses se evaluaron las variables. Teniendo valores de DSC donde se alcanzó valores del 66 % al 87 % en HTPF como HTPI a los seis meses, respectivamente. Lo cual demostro la habilidad del *L. hexandra* fitorremediar Gleysoles con petróleo fresco e intemperizado en ambientes tropicales inundados y asi tambien desarrollar una rizósfera con alta densidad de BFN, producir biomasa vegetal.

En México (Escalante S. et al 2017) tuvieron como objetivos remediar un suelo contaminado por aceite residual automotriz (ARA) probando alternativas ecológicas como la biorremediación (BR), la bioestimulación (BS) y/o la fitorremediación (FR) donde las plantas y microorganismos explotan la habilidad para mineralizar hidrocarburos. Teniendo como finalidad biorremediar un suelo con concentraciones de 20000, 30000 y 45000 ppm de ARA por BS con una solución mineral, *Vicia sativa* o abono verde, continuado de la FR por medio de *Helianthus Annuus* y *Burkholderia Vietnamiensis* para decrecer el ARA a valores inferiores, teniendo resultados que la mezcla de BS mediante sales de N (nitrógeno) y P (fósforo) y K (potasio) de la solución mineral, integradon con la BS por moléculas orgánicas de C (carbono), y de N, así como de vitaminas e activación de microbiana por la incorporación de *V. sativa* (abono verde) redujo lo suficiente la concentración del ARA, para facilitar la facultad de degradación vegetal y de *B. vietnamiensis* para minimizar el ARA, lo necesario para disminuir el ARA en 96.15% - 97.90%, valores inferiores al máximo reconocido. Se finalizo que la BS secuencial, complementaria y acumulativa o integral, por enriquecimiento con nutrientes inorgánicos, orgánicos, acción microbiana, continuada de la BR mediante *H. annnus* y *B. vietnaminesis* que fueron satisfactorias en la eliminación del ARA.

En Venezuela también se probó la técnica de fitorremediación para la restitución de suelos contaminados por petróleo. La elección de especies a ser usadas es la clave para tener resultados satisfactorios. (Hernández, Ismael, Navas, Gabriela y Infante,

Carmen. 2017) estudiaron la adaptabilidad del pasto *Megathyrsus Maximus* (MM) para fitorremediar la contaminación de un suelo con petróleo extra pesado, al cabo de 120 días, en el contenido de hidrocarburos totales de petróleo y también de señalizadores de la actividad microbológica en el suelo (actividad de la enzima deshidrogenasa, biomasa del carbono microbiano y respiración basal) (Hernández, Ismael, Navas, Gabriela y Infante, Carmen. 2017), donde se estudiaron en dos tratamientos, teniendo así un suelo aplicando la especie y otro suelo con atenuación natural. Teniendo las desigualdades entre tratamientos pequeñas pero significativas. Siendo estos los resultados los cuales mostraron que durante el periodo estudiado el contenido de hidrocarburos disminuyó en un 17.1 %, con la acción de la especie y en 9.8 % en el tratamiento sin la especie. Donde se redujeron significativamente las fracciones saturadas y aromáticas, mientras que el resto de las fracciones no mostraron cambios significativos, lo cual se vincula a su reconocida baja biodegradabilidad.

En Cuba (Medel Y. et al, 2017) utilizaron *Paspalum densum*, la cual es una planta nativa que debido a su capacidad de reproducción y su adaptabilidad a sequías extremas, puede usarse en la fitorremediación de suelos con presencia de hidrocarburos. Estudiaron el proceso de germinación de la especie *Paspalum densum* en un suelo contaminado con 75 000 mg petróleo x kg⁻¹ sustrato seco, confiriéndole a la planta potencialidades en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.

En Nigeria (Asemoloye M. et al, 2017) estudiaron la influencia del compost de hongos gastados (SMC) en la fitorremediación del suelo con concentraciones de hidrocarburos de aceite negro y el uso de *Megathyrsus Maximus* (MM), recomendaron el uso de SMC, el cual remedia y mejora las evaluaciones anatómicas, respecto a MM mostró habilidades en remediación basada en petroquímicos, sugirieron que la capacidad de fitorremediación de esta especie de planta podría estudiarse más a nivel molecular y nivel genético para comprender el mecanismo completo de adaptación en suelo contaminado. Además, recomendamos el uso de SMC para la producción de cultivos En

En México (Meza J. et al. 2016) estudiaron combinaciones de tratamientos para tratar un suelo expuesto a concentraciones de 40000 ppm de aceite residual automotriz (ARA), teniendo como objetivos bioestimular un suelo contaminado con 40000 ppm de ARA con lombricomposta y/o composta bovina y como segundo objetivo estudiar la remediación utilizando la especie *Cicer arietinum* y *Burkholderia cepacia* con la finalidad de disminuir el ARA, obteniendo resultados que indicaban que la bioestimulación del suelo con 40000 ppm de ARA por composta bovina, eliminó 24000 ppm durante 49 días. Donde la fitorremediación por medio de *C. arietinum* y *B. cepacia* a madurez fisiológica logro disminuir la concentración hasta 2760 ppm. Lo cual apoya que, la opción mas optima la integración de la bioestimulación y fitorremediación, a comparación que aplicarla por separado.

En Alemania (Fatima, K., et al. 2016) Tuvieron como objetivo estudiar la interacción específica planta- endófito, utilizando un consorcio (AP) de dos bacterias endofíticas que disminuyen el aceite (*Acinetobacter sp.* y *Pseudomonas aeruginosa*) se inoculó a dos gramíneas, *Brachiaria mutica* y *Leptochloa fusca*, vegetadas en suelo crudo contaminado con óleo. Teniendo como resultados que el aumento de bacterias mejoró el crecimiento de las plantas y la degradación del petróleo crudo. Teniendo como degradación del petróleo crudo maxima (78%) con *B. Mutica* planta inoculada con consorcio AP. Esta degradación fue significativamente más alta que el otro tratamiento, donde se utilizaron bacterias individualmente con *L. fusca* y endófitas que se utilizaron en combinación. Por tanto, la investigación reveló que las especies de plantas pueden afectar los patrones de colonización y actividad metabólica de bacterias endofíticas inoculadas y, por ende, el proceso de fitorremediación.

En Mexico (Saucedo B. et al. 2016) utilizaron como opción de solución la bioestimulación (BIS) con un nitrato bruto y/o legumbre donde después se aplicaría la fitorremediación (FITO) con un cereal transigente a hidrocarburos y estimular con: *Burkholderia cepacia* y *Rhizobium etli*, para logras depreciar la concentración de ARA, teniendo como finalidad la BIS de suelo impactado por 45.000 ppm de ARA con lombricomposta y composta bovina al 3 %; también la FITO mediante *Zea mays* inoculado con *B. cepacia* y *R. etli* para disminuir el ARA a un valor inferior. Teniendo como resultados que la BIS por lombricomposta y composta bovina,

redujo a 21000 ppm; entre tanto la FITO disminuyó 1.833 ppm, dando a saber que la integración de la BIS en un suelo a 45000 ppm de ARA mediante composta bovina y lombricomposta seguida de FITO, fue oportuno para la remediación de suelos, llegando a alcanzar resultados menores a los valores máximos aceptados.

En Malaysia (Almansoory A. et al. 2015) evaluaron la aplicación de un potencial biosurfactante para la fitorremediación de suelos contaminados con gasolina, comparado con aditivos de bacterias degradantes como dodecil sulfato de sodio (SDS) y sobrenadante de cultivo bacteriano. Los resultados mostraron que el biosurfactante eliminó una cantidad significativa (hasta 93,5%) del total de hidrocarburos de petróleo (TPH) en comparación con los otros aditivos que eliminaron solo 85,4% (bacterias), 70,3% (sobrenadante de cultivo) y 86,3% (SDS). Concluyendo que los biosurfactantes tienen un gran potencial como biocatalizadores de apoyo para aumentar el rendimiento de la tecnología de fitorremediación para el tratamiento del suelo.

En Bolivia (Balderas, Iván Y Sánchez, Juan 2015) probaron dos posibles soluciones para revertir la infertilidad de un suelo contaminado con altas concentraciones de aceite residual automotriz (ARA), usando la biorremediación doble (BR) y secuencial bioestimulación (BS) y también fitorremediación (FR) con *Sorghum vulgare* y *Bacillus cereus/Burkholderia cepacia* o bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) para reducir el ARA residual. teniendo como objetivos biorremediar un suelo contaminado con 75000 ppm de ARA por doble y secuencial bioestimulación, inicialmente con solución mineral (SM) y posteriormente la BS con *Phaseolus vulgaris* y BPCV incorporada como abono verde (AV), después por fitorremediación con *S. vulgare* y las BPCV para minimizar el ARA. Teniendo como efectos encontrados que la biorremediación del suelo por doble y secuencial BS: con solución mineral SM el ARA disminuyó a 32500 ppm/30 días y con *S. vulgaris*; lo redujo hasta 10100 ppm/90 días. Su fitorremediación para reducir el ARA remanente con *S. vulgare* y BPCV a floración lograndolo de 2500 ppm a 800 ppm.

La fitorremediación puede llamarse también remediación asistida por plantas la cual se considera una de las mejores tecnologías para recuperar el agua y el suelo contaminado por subproductos obtenidos del petróleo, esta biotecnología está

dirigida a la recuperación de suelos contaminados, ya que ofrece ventajas en la utilización de sus procesos naturales para la degradación de hidrocarburos quienes pueden estar presentes en distintos cuerpos, así como también permite la adición de enzimas o microorganismos de manera estratégica con el fin de potenciar la restauración de las características del recurso, la utilización de las plantas contribuye a transformar, acumular o inmovilizar sustancias tóxicas. (Arias S. et al 2016)

Existen distintos procesos de fitoremediación, los cuales se aplican dependiendo de la estrategia de recuperación de suelo y el tipo de contaminante, estos procesos puedes contener los contaminantes como también eliminarlos por completo.

La fitoextracción consiste en un mecanismo donde las plantas absorben contaminantes orgánicos como inorgánicos, los cuales deben ser incinerados posteriormente a su cosecha ya que los compuestos inorgánicos no cuentan con la propiedad de transformar en sustancias no toxicas (Ramírez P. et al, 2015); (Arias et al, 2016); los contaminantes que más se adaptan a esta tecnología son el cadmio, cromo, entre otros (Salamanca et al, 2013)

Por otro lado, la Fitoestabilización consiste en inmovilizar los contaminantes mediante la adsorción, precipitando y acumulando las sustancias en las raíces. Evitando su trasmigración a otros recursos naturales o seres vivos, reduciendo la movilidad del contaminante (Mahar et al, 2016), los contaminantes pueden ser compuestos fenólicos y compuestos clorados (Wiszniewska A. 2016).

La fitoestimulación es otra técnica de la fitorremediación la cual consiste en promover a los organismos degradadores quienes se alimentan de contaminantes como hidrocarburos y policromáticos (Wiszniewska A. 2016).

Así como la fitovolatilización que consiste en capturar y modificar y liberar a la atmosfera por transpiración los contaminantes como mercurio, selenio y solventes clorados; por último, la fitodegradación quienes son capaces de captar, almacenar y degradar contaminantes a subproductos no tóxicos capaces de tratar contaminantes como nitrotolueno, atrazinas, solventes clorados, pesticidas fosfatados, fenoles y nitritos (Wiszniewska, A, 2016).

(Balderas-León & Sánchez-Yáñez. 2015) integran la bioestimulación y la fitorremediación, mediante el uso de las bacterias *Bacillus cereus* promotoras del crecimiento vegetal y la planta *Sorghum vulgare*. En estas circunstancias las integraciones de ambas técnicas provocan el crecimiento, desarrollo y efectividad de las plantas durante la absorción de compuestos. Las especies más usadas en los estudios mencionados se caracterizan por ser gramíneas. (Mahar et al, 2016), reportaron las técnicas de fitoextracción y fitoestabilización como una técnica alternativa prometida para la recuperación de suelos. Por otro lado (Santana N. et al, 2015) sugieren la capacidad de *Canavalia ensiformes* como Fitoestabilizadora del cobre en suelos arenosos.

Para el óptimo desarrollo de los ciclos biogeoquímicos superficiales, el suelo debe optimas propiedades químicas, físicas, fisicoquímicas y biológicas, el suelo realiza la función de reactor, ya que es quien protege a los recursos sensibles de elementos contaminantes, a esto se le otorga la capacidad de poder de amortiguamiento, radicando la importancia y necesidad de remediar un suelo contaminado. (Collivignarelli, et al, 2018)

La contaminación de suelos, se ocasiona con la presencia de subsustancia o químicos en el suelo, presente en concentraciones altas o fuera del rango normal generando problemas sobre los organismos del entorno. La contaminación del suelo no puede ser percibida con facilidad, haciendo que sea un peligro oculto para la población aledaña a la fuente contaminada. La acumulación de los contaminantes en el suelo puede causar problemas en el recurso (Cachada, A, et al 2018).

La fitorremediación puede ser utilizada como biotecnología de recuperación, ya que ofrece ventajas en la utilización de sus procesos naturales para la degradación de hidrocarburos quienes pueden estar presentes en distintos cuerpos, así como también permite la adición de enzimas o microorganismos de manera estratégica con la finalidad de potenciar la restauración de las propiedades del recurso, el empleo de plantas contribuye a transformar, acumular o inmovilizar sustancias tóxicas. (Arias S, et al 2016)

Siendo un método prometedor para degradar los hidrocarburos de petróleo contaminados suelo, con muchas ventajas sobre otros tratamientos. Las plantas terrestres se usan comúnmente para la degradación de hidrocarburos de petróleo, mientras que el uso de plantas acuáticas es poco usual. La efectividad de las plantas está asociada con la existencia de crecimiento microbiano en las raíces de las plantas. (Abdullah, S. R. S., et al 2020)

La cual es una técnica apropiada para aguas y suelos contaminados con hidrocarburos porque es simple en operación, fácil de mantener en sitios, amigable con el medio ambiente y económico. Sin embargo, el desempeño de la fitorremediación de orgánicos compuestos en el tratamiento del agua son limitantes debido a la baja solubilidad acuosa del petróleo contaminantes de hidrocarburos. (Abdullah, S. R. S., et al 2020)

Para que la fitorremediación sea efectiva, los contaminantes de hidrocarburos deberían poder llegar a las raíces de las plantas y, gracias a ello, no pueden funcionar de manera regular para suelos con niveles de concentración altas. Al utilizar plantas con el fin de remediar contaminantes, el destino final del contaminante puede ser desconocido y, por lo tanto, los efectos en la cadena alimentaria podrían ser probablemente perjudiciales porque también involucra la fauna y flora. (Sarwar N. et al 2017)

Hay métodos de tratamiento disponibles, pero no existe un único método que sea más apropiado para todos los contaminantes tipos y la variedad de condiciones específicas del sitio que ocurren en el entorno afectado. Se deben tomar en cuenta diferentes factores como las condiciones de los entornos afectados, la naturaleza, la composición y las propiedades de los contaminantes, destino, transporte y distribución de los contaminantes, mecanismo de degradación, las interacciones y relaciones con microorganismos, intrínsecos y extrínsecos factores que afectan la remediación y el impacto potencial de la posible medida correctiva determinar la elección de un método de tratamiento de remediación. Más de un tratamiento de remediación o más métodos de tratamiento de remediación es decisivo en la toma de decisiones, ya que muchos parámetros que entran en conflicto en la naturaleza toman un papel importante en la toma de decisiones. (Ossai, I. C. et al. 2020)

La fitorremediación tiene restricciones como que no es utilizable si los contaminantes presentan problemas de riesgo para los humanos o el agua; y depende también del clima y, por lo tanto, está limitado por estas condiciones de disponibilidad de nutrientes del suelo y condiciones del suelo. El clima frío puede detener o reducir totalmente la eliminación de contaminantes haciendo viable esta técnica para ciudades templadas, convirtiéndose en una gran oportunidad para adoptar fitorremediación y mitigar los contaminantes para países tropicales como los países del sudeste asiático que reciben luz solar en todo el año. Considerando también que los contaminantes de hidrocarburos tratados por fitorremediación no deben ser tóxicos para las plantas y microorganismos, y la mayoría de las veces no en una alta concentración, ya que estas podrían no sobrevivir a altas concentraciones. También, el desempeño de la fitorremediación de orgánicos compuestos en el tratamiento del agua son limitantes debido a la baja solubilidad acuosa del petróleo contaminantes de hidrocarburos. La fitorremediación puede funcionar como un tratamiento de pulido, ofreciendo una solución más económica, ecológica y sencilla para reducir aún más el nivel de hidrocarburos. (Sarwar N. et al 2017)

En consecuencia, la fitorremediación es un método probado mediante el cual se puede recuperar agua o suelos contaminados, el presente documento describió las distintas tecnologías estudiadas, encontrando la más óptima para suelos contaminados por hidrocarburos, según todas las fuentes consultadas, registran que el método de fitoestimulación es el más apropiado en base al contaminante a tratar, tal como señala (Wiszniewska A. 2016).

III. MÉTODO

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es descriptivo cualitativo puesto que la finalidad de este tipo de investigación es recolectar información de manera conjunta o independiente acerca de las variables o conceptos que se abordan en siguiente investigación (HERNÁNDEZ, R et al 2010).

Diseño de investigación es narrativo de tópico puesto que el estudio está enfocado a la recolección de información de experiencias de una temática específica (HERNÁNDEZ, R et al 2010). Que en este caso son las diferentes efectividades de metodologías para la remediación de suelos aplicados a nivel mundial.

Figura 1:

Secuencia narrativa del estudio problema – solución.



Fuente: adaptado de Hernández, R et al 2010.

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Tabla 1: *Matriz de categorización apriorística*

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Unidad de Análisis
Describir las técnicas que se emplean en la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos	¿Cuáles son los métodos de fitorremediación que se emplean para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos?	Técnicas de fitorremediación.	FITODEGRADACIÓN	Festus B. 2020 Hatami E. Abbaspour A. y Dorostkar V. et al 2018 Dominguez A. et al 2019 Balderas L. y Sánchez J. 2015 Hernández I. Navas G. Infante C. 2017
			FITOESTIMULACIÓN	De la Cruz I. et al 2019 Saucedo C. Márquez L. y Sánchez J. et al 2016 Ramírez M. et al 2016 Cisneros G. et al 2015
			FITOACUMULACIÓN	Almansoory F. et al 2020 Torres E. et al 2019 Masu S. et al 2018 Kenday A. et al 2019 Yoplac K. et al 2020
Determinar las ventajas y desventajas que traen los diferentes métodos de fitorremediación para suelos contaminados por hidrocarburos	¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los diferentes métodos de fitorremediación para los suelos contaminados por hidrocarburos?	Ventajas de la técnica Desventajas de la técnica	ECONÓMICOS	Thakur S. et al, 2017 Ibañez S. et al, 2016 Rezania S. et al, 2015 Weyens N. et al, 2015

3.3. Escenario de estudio

La contaminación del suelo por hidrocarburos es una dificultad ambiental y la fitorremediación ha probado ser una solución promisoría para remediar estos suelos. (Hernández I. et al, 2017). La fitorremediación tiene las características de absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes, estos pueden estar incluidos en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. Esto se da por parte de las empresas encargados de la explotación y/o producción de los derivados del petróleo.

3.4. Participantes

El presente proyecto de investigación tomo 50 participantes, estos fueron artículos científicos e información indexadas que están dentro de la base de datos de las plataformas de Scopus, Dialnet, ScienceDirect y Scielo. Para lograr esto se tomó en cuenta palabra claves como, Soil contamination or soil contamination by hydrocarbons and phytoremediation, también en su traducción suelos contaminado o suelo contaminado por hidrocarburos y fitorremediación o remediación.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas para la recolección de datos son las distintas maneras en la que se puede obtener información, son medios materiales que se usan para recoger y almacenar datos (Araujo M. 2012). Por lo tanto, la manera de recopilar información durante este trabajo será a través del análisis documental, el cual (Castillo E. y Vásquez E. 2003) lo define como “el conjunto de operaciones encaminadas a representar un documento y su contenido bajo una forma diferente de su forma original, con la finalidad posibilitar su recuperación posterior e identificarlo”. Por otro lado, (Araujo M. 2012) define al instrumento de recolección de datos como un recurso dispositivo o formato (papel o digital), con el que se pueda utilizar para obtener, registrar o almacenar información.

Es por ello que, en esta investigación se utilizará una ficha como instrumento para la recolección de datos y otra ficha para el análisis del contenido, la cual mostraremos más adelante, tabla 2 y tabla3.

Tabla 2: Ficha de recopilación de datos

FICHA DE RECOPIACIÓN DE DATOS										
N° Artículo	AÑO	REVISTA INDEXADA	AREA GEOGRAFICA	SUB CATEGORIA	AUTORES	TÍTULO	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	RESULTADOS	CONCLUSIONES

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3:

Ficha de análisis de datos

FICHA DE ANÁLISIS DE DATOS		
TÍTULO:		
REVISTA INDEXADA:	IDIOMA:	AÑO:
AÑO DE PUBLICACIÓN:		
AUTORES:		
PALABRA CLAVE:		
OBJETIVOS:		
METODOLOGÍA:		
RESULTADOS:		
CONCLUSIONES:		
TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:		

Fuente: Elaboración propia

3.6. Procedimiento

La búsqueda sistemática de la información se realizó a través de las palabras clave en diversas plataformas. Las palabras clave usadas que se referían al tema de la investigación fueron las siguientes: “Fitorremediación para suelos contaminados por hidrocarburos” – “Phytoremediation” o “hydrocarbons” – “soils with hydrocarbons” o “Soil contamination” y sus respectivas traducciones al español.

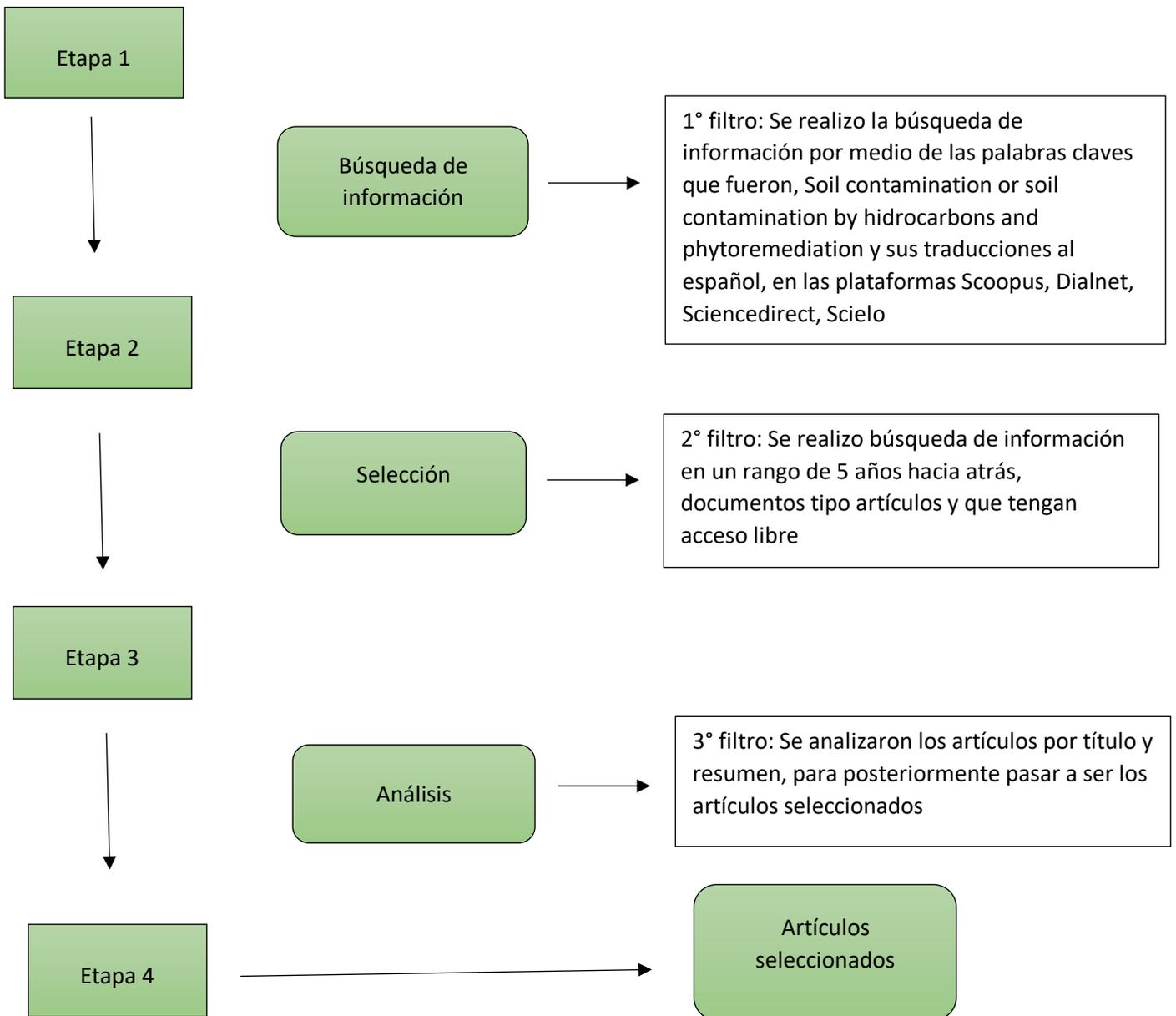
Una vez realizada la búsqueda de los documentos se efectuó el descarte por el primer filtro; verificando que los artículos pertenezcan a revistas científicas indexadas. Luego se aplicó el segundo filtro el que consistía en que los artículos debieron de haber sido publicados a partir del 2015 en adelante, debían ser artículos aplicados y de acceso libre y finalmente el tercer filtro que consistía en que los artículos debían ser aplicados en las características de la presente investigación.

Una vez que los artículos científicos hubieron pasado los tres filtros se optó al análisis de la información con ayuda de los instrumentos de recopilación de datos.

A continuación, se muestra el esquema del procedimiento que se siguió:

Figura 2:

Diagrama de procedimiento



Fuente: Elaboración propia.

3.7. Rigor científico

La presente investigación contiene rigor científico para el desarrollo óptimo de la investigación el cual ha sido evaluado bajo los siguientes criterios:

Uno de los criterios es la credibilidad, (Salgado L. 2007) definiéndolo como la recopilación de datos verdaderos de autores que han experimentado el fenómeno bajo investigación, esta investigación ha utilizada fuentes de información basadas en la experiencia y aplicación, cumpliendo con este criterio.

La dependencia o consistencia lógica es el equilibrio de resultados por medio de de métodos de análisis e interpretación los cuales conceden la realización para las comparaciones de datos (Noreña A. et al, 2012), se tomó en cuenta la comparación de ideas entre autores logrando que la investigación tenga consistencia lógica.

La relevancia, consiste en el alcanzar o cumplir de los objetivos planteados dando alcance a nuevos estudios (Noreña A. et al, 2012), se tomaron fuentes de información que hayan cumplido con los objetivos propuesto logrando la relevancia de la investigación.

La aplicabilidad o transferencia es la continuidad de resultados, propagación de hallazgos identificados dando origen a nuevos estudios (Castillo E. y Vásquez M. 2003), la investigación podrá generar resultados lo cuales pueden ser usados en estudios futuros, logrando la transferencia y aplicabilidad de esta investigación.

3.8. Método de análisis de datos

Son procesos diseñados para trabajar la enorme cantidad de datos que utiliza en una investigación, que consiste en la transcripción de documentos. (Brinkmann S. y Kvale S. 2018). Clasificar todos los datos y buscar al mismo tiempo análisis coherente y perceptivo, la etapa de análisis de datos requiere en dar sentido a los fenómenos y para ello, el investigador debe ir orientado al objeto de estudio manteniendo firme su posición. Para el cual se llevará a cabo una técnica de análisis de datos en el cual se utilizarán fichas de análisis de contenido, donde en ellas se extraerá toda información circunstancial para el presente trabajo de revisión sistemática.

Según (Araujo M. 2012), define el análisis crítico, como una condición fundamental para la interpretación correcta de cualquier estudio que se haya decidido revisar, puesto que permite verificar el cumplimiento de un estudio con ciertos criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos, con respecto a su calidad metodológica, se analizará los documentos o artículos agrupados de acuerdo a las categorías y subcategorías de la matriz apriorística de la tabla 1 uniendo los diferentes enfoques de los distintos documentos analizados, logrando enmarcar los diferentes criterios de inclusión y exclusión, logrando tener análisis crítico en la investigación.

3.9. Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación se desarrolló respetando el derecho de auditoría de cada autor, referenciado respectivamente, las normas fueron cumplidas al citar cada una de los antecedentes en normas ISO - 2016. Por lo tanto, no se realizó ningún tipo de plagio de los trabajos de investigación utilizados, toda la información recaudada fue analizada e interpretada manteniendo el derecho de cada autor.

Se utilizaron bases de datos confiables, para la obtención de documentos o trabajos realizados por los diferentes autores y descargadas con fines académicos, luego este trabajo pasó por el filtro de plagio turnitin, para ver el porcentaje de similitud de la información recopilada; también se siguió los lineamientos de la Universidad César Vallejo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de las plataformas de búsquedas de Scopus, ScienceDirect, Dialnet y Scielo las cuales se utilizaron para la recolección de artículos, se encontraron un total de 185624 artículos de los cuales, 50 cumplieron con los criterios de selección establecidos en la metodología descrita en la investigación. En el anexo 1 se muestra el cuadro de búsqueda y selección de artículos según las palabras claves establecidas por el investigador.

La presente revisión sistemática agrupo los trabajos encontrados en 3 subcategorías como se puede apreciar en la tabla 4. Los 50 artículos seleccionados; son basadas en técnicas de Fitorremediación de las cuales se logró encontrar 3 subcategorías aplicadas a este tipo de contaminante, esta fueron la técnica de Fitodegradación, Fitoestimulación y por último Fitoacumulación. En la tabla 4 se puede observar la clasificación de los artículos seleccionados por las subcategorías

Tabla 4: Clasificación de artículos seleccionados según las subcategorías

REFERENCIA	MÉTODOS DE FITORREMEDIACIÓN		
	FITODEGRADACIÓN	FITOESTIMULACIÓN	FITOACUMULACIÓN
Arias A. et al (2016)	X		
Adams R. Álvarez A. Castañón N (2016)	X		
Dare M. et al (2017)		X	
Kiamarsia Z. et al (2019)		X	
De la Cruz I. et al (2019)		X	
Meza J. et al (2016)		X	
Rodríguez A. et al (2019)		X	
Saucedo C. Márquez L. y Sánchez J. et al (2016)		X	
Balderas L. y Sánchez J. (2015)	X		
Bravo J. et al (2018)			X
Yoplac K. et al (2020)			X
Escalante S. et al (2017)		X	

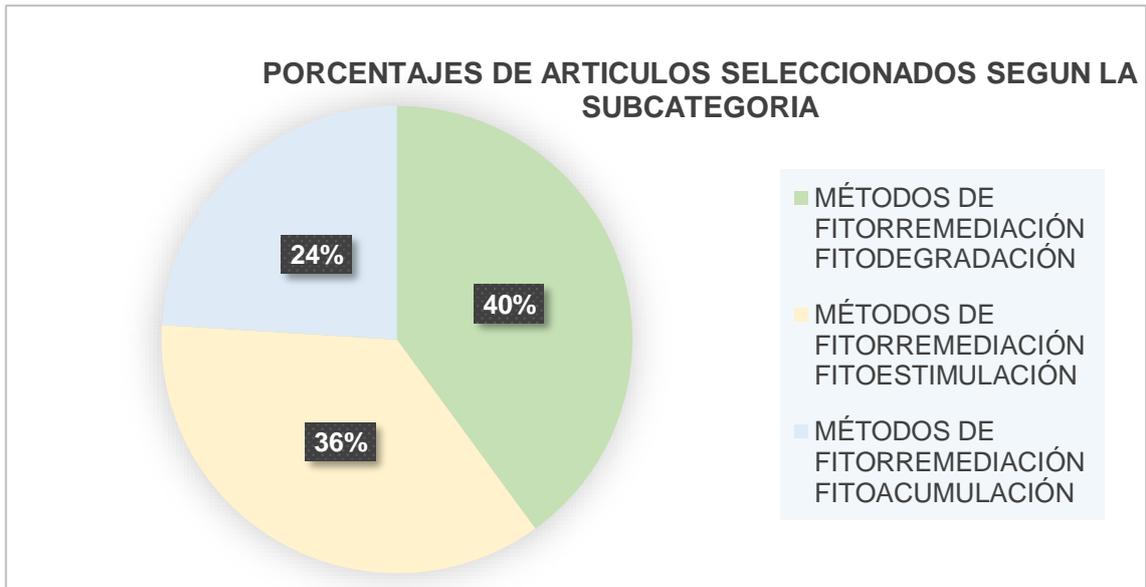
Guadalupe, L. et al (2019)		X	
Rivera P. et al (2017)		X	
Steliga T. y Kluk D. (2020)			X
Daryabeigi A. y Hoveidi H. (2017)			X
Shtangeeva I. Perämäki P. et al (2018)		X	
Nero B. (2020)	X		
Hatami E. Abbaspour A. y Dorostkar V. et al (2018)	X		
Baoune H. et al (2019)	X		
Rodriguez R. et al (2016)	X		
Dominguez J. et al (2019)			X
Ma X. et al (2019)		X	
Orocio J. et al (2019)		X	
Sivaram K. et al (2019)			X
Hidayati N. Hamim H. Sulistyaningsih Y et al (2018)		X	
Shahzad A. et al (2020)	X		
Wyszkowska J. Borowik A. y Kucharski J. (2019)			X
Noori A. et al (2015)	X		
Masu S. et al (2018)			X
Hernández I. Navas G. y Infante C. et al (2016)	X		
Asemoloye D. et al (2017)	X		
Dudai, Nativ, et al. (2018)	X		
Lacalle R. et al (2018)		X	
Košnář Z. et al (2018)	X		
Wang H. et al (2019)	X		

Wawra A. et al (2018)			X
NGUEMTÉ, P. et al (2018)			X
Kiamarsi Z. et al (2019)		X	
Hernández C. Rodríguez C. y Oviedo R. et al (2019)			X
Torres E. et al (2019)	X		
Galindo E. et al (2017)	X		
Almansoor F. et al (2020)	X		
Agnieszka B. Warmiński K. y Adomas B. et al (2019)	X		
Dickson U. et al et al (2020)	X		
Adesipo A. Freese D. y Nwadinigwe A. et al (2018)	X		
Anikwe M. et al (2016)		X	
Gouda A. et al (2016)			X
Santoyo G. et al (2016)		X	
Cisneros G. et al (2015)		X	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4 se muestran los diferentes métodos más aplicables y con mayor eficacia, referente al tratamiento de fitorremediación de suelos con presencia de hidrocarburos, las cuales pueden ser fitodegradación, fitoestimulación y fitoacumulación estas fueron encontradas en diferentes artículos. Teniendo como resultado que la técnica más utilizada para suelos contaminados con hidrocarburos es la fitodegradación abarcando un total del 40% del total de artículos encontrados, la siguiente técnica fue la fitoestimulación, subcategoría la cual tuvo un 36% de artículos seleccionados para dicha técnica ubicándose en segundo lugar en las técnicas más utilizadas para dicha contaminación, por último la técnica de fitoacumulación con un 24% de artículos encontrados, siendo esta la técnica menos aplicada para suelos contaminados con compuestos orgánicos

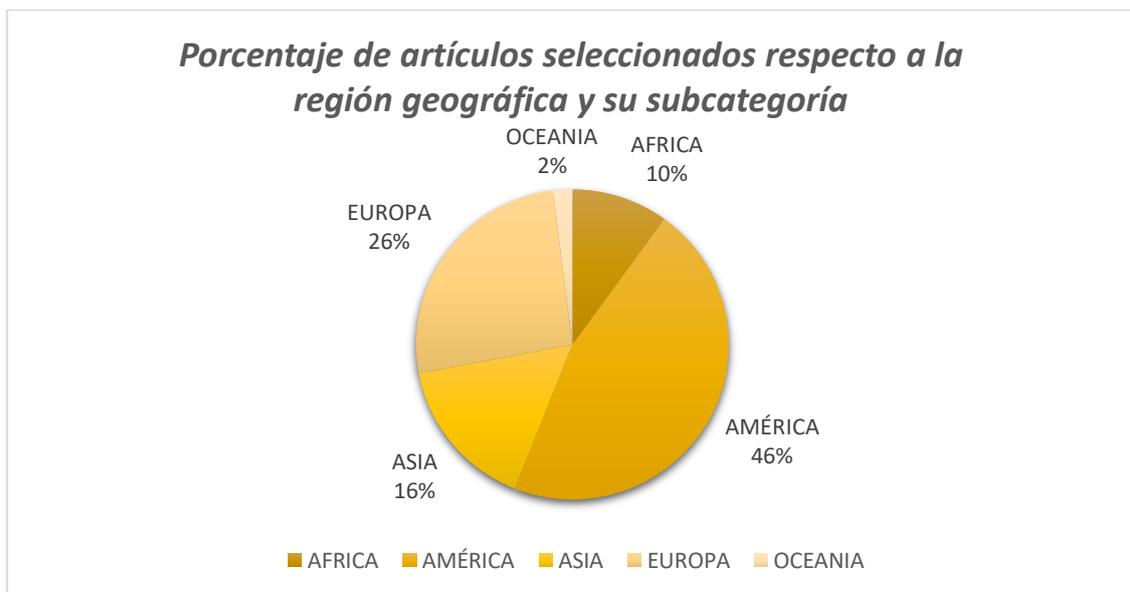
Figura 4: Porcentaje de artículos seleccionados según la subcategoría.



Fuente: Elaboración Propia

Agrupando los artículos por la región geográfica se encontró un mayor número de trabajos en el continente de América, seguido del continente de Europa, Asia, África y por último Oceanía con un porcentaje de 46%, 26%, 16%, 10% y 2% respectivamente. Como se puede observar en la figura 5 los porcentajes de aplicación de técnicas de Fitorremediación respecto a la región geográfica.

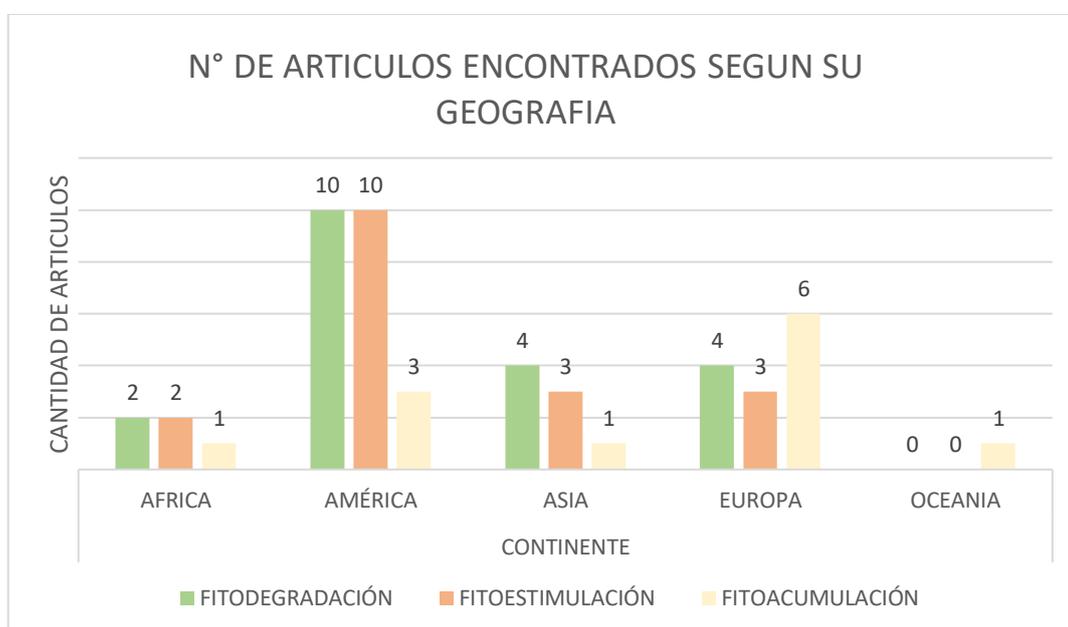
Figura 4: Porcentaje de artículos seleccionados respecto a la región geográfica y su subcategoría



Fuente: Elaboración Propia

Se seleccionaron artículos a nivel mundial donde aplicaron el utilizaron la fitorremediación como método remediador, teniendo para la técnica de Fitodegradación, en el continente africano se seleccionaron 2 artículos, en América 10, en Asia 4, en Europa 4, por otro lado, se encontró la aplicación del método de Fitoestimulación en el continente de África 2 artículos , en América 10, en Asia 1 y en Europa 3, por último, para el método de Fitoacumulación se seleccionaron en África 2 artículos, en América 3, en Asia 1, en Europa 6 y en por ultimo en Oceanía 1. En la tabla 5 se puede apreciar la selección de artículos de método de Fitorremediación según el continente donde fue aplicaron.

Figura 5: Identificación de técnicas de fitorremediación por región geográfica



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se discutirán sobre los resultados fundamentados a través de los diversos autores del siguiente modo:

En primer lugar, se tuvo que considerar que esta investigación es una revisión sistemática, cuya matriz de categorización apriorística nos permitió establecer las diferencias, similitudes y relación entre las subcategorías del presente trabajo de investigación.

A partir del presente análisis podemos afirmar que la eficiencia de la fitorremediación de hidrocarburos o cualquier otro contaminante varía dependiendo de la especie de planta, el tipo de suelo, la naturaleza, concentración del

contaminante, el período de duración de la degradación y la condición de nutrientes del suelo (Xie et al, 2017), estos procesos pueden contener los contaminantes como también eliminarlos por completo

Partiendo de esta afirmación, los artículos seleccionados mostraron la aplicación de 3 tipos de técnicas de fitorremediación aplicadas a suelos contaminados por hidrocarburos, siendo estas la fitodegradación, fitoestimulación y fitoacumulación, diferenciándose en el mecanismo que utilizan las plantas ya sea para degradar, estimular o acumular tipos de contaminantes. (Gerhardt et al. 2017)

Habiendo seleccionado 50 artículos donde se evidencia la aplicación de estas 3 técnicas, de los cuales se encontraron 19 artículos seleccionados que aplicaron la técnica de fitodegradación para suelos contaminados por hidrocarburos, la cual es una técnica capaz de captar, almacenar y degradar contaminantes a subproductos no tóxicos, entre estos contaminantes podemos encontrar al nitrotolueno, atrazinas, solventes clorados, pesticidas fosfatados, fenoles y nitritos (Wiszniewska A. 2016)

Sobre la técnica de fitodegradación

Se encontraron 11 artículos realizados en el continente americano, como por ejemplo en el continente americano, en el país de Venezuela se evaluó el potencial remediador de *Megathyrsus Maximus*, donde se evaluó la enzima deshidrogenasa, quien en 120 días favoreció la disminución de contenido de hidrocarburos presentes en el suelo afectado con petróleo extra pesado a una concentración de 50.0 mg/g teniendo una recuperación de 75% de suelo contaminad, demostrando su poder fitodegradador de la especie (Hernández I. Navas G. Infante C, 2017), por otro lado (Torres E. 2019) en el continente africano, en el país de Ghana se utilizaron dos distintas especies, siendo estas, *Jatropha curcas* y *Vetiveria zizanioides*, ambas especies no comestible, con características de rápido crecimiento, tolerantes a un clima extremo y siendo capaces de descontaminar suelos contaminados de hidrocarburos (Bastida et al 2015), las especies estuvieron sometidas a niveles de contaminación de 22666.67 ± 1166.67 mg kg y 31333.33 ± 2833.34 mg kg respectivamente, después de 16 semanas de experimentación se obtuvo una reducción de 46.7 y 46.4% en TOG y TPH para la especie JC, seguido de VZ con una reducción de 31.6 y 23.5% en TOG y TPH, teniendo como resultado las

concentraciones de suelo para JC respectivamente fueron 16.700 ± 2.935 mg kg y 12155 ± 2127 mg kg. Bajo la planta de VZ las concentraciones fueron 21.444 ± 1676 mg kg mientras que a atenuación natural se obtuvo una disminución de TPH y TOG de 2% durante las 16 semanas, obteniendo como resultado que la planta *Jatropha curcas* es más eficaz para eliminar hidrocarburos ya que se obtuvo un 89.6 y 96.6% de remoción en 180 días, recomendándose como medio viable (Nero B. 2020) , por otro lado una investigación desarrollada en Irán, donde se aplicaron especies nativas las cuales se caracterizan por tener fuertes raíces y una alta adaptación para crecer en esta región (Hatami E. Abbapour A. y Dorostkar V., 2018), siendo estas *Bromus tectorum L.* y *Festuca arundinacea* quienes obtuvieron una degradación de 83.27 y 77.6% respectivamente, teniendo a *B. tectorum* como la especie con mayor efectividad degradando hidrocarburos(Dominguez A. 2020) . Tal como se puede observar en la tabla N°7

Tabla N°6: *Recopilación de información de artículos sobre fitodegradación*

ESPECIE FITODEGRADADORA	PPM	PORCENTAJE DE REMOCIÓN	REMOCION	DIAS
Hierba de Guinea(Megathyrus Maximus)	50000	75%	37500	120
sudangrass (Sorgo drummondii)	40000	98%	736	20
Coquillo (Jatropha curcas)	22666.67	96.60%	21896.0032	180
Espiguilla (<i>Bromus tectorum L.</i>)	89500	83.27%	74526.65	40

Fuente: Elaboración propia

Sobre la técnica de fitoestimulación

La fitoestimulación es otra técnica de la fitorremediación la cual consiste en promover a organismos degradadores quienes se alimentan de contaminantes como hidrocarburos y policromáticos (Wiszniewska A. 2016). Dentro de la revisión de artículos, encontramos 13 artículos sobre el método de fitoestimulación, teniendo a 8 estudiados en el continente americano como por ejemplo en Mexico se realizó la aplicación de *Cicer Arietinum* quien es una especie vegetal la cual cuenta con la capacidad de tolerar y degradar los hidrocarburos (Zand AD, Bidhendi GN, Mehrdadi N. 2010), las investigaciones se realizaron por *Cicer Arietinum* por tres autores diferentes, potencializado por diferentes microorganismos, en el caso

de (De la Cruz et al, 2019) potenciado con *M. echinospora* y *P. chryosgenum*, donde se encontraron casos de suelos impactados por petróleo en grandes cantidades, en este caso, se degrado un suelo contaminado con 90000 ppm de ARA, el cual decreció hasta 1200 ppm al cabo de 30 días, producto de la fitoestimulación de las raíces y la característica de oxidación de *M. echinospora* y *P. chryosgenum*, siendo la remediación solo posible con la inoculación ya que sin esta la semilla no germina y muere por exceso de ARA (De la Cruz et al, 2019). También se utilizó *Cicer arietinum* esta vez potencializado con Burkholderia cepacia donde después de 90 días también tuvo como resultado una reducción de hasta 93.1% de la concentración de ARA, habiendo teniendo inicialmente una concentración de 40000ppm la cual llevo a un equivalente de 2760 ppm obteniendo resultados menores al máximo permisible según la normativa (Ramirez J. et al, 2016) así también (Cisneros G. et al, 2016) aplica la misma especie potenciado con *Bacillus* y *Rhizobium etli*, donde especifica que esta especie de planta es capaz de fitodegradar hidrocarburos, siempre y cuando se potencien con bacterias, en esta investigación se logró un decrecimiento de 9900ppm a 180 ppm en 30 días

Por otro lado (Almonsory A. et al, 2020) utilizo el sistema *Scirpus mucronatus*, la investigación se llevó a cabo por 72 días, donde se eliminó el 82.1% de TPH, siendo este el mayor grado de remoción con una contaminación de 10g/kg de gasolina, comparado con el tratamiento de control quien solo elimino un 53.9% TPH, el incremento de remoción se dio a partir del día 14 y fue incrementando hasta el final del periodo de investigación. Tal como se puede observar en la tabla N°8.

Tabla N°7: Recopilación de información de artículos sobre fitoestimulación

ESPECIE FITOESTIMULADORA		PPM	PORCENTAJE DE REMOCIÓN	REMOCION	DIAS
Garbanzo (Cicer Arietinum)	<i>M. echinospora</i> y <i>P. chryosgenum</i>	65300	98%	1200	150
	Burkholderia cepacia	40000	93.10%	2760	90
	<i>Bacillus</i> y <i>Rhizobium etli</i>	9900	98%	180	30
Junco de Judas (Scirpus mucronatus)	<i>L. rizo</i>	10000	82.10%	1790	72

Fuente: Elaboración propia

Sobre la técnica de Fitoacumulación

La técnica de fitoacumulación , también conocida como fitoextracción, consiste en la entrada y traslado de componentes orgánicos o inorgánicos presentes en el suelo, por medio de las raíces de las plantas hasta la biomasa aérea o parte vegetal, siendo un proceso biológico que utilizan las plantas para remover, transferir, estabilizar, concentra y/o destruir los contaminantes en el suelo o agua, (Wiszniewska A. 2016) este tipo de remediación exige incinerar las plantas posteriormente a su aplicación, ya que los contaminantes quedan permanente en el cuerpos de las especies utilizadas, las cuales son tratadas como residuos peligroso y son llevadas a lugares especiales para su disposición final (Xie et al, 2017), en la investigación se encontró la aplicación de diversas especies, resaltando la *Sorgo drummondii*, *Piptocoma discolor* (Asteraceae) y *Theobroma cacao* (Malvaceae), quienes demostraron ser aptas para la remoción de hidrocarburos.

En el continente americano, pero esta vez en Cuba se evaluó la utilización de *Paspalum densum* quien entre sus características tiene la resistencia a la sequía y también es capaz de germinar en un suelo contaminado por hidrocarburos (Yener M. et al, 2017), en este estudio demostró su capacidad para desarrollarse en un suelo contaminado con 40000ppm, el periodo de estudio fue de 75 días, donde la planta alcanzó eliminar netamente 14536 ppm por cada Kg de suelo contaminado, teniendo un resultado residual de 18880 ppm restantes, ya que se realizó una corroboración estadística quitando la degradación que podría darse de manera natural, comprobando su resistencia y capacidad de germinación haciendo a esta especie una opción ideal con el fin de remediar suelos contaminados con altas concentraciones de hidrocarburos, por otro lado una investigación donde se aplicó *Lolium perenne* que también se llevó a cabo en 20 días, tuvo una efectividad de 56.3% probando que el sudangrass es más efectivo, la investigación menciona que la eficiencia de remediación puede potencializarse con ceniza volante, ya que se encontró una reducción eficiente de entre 50.9 y 56.3% (Masu S. et al, 2018) por otro lado se encontraron la aplicación de especies nativas del Perú con potencial para degradar hidrocarburos destacando *Piptocoma discolor* con una concentración de 28.306 mg.kg⁻¹ de HTP en sus hojas, seguido por *Theobroma cacao* con mayores teniendo concentraciones encontrada en la raíz y tallo con 7.171 y 6.162 mg.kg⁻¹ de HTP respectivamente, ambas se diferencian en

tolerancias y asimilación de contaminante, ya que almacenaron de manera distinta la concentración por especie como también por estructural vegetal (raíz, tallo, hoja y fruto), deonde se pudo determina que estas especies presentan característica acumuladoras de este contaminante organico. (Yoplac K. et al 2020), como se puede apreciar en la tabla 9

Tabla 8: Recopilación de información de artículos sobre fitoacumulación

ESPECIE FITOACUMULADORA	PPM	PORCENTAJE DE REMOCIÓN	REMOCION	DIAS
Paspalum densum (Dense crowngrass)	40000	36.34%	14536	75
Raigrass ingles (Lolium perenne)	40000	53.30%	18680	90
Piptocoma discolor (Asteraceae)	68600	59%	28306	60
Theobroma cacao (Malvaceae)	68600	29.72%	20392	60

Fuente: Elaboración propia

Acorde con lo mencionado con anterioridad no se puede afirmar que tipo de método es más efectivo para el tratamiento de suelos contaminados por hidrocarburos, pero si se pudo encontrar características mediante las cuales se pueden considerar para encontrar que un método puede ser superior a otro.

En lo que respecta al método de fitodegradación se obtuvieron similares resultados junto con el método de fitoestimulación donde (Wiszniewska, A, 2016) registro que este último es el método más apropiado para tratar suelos contaminados con hidrocarburos.

Obteniendo la mayor cantidad de articulos seleccionados para el metodo de fitodegradación, donde se llevan a cabo la aplicación de este método de remediación como el mas optimo para este tipo de contaminante, donde el mayor nivel de contaminación encontrado fue de 89500ppm, con un porcentaje de remedicación de 83.27% a corgo de la especie *Bromus tectorum L*, teniendo un porcentaje mayor a la especie *Megathyrus Maximus* quien obtuvo 75% a un nivel de contaminación menor al del anterior estudio a pesar haberse realizado en 120 dias, mientras que el otro estudio lo aplico por 40 día, probando de esta manera que la especie fitodegradadora *Bromus tectorum L*. a una contaminación mayor a 80000ppm de hidrocarburos en el suelo, puede ser una técnica y especie ideal, tal

como lo demuestra (Hatami E. Abbapour A. y Dorostkar V., 2018) , teniendo tambien a dos especies utilizadas *sudangrass (Sorgo drummondii)* perteneciente a *EEUU* y *Jatropha curcas* estudiada en Ghana continente Africano obteniendo un porcentaje de remoción mayor a 97%, siendo el de mayora alcance el *Sorgo drummondii*, en el estudio realizado por (Nero B. 2020) la cual se dio en 20 dias, robando que es una técnica viable para la aplicación de remoción de hidrocarburos en un corto tiempo.

Se encontraron 3 articulos donde se aplica el metodo de fitoestimulación utilizando la especie de *Cicer Arietinum*, la cual ha sido aplicada en cada uno con diferentes potencializadores, la que esta potencializada con *M. echinospora* y *P. chryosgenum* obteniendo 98% de un total de 65300ppm de hidrocarburos en el suelo durante 150 dias, siguiendo a este estudio con un mismo grado de remoción *Bacillus* y *Rhizobium etli* en 30 dias, la diferencia de porcentaje de remediación puede darse por la variación de tiempo de aplicación del estudio, asi como tambien el nivel de contaminación , por ultimo se encontró con un 93.1%, siendo este el menor porcentaje de remoción, cuando se potencializo con *Burkholderia cepacia*, determinando asi que la mejor opción entre estos estudios se la para la especie *Cicer Arietinum* potencializada con *M. echinospora* y *P. chryosgenum* ya que teniendo altas concentraciones dentro del rango de los demás estudios, se obtuvo el mismo porcentaje de remoción de contaminante en 150 días, estas investigaciones desarrolladas en el continente americano, exactamente en el país de Mexico.

Encontrando a la técnica de fitoacumulación la menos viable respecto en la aplicación de suelos contaminados por hidrocarburos ya que los estudios reportaron los menores porcentajes de remoción siendo este de 29.72% a cargo de la especie, *Theobroma cacao (Malvaceae)* la cual es una planta con cadena alimentaria, donde se encontró una concentración de 2.863 mg.kg-1 en el fruto obtenido (Yoplac K. et al 2020) donde el autor recomienda que debe haber un cuidado constante, ya que pueden presentarse problemas de salud en el futuro, en el caso de ingerir alimentos expuestos a esta contaminación, por otro lado con un mayor porcentaje de remoción, siendo este de 59% a cargo de la planta como *Piptocoma discolor (Asteraceae)* con una duración en cabo de 60 dias para el

tratamiento de un suelos contaminado con niveles de superiores a 68000ppm de hidrocarburos en el suelo, considerando que ambos experimentos se desarrollaron durante 60 días, donde se encontraron concentración de contaminante de 6.421mg/kg en la raíz y 3.961 mg/kg en el tallo.

Teniendo como resultados a dos métodos, fitodegradación y fitoestimulación, siendo estas una alternativa ideal para la fitorremediación de este tipo de contaminante, teniendo que la aplicación del método de fitodegradación registró niveles de remediación satisfactorios para suelos altamente contaminados abarcandos en un rango de 70000 a 90000ppm de hidrocarburos en el suelo, tal como lo registra (Dominguez J. et al 2019) mientras que la técnica de fitoestimulación estudiada por (De la Cruz et al 2019) obtuvo los mejores porcentajes de remoción para suelos medianamente contaminados teniendo valores entre 40000 hasta 70000 ppm, por ultimo de la técnica de fitoacumulacion se encontraron los valores de remoción mas bajos para suelos medianame contaminados, por lo que se podría pensar que esta técnica seria satisfactoria para contaminaciones menores a 40000ppm de contaminante de hidrocarburos. Asi también se encontró como planta fitodegradadora bajo un suelo altamente contaminado la eficiencia de la especie *Bromus tectorum L.* donde se obtuvo un 83.27% de remoción, en un rango de tiempo corto comparado a las otras técnicas fitorremediadoras, así como también el uso de *Garbanzo (Cicer Arietinum)* utilizada por (Meza J. et al 2016), (Cisneros G. et al 2015) y (Ramirez J. et al, 2016) en este caso potenciado con *M. echinospora* y *P. chryosgenumen* donde se tuvo porcentaje de remoción de 98 sobre una mediana contaminación de 65300ppm habiendo logrado este porcentaje en 120 días

La fitorremediación es un metodo económico y en diversos sentidos una alternativa viable para la para la remediación de los suelos, la cual puede tener algunas desventajas, las caules deben ser conocidas antes de iniciar un proyecto de recuperación. Partiendo de la bibliografía revisada se encontraron cuatro factores relevantes a tomar en cuenta al momento de elegir la técnica más adecuadas para llevar a cabo una remediación exitosa para suelos afectados por hidrocarburos.

La fitorremediación es el método más apropiado para descontaminar espacios amplios o para finalizar la descontaminación de áreas en plazos largos (Thakur S. et al, 2016), lo cual hace a las plantas cumplir la función de bombas extractoras depuradoras de suelos contaminados (Zhou L. et al, 2015), , esta técnica genere menos residuos secundarios a comparación de otras técnicas (Rezania S. et al, 2015), las plantas utilizan luz solar por lo que hace que sea una tratamiento económico y el tratamiento se da in situ (Weyens N. et al, 2015) como desventajas podemos considerar que la transformación se limita a la profundidad de penetración de las raíces (Zhou L. et al, 2015), también se debe tener en cuenta el riesgo en la cadena alimentaria, por si se eligen especies utilizadas como fuente de alimento (Thakur et al, 2016), los tiempos y procesos pueden ser muy largos (Ibañez S. et al, 2016) , no todas las plantas son capaces de resistir bajo la presencia de contaminantes (Weyens N. et al, 2015). Las ventajas de la fitorremediación como técnica remediadora son diversas.

V. CONCLUSIONES

Se identificaron 3 métodos de fitorremediación aplicadas para la remediación de suelos con concentraciones de hidrocarburos, teniendo como la técnica más aplicada fitodegradación con un total de 20 artículos seleccionados, esta técnica degrada los contaminantes distribuyéndolo entre su tallo y hojas, teniendo la capacidad de degradar el contaminante, siguiendo la técnica de fitoestimulación con 18 artículos, la cual utiliza microorganismos presentes en la especie quienes ayudan a la eliminación de contaminantes y fitoacumulación de las cuales se encontraron 12, la cual almacena los contaminantes en el raíz tallo y hojas

Los estudios ya reportados y discutidos anteriormente, se enfocaron en encontrar la técnica mas ideal para el tratamiento de suelos con presencia de hidrocarburos, destacando dos métodos de fitorremediación diferenciándose en su mecanismo que utilizan las plantas ya sea para degradar, estimular o acumular tipos de contaminantes, se encontraron resultados similares en la técnica de fitoestimulación y fitodegradación resaltando cada una de ellas en diferentes circunstancias, la técnica de fitoestimulación obtuvo en un alto porcentaje de remoción sobre una alta contaminación con un valor de 65300ppm habiendo logrado 98% en 120 días, mientras la técnica de fitodegradación, degrado un suelo contaminado con una mayor cantidad de contaminante de 89500 logrando un 83.27% de remoción a lo largo de 40 días.

Se determinó también que la técnica de fitorremediación utiliza a las plantas como bombas extractoras depuradoras de suelos contaminados , siendo un alternativa apropiada para depurar espacios amplios o para finalizar la remediación de áreas, esta técnica genera menos residuos secundarios a comparación de otras técnicas, las plantas utilizan luz solar por lo que hace que sea un tratamiento económico y el tratamiento se da in situ, por otro lado como desventajas podemos considerar que la profundidad de la penetración de las raíces podría limitar el proceso de extracción, también se debe tener en cuenta el riesgo en la cadena alimentaria, en el caso se elijan especies empleadas como fuente de alimento, así también los tiempos y procesos pueden ser muy largos.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar proyectos integrales, considerando los que los factores como el tipo de contaminante, las concentraciones de contaminante como también el periodo de duración de evaluación, pueden afectar negativa o positivamente sobre el método a utilizar, haciendo así uno superior a otro.

Se recomienda ahondar en el tema ya que en algunos casos se utilizan plantas las cuales pertenecen a la cadena alimentaria, donde no muestran factores adversos a lo largo del estudio, pero no se descartan futuros posibles problemas perjudiciales para la salud.

REFERENCIAS

1. Abdullah, S. R. S., Al-Baldawi, I. A., Almansoory, A. F., Purwanti, I. F., Al-Sbani, N. H., & Sharuddin, S. S. N. Plant-assisted remediation of hydrocarbons in water and soil: Application, mechanisms, challenges and opportunities. *Chemosphere*, 247, 125932. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125932>
2. Adams, R. H., et al. Efecto de la concentración de hidrocarburos sobre la producción del pasto (*Brachiaria humidicola*) en Texistepec, Veracruz. *Phyton*, 2015, vol. 84, no 1, p. 222-232. <https://doi.org/10.1007/s13762-016-1058-4>
3. Arias Trinidad, Alfredo, et al. Uso de *Leersia hexandra* (Poaceae) en la fitorremediación de suelos contaminados con petróleo fresco e intemperizado. *Revista de Biología Tropical*, vol. 65, no 1, p. 21-30. 2017. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v65i1.22967>
4. Alonso Bravo, Jennifer Nayeli, et al. Biorecuperación y fitorremediación de suelo impactado por aceite residual automotriz. *Journal of the Selva Andina Research Society*, vol. 9, no 1, p. 45-51. 2018. ISSN 2072-9294.
5. Anikwe, M. A. N., et al. Assessment of some tropical plants for use in the phytoremediation of petroleum contaminated soil: Effects of remediation on soil physical and chemical properties. *International Journal of Plant and Soil Science*, 2017, vol. 14, no 2, p. 1-9.18. ISSN: 2320-7035
6. Adesipo, Adegbite A.; Freese, Dirk; Nwadinigwe, Alfreda O. Prospects of In-situ Remediation of Crude Oil Contaminated Lands in Nigeria. *Scientific African*, 2020, p. e00403. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00403>
7. Almansoory, Asia Fadhile, et al. Potential application of a biosurfactant in phytoremediation technology for treatment of gasoline-contaminated soil. *Ecological Engineering*, vol. 84, p. 113-120. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.08.001>
8. Arias Trinidad, Alfredo; Rivera Cruz, María Del Carmen; Trujillo Narcía, Antonio. Fitotoxicidad de un suelo contaminado con petróleo fresco sobre *Phaseolus vulgaris* L.(leguminosae). *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 33, no 3, p. 411-419. 2017. ISSN 0188-4999
9. Arias, S., Betancur, M., Gómez, G., Salazar, J.P. & Hernández, M. L. Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Informador técnico (Colombia)*. Vol 74 (2016).
10. Asemoloye, Michael Dare, et al. Mediatonal influence of spent mushroom compost on phytoremediation of black-oil hydrocarbon polluted soil and response of *Megathyrsus maximus* Jacq. *Journal of environmental management*, vol. 200, p. 253-262. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.090>
11. Almansoory, Asia Fadhile, et al. Response and capability of *Scirpus mucronatus* (L.) in phytotreating petrol-contaminated soil. *Chemosphere*, 2020, p. 128760. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128760>

12. Balderas León, Iván; Sánchez-Yáñez, Juan Manuel. Biorremediación de suelo contaminado con 75000 ppm de aceite residual automotriz por bioestimulación y fitorremediación con *Sorghum vulgare* y *Bacillus cereus* y/o *Burkholderia cepacia*. *Journal of the Selva Andina Research Society*, vol. 6, no 1, p. 23-32. 2015. ISSN 2072-9294
13. Baoune, Hafida, et al. Effectiveness of the *Zea mays*-*Streptomyces* association for the phytoremediation of petroleum hydrocarbons impacted soils. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2019, vol. 184, p. 109591. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109591>
14. Beś, Agnieszka; Warmiński, Kazimierz; Adomas, Barbara. Long-term responses of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) to the contamination of light soils with diesel oil. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, vol. 26, no 11, p. 10587-10608. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04328-6>
15. Brinkmann, S., y Kvale, S. Doing interviews (En línea). London: SAGE Publications Ltd, 2018. (fecha de consulta: 17 de junio de 2020) capítulo 6 introduction to interview research. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=UHIRDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=editions:3KEJVe3aB2gC&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjtkJbUiMztAhX2DrkGHRR6DS8Q6AEwAXoECAQQAg#v=onepage&q&f=false>
16. Cachada, Anabela; Rocha-Santos, Teresa; Duarte, Armando C. Soil and pollution: an introduction to the main issues. In *Soil pollution Academic Press*. O. 1-28 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-849873-6.00001-7>
17. Castillo, Edelmira; Vásquez, Martha Lucia. El rigor metodológico en la investigación cualitativa. *Colombia médica*, 34(3), 164-167. (2003). ISSN: 0120-8322
18. Cerqueira, Vanessa S. et Al. Comparison of bioremediation strategies for soil impacted with petrochemical oily sludge. *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 95, p. 338-345. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.08.015>
19. Collivignarelli, Maria Cristina, et al. Wet oxidation of fine soil contaminated with petroleum hydrocarbons: A way towards a remediation cycle. *Environments*, vol. 5, no 6, p. 69. 2018. <https://doi.org/10.3390/environments5060069>
20. Covarrubias, S. P. Peña Cabriales, J.J. Environmental pollution by heavy metals in Mexico: Problems and phytoremediation strategies. *Scopus*, Volume 33, Pages 7-21. (2017). ISSN 0188-4999
21. Dominguez, John Jewish A., et al. Enhanced degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the rhizosphere of sudangrass (*Sorghumx drummondii*). *Chemosphere*, 2019, vol. 234, p. 789-795. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.290>
22. Dickson, Udeme John, et al. Investigating the potential of sunflower species, fermented palm wine and *Pleurotus ostreatus* for treatment of petroleum-contaminated soil. *Chemosphere*, 2020, vol. 240, p. 124881. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124881>

23. Dudai, Nativ, et al. Agronomic and economic evaluation of Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* L.) as means for phytoremediation of diesel polluted soils in Israel. *Journal of environmental management*, 2018, vol. 211, p. 247-255. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.013>
24. Ekperusi, Abraham O.; Sikoki, Francis D.; Nwachukwu, Eunice O. Application of common duckweed (*Lemna minor*) in phytoremediation of chemicals in the environment: State and future perspective. *Chemosphere*, 2019, vol. 223, p. 285-309. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.025>
25. Escalante Canizal, Samantha, et al. Biorremediación y fitorremediación de un suelo impactado por aceite residual automotriz con *Helianthus annuus* y *Burkholderia vietnamiensis*. *Journal of the Selva Andina Research Society*, vol. 8, no 2, p. 104-114. 2017. ISSN 2072-9294
26. Enrique Peña Salamanca, et al. Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación: caso *Heliconia psittacorum* (heliconiaceae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 2013, vol. 37, no 145, p. 469-481. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.29>
27. Fatima, K., et al. Plant species affect colonization patterns and metabolic activity of associated endophytes during phytoremediation of crude oil-contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, no 7, p. 6188-6196. 2016. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5845>
28. Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A., Mendoza-López, M. R., Sangabriel, W., Trejo-Aguilar, D., Cruz-Sánchez, J. S., ... & Delgadillo-Martínez, J. Fitorremediación de un suelo contaminado con combustóleo usando *Phaseolus Coccineus* y fertilización orgánica e inorgánica. *Agrociencia*, (2007). 41(8), 817-826. ISSN: 1405-3195
29. Gatidou, Georgia, et al. Removal mechanisms of benzotriazoles in duckweed *Lemna minor* wastewater treatment systems. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 596, p. 12-17. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.051
30. Galindo Pérez, Ezel Jacome, et al. EVALUACIÓN DE LA FITOTOXICIDAD DE ACEITE AUTOMOTRIZ USADO CON *Vicia faba* Y *Phaseolus coccineus*. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 2017, vol. 33, no 3, p. 421-435. ISSN 0188-4999
31. Gouda, Amr H., et al. Evaluation of phytoremediation and bioremediation for sandy soil contaminated with petroleum hydrocarbons. *International Journal of Environmental Science and Development*, 2016, vol. 7, no 7, p. 490. doi: 10.18178/ijesd.2016.7.7.826
32. Gerhardt, Karen E.; Gerwing, Perry D.; Greenberg, Bruce M. Opinion: Taking phytoremediation from proven technology to accepted practice. *Plant Science*, vol. 256, p. 170-185. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.11.016>
33. Guadalupe, López Jiménez José, et al. *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) y bacterias terrestres asociadas medio siglo después de

- la contaminación crónica por hidrocarburos. *Revista de Biología Tropical*, 2019, vol. 67, no 6. ISSN-0034-7744
34. Harvey, Patricia J., et al. Phytoremediation of polyaromatic hydrocarbons, anilines and phenols. *Environmental Science and Pollution Research*, 2002, vol. 9, no 1, p. 29-47. <https://doi.org/10.1007/BF02987315>
 35. Hatami, Ebrahim; Abbaspour, Ali; Dorostkar, Vajiheh. Phytoremediation of a petroleum-polluted soil by native plant species in Lorestan Province, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, vol. 26, no 24, p. 24323-24330. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1297-7>
 36. Hernández Valencia, Ismael; Navas, Gabriela; Infante, Carmen. Fitorremediación de un suelo contaminado con petróleo extra pesado con *Megathyrus maximus*. *Revista internacional de contaminación ambiental [en línea]*, vol. 33, no 3, p. 495-503 2017. <https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.03.12> ISSN 0188-4999
 37. Hernandez Galvan, Claudia Lizeth; Rodriguez Perez, Carlos Alberto; Oviedo Celis, Ricardo Andres. Artículo-Fitorremediación. 2020.
 38. Hidayati, Nurul; Hamim, Hamim; Sulistyaningsih, Yohana C. Phytoremediation of petroleum hydrocarbon using three mangrove species applied through tidal bioreactor. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 2018, vol. 19, no 3, p. 786-792. 1412-033X
 39. Hernández, Roberto, Fernández, Carlos Y Baptista, María. *Metodología De La Investigación*. 5.a ed. Mexico. The McGraw-Hill. 2010. 613 pp. ISBN: 9786071502919.
 40. Ibañez, S., Talano, M., Ontan, O., Suman, J., Medina, M, Macek, T. & Agostini, E. Transgenic plants and hairy roots: exploiting the potential of plant species to remediate contaminants. *New Biotechnology*. 33, 625-633. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2015.11.008>
 41. Juárez Cisneros, Gladys, et al. Bioestimulación de suelo contaminado con 10000 ppm de aceite residual automotriz y fitorremediación con *Cicer arietinum* potenciado con *Bacillus cereus* y *Rhizobium etli*. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 2016, vol. 7, no 2, p. 66-74. ISSN 2072-9294
 42. Kiamarsi, Zahra, et al. Conjunction of *Vetiveria zizanioides* L. and oil-degrading bacteria as a promising technique for remediation of crude oil-contaminated soils. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 253, p. 119719. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119719>
 43. Košnář, Zdeněk; Mercl, Filip; Tlustoš, Pavel. Ability of natural attenuation and phytoremediation using maize (*Zea mays* L.) to decrease soil contents of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) derived from biomass fly ash in comparison with PAHs–spiked soil. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2018, vol. 153, p. 16-22. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.01.049>
 44. Lacalle, Rafael G., et al. *Brassica napus* has a key role in the recovery of the health of soils contaminated with metals and diesel by rhizoremediation. *Science of The Total Environment*, 2018, vol. 618, p. 347-356. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.334>

45. Ma, Xiaodong, et al. Enhancing *Salix viminalis* L.–mediated phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbon–contaminated soil by inoculation with *Crucibulum laeve* (white-rot fungus). *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, vol. 27, no 33, p. 41326-41341. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10125-3>
46. Márquez Benavides, Liliana, et al. Suelo impactado por 90000 ppm de aceite residual automotriz: bioestimulación y fitorremediación. *Journal of the Selva Andina Research Society*, vol. 10, no 2, p. 86-95. 2019. ISSN 2072-9294
47. Mahar, A., Wang, P., Ali, A., Awathi, M.K., Lahori, A., Wang, Q., Li, R. & Zhang, Z. Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 126, 111- 121. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.12.023>
48. Masu, Smaranda, et al. *Lolium Perenne*-A phytoremediation option in case of total petroleum hydrocarbons polluted soils. 2018.
49. Meza Ramírez, Janitzi Yunuén, et al. Bioestimulación de suelo contaminado con 40000 ppm de aceite residual automotriz y fitorremediación con *Cicer arietinum* y *Burkholderia cepacia*. *Journal of the Selva Andina Research Society*. vol. 7, no 2, p. 76-85. 2016. ISSN 2072-9294
50. Medel, Yainer Maceo, et al. Germinación de *Paspalum densum* (cortadera) en un suelo contaminado con petróleo. *Química Viva* vol. 16, no 3, p. 25-31. 2017. ISSN: 1666-7948
51. Murillo, Sandra E. Peña, et al. Nuevos sistemas de tratamientos de suelo contaminado por hidrocarburos. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 2019, no E21, p. 226-236.
52. Nero, Bertrand Festus. Phytoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils with two plant species: *Jatropha curcas* and *Vetiveria zizanioides* at Ghana Manganese Company Ltd. *International Journal of Phytoremediation*, 2020, p. 1-10. <https://doi.org/10.1080/15226514.2020.1803204>
53. Noori, Azam, et al. *Leucanthemum vulgare* Lam. crude oil phytoremediation. *International journal of phytoremediation*, 2018, vol. 20, no 13, p. 1292-1299. <https://doi.org/10.1080/15226514.2015.1045122>
54. Noreña Peña, Ana, et al. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. *Aquichan*, 2012, vol. 12, no 3, p. 263-274. ISSN 1657-5997
55. NORMAS, A. P. A. Normas APA. 2015.
56. Nguemté, P. Matsodoum, et al. Potentialities of six plant species on phytoremediation attempts of fuel oil-contaminated soils. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2018, vol. 229, no 3, p. 88. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3738-9>
57. Ossai, Innocent Chukwunonso, et al. Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon. *Environmental Technology & Innovation*, 2020, vol. 17, p. 100526. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100526>

58. Ordoñez Burbano, Didier Erlinton, et al. Biodegradation of Saturated Aliphatic Hydrocarbons by Microbes Isolated from Soils Polluted with Oil Derivatives. *Revista de Ciencias*, vol. 22, no 2, p. 33-44 2018. <http://dx.doi.org/10.25100/rc.v22i2.7917>.
59. Orocio Carrillo, José Alberto, et al. Hormesis under oil-induced stress in *Leersia hexandra* Sw. used as phytoremediator in clay soils of the Mexican humid tropic. *Ecotoxicology*, 2019, vol. 28, no 9, p. 1063-1074. <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02106-1>
60. Rodríguez Higareda, Alejandra, et al. Bioestimulación de suelo impactado por aceite residual automotriz, y fitorremediación mediante *Phaseolus vulgaris* con *Micromonospora echinospora* y *Streptomyces griseus*. *Journal of the Selva Andina Research Society*, vol. 10, no 1, p. 37-44. 2019. ISSN 2072-9294
61. Rodríguez, Eugenio Torres, et al. Potencialidad de *Paspalum densum* en la fitorremediación de suelos contaminados con petróleo. *Química Viva*. no 2. 2019. ISSN 1666-7948
62. Rodríguez Rodríguez, N., et al. Spatial distribution of oil and biostimulation through the rhizosphere of *Leersia hexandra* in degraded soil. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2016, vol. 227, no 9, p. 319. <https://doi.org/10.1007/s11270-016-3030-9>
63. Rezanía, Shahabaldin, et al. Perspectives of phytoremediation using water hyacinth for removal of heavy metals, organic and inorganic pollutants in wastewater. *Journal of environmental management*, 2015, vol. 163, p. 125-133. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.018>
64. Ríos, Hildebrando Buendía, et al. Fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo. *Alma máter segunda época*, 2014, no 1, p. 113-121.
65. Rivera Ortiz, Patricio, et al. Bioestimulación y biorremediación de recortes de perforación contaminados con hidrocarburos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 2018, vol. 34, no 2, p. 249-262. ISSN 0188-4999
66. Santoyo Pizano, G., et al. Biorremediación y fitorremediación de suelo impactado por 85,000 ppm de aceite residual automotriz. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 2019, vol. 15, no 1, p. 17-23. ISSN 2594-0384
67. Sautu, Ruth, et al. *Metodología de la Investigación*. INTERAMERICANA EDITORES, SA DE CV, 2014
68. Santana, Natielo Almeida, et al. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost on copper phytoremediation in a sandy soil. *Applied soil Ecology*. 96, 172-182 (2015).
69. Sarwar, Nadeem, et al. Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: modifications and future perspectives. *Chemosphere*, 2017, vol. 171, p. 710-721. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.12.116>
70. Shahzad, Asim, et al. Hydrocarbon degradation in oily sludge by bacterial consortium assisted with alfalfa (*Medicago sativa* L.) and maize (*Zea*

- mays L.). *Arabian Journal of Geosciences*, 2020, vol. 13, no 17, p. 1-12. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05902-w>
71. Salgado Lévano, Ana Cecilia. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. *Liberabit*, 2007, vol. 13, no 13, p. 71-78.
 72. Saucedo Martínez, Blanca Celeste; Márquez Benavides, Liliana; Manuel Sánchez Yáñez. Bioestimulación de suelo impactado con 45000 ppm de aceite residual automotriz y Fitorremediación con *Zea mays* y *Burkholderia cepacia* y/o *Rhizobium etli*. *Journal of the Selva Andina Research Society*, vol. 7, no 2, p. 86-94. 2016. DOI: 10.22507/pml.v11n2a3
 73. Sivaram, Anithadevi Kenday, et al. Phytoremediation efficacy assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons contaminated soils using garden pea (*Pisum sativum*) and earthworms (*Eisenia fetida*). *Chemosphere*, 2019, vol. 229, p. 227-235. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.005>
 74. Shtangeeva, Irina, et al. Potential of wheat (*Triticum aestivum* L.) and pea (*Pisum sativum*) for remediation of soils contaminated with bromides and PAHs. *International journal of phytoremediation*, 2018, vol. 20, no 6, p. 560-566. <https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1405375>
 75. Steliga, Teresa; Kluk, Dorota. Application of *Festuca arundinacea* in phytoremediation of soils contaminated with Pb, Ni, Cd and petroleum hydrocarbons. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2020, vol. 194, p. 110409. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110409>
 76. Thakur, Sveta, et al. Plant-driven removal of heavy metals from soil: uptake, translocation, tolerance mechanism, challenges, and future perspectives. *Environmental monitoring and assessment*, 2016, vol. 188, no 4, p. 206. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5211-9>
 77. Wang, Hui, et al. Influence of celery on the remediation of pahs-contaminated farm soil. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 2019, vol. 28, no 2, p. 200-212. <https://doi.org/10.1080/15320383.2018.1564732>
 78. Wawra, Anna, et al. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in a mixed contaminated soil supported by phytostabilisation, organic and inorganic soil additives. *Science of The Total Environment*, 2018, vol. 628, p. 1287-1295. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.156>
 79. Weyens, Nele, et al. The role of plant-microbe interactions and their exploitation for phytoremediation of air pollutants. *International journal of molecular sciences*, 2015, vol. 16, no 10, p. 25576-25604. <https://doi.org/10.3390/ijms161025576>
 80. Wiszniewska, Alina, et al. Natural organic amendments for improved phytoremediation of polluted soils: a review of recent progress. *Pedosphere*, 2016, vol. 26, no 1, p. 1-12. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60017-0](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60017-0)
 81. Wyszowska, Jadwiga; Borowik, Agata; Kucharski, Jan. The resistance of *Lolium perenne* L.x *hybridum*, *Poa pratensis*, *Festuca rubra*, *F. arundinacea*, *Phleum pratense* and *Dactylis glomerata* to soil pollution by

- diesel oil and petroleum. *Plant, Soil and Environment*, 2019, vol. 65, no 6, p. 307-312. <https://doi.org/10.17221/42/2019-PSE>
82. Xie W, Zhang Y, Li R, Yang H, Wu T, Zhao L, Lu Z. The responses of two native plant species to soil petroleum contamination in the Yellow River Delta. *Environ Sci Pollut Res.* 24(31): 24438–24446. 2017. doi:10.1007/s11356-017-0085-0.
 83. Yóplac, Kerluin E., et al. Prospección de especies arbóreas para la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, Amazonas, Perú. *Revista Forestal del Perú*, 2020, vol. 35, no 1, p. 31-41. ISSN 2523-1855
 84. Zand, Ali Daryabeigi; HOVEIDI, Hassan. Evaluation of the Potential of Burningbush (*Kochia scoparia* (L.) Schard) and Maize (*Zea mays* L.) and the Role of Soil Organic Amendment in Phytoremediation of Gasoline-Contaminated Soils. *International Journal of Environmental Research*, 2018, vol. 12, no 3, p. 327-336. <https://doi.org/10.1007/s41742-018-0083-1>
 85. Zhou, Lingyan, et al. Restoration of rare earth mine areas: organic amendments and phytoremediation. *Environmental Science and Pollution Research*, 2015, vol. 22, no 21, p. 17151-17160. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4875-y>

ANEXOS

Anexo 1: Cuadro de búsqueda y selección de artículos.

Palabras clave	PLATAFORMAS			
	sin filtros			
	SCOPUS	DIALNET	SCIENCEDIRECT	SCIELO
Fitorremediación	23	170	3	90
Phytoremediation	15	149	11	303
hidrocarburos	276	2857	994	804
hydrocarbons	442	1231	557	1088
suelos con hidrocarburos	8	269	116	90
soils with hydrocarbons	22	73	78	99
contaminacion de suelos	34	1770	678	374
Soil contamination	56	455	171532	958

Palabras clave	PLATAFORMAS			
	aplicados los filtros (5 años, articulos y acceso abierto)			
	SCOPUS	DIALNET	SCIENCEDIRECT	SCIELO
Fitorremediación	9	32	2	14
Phytoremediation	1.504	98	3.703	73
hidrocarburos	68	845	123	245
hydrocarbons	85.112	841	90.379	294
suelos con hidrocarburos	3	113	23	21
soils with hydrocarbons	816	12	13.222	27
contaminacion de suelos	8	34	91	133
Soil contamination	10.151	16	35.334	244

Palabras clave	PLATAFORMAS			
	seleccionado por título y resumen			
	SCOPUS	DIALNET	SCIENCEDIRECT	SCIELO
Fitorremediación	1	6	0	5
Phytoremediation	37	4	8	7
hidrocarburos	3	8	0	8
hydrocarbons	54	7	12	9
suelos con hidrocarburos	1	6	0	2
soils with hydrocarbons	20	5	12	13
contaminacion de suelos	0	7	0	4
Soil contamination	41	4	17	13

Palabras clave	PLATAFORMAS				DUPLICADOS
	documento completo				
	SCOPUS	DIALNET	SCIENCEDIRECT	SCIELO	
Fitorremediación	1	4	0	3	6
Phytoremediation	25	0	1	6	24
Hidrocarburos	2	2	0	5	8
Hydrocarbons	11	1	7	2	20
suelos con hidrocarburos	4	1	0	0	3
soils with hydrocarbons	18	0	4	8	18
contaminacion de suelos	5	0	1	3	7
Soil contamination	31	0	8	5	22

Anexo 2: Ficha de recolección de datos

Nº	Año	Revista	Area geográfica	Subcategoría	Autores	Título	Objetivos	Metodología
1	2016	REVISTA DE BIOLOGIA TROPICAL	MEXICO	FITODEGRADACIÓN	Arias A. et al	Uso de <i>Leersia hexandra</i> Poaceae en la fitorremediación de suelos contaminados con petróleo fresco e intemperizado.	Determino la capacidad fitorremediadora de <i>L. hexandra</i> a partir de la densidad de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre de la rizósfera.	Las variables evaluadas a tres y seis meses fueron densidad microbiana de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre totales (BFN), grupo <i>Azospirillum</i> (AZP), <i>Azotobacter</i> (AZT), por cultivo viable en placa seriada; producción de materia seca (MS), se cuantificó por el peso seco por gravimetría, y 30% porcentaje de descontaminación de los hidrocarburos (DSC) extracción en equipo soxhlet
2	2016	REVISTA INTERNACIONAL DE BOTANICA EXPERIMENTAL	ARGENTINA	FITODEGRADACIÓN	Adams R. Álvarez A. Castañón N	Efecto de la concentración de hidrocarburos sobre la producción del pasto (<i>Brachiaria humidicola</i>) en Texistepec, Veracruz	Determinó empíricamente la relación entre la concentración de petróleo crudo extrapesado - meteorizado en un material arcilloso y la toxicidad aguda, capacidad de campo, temperatura y crecimiento de un pasto tropical forrajero (<i>Brachiaria humidicola</i>)	Se presentaron afectaciones serias en términos de incremento en la temperatura del suelo (+1,3 °C), reducción en la capacidad de campo (10,7%) y la biomasa aérea (-97%) relación entre la concentración de hidrocarburos y biomasa aérea se presentó como función típica dosis-respuesta ($r = 0,99$), donde una concentración de 2626 kg de hidrocarburos correspondía a una manutención de 90% más de biomasa.
3	2017	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	NIGERIA	FITOESTIMULACIÓN	Dare M. et al	Mediational influence of spent mushroom compost on phytoremediation of black-oil hydrocarbon polluted soil and response of <i>Megathyrus maximus</i> Jacq	Se probó la influencia del compost de setas gastado (SMC) en la fitorremediación del suelo contaminado con hidrocarburos de petróleo negro y en la respuesta de <i>Megathyrus maximus</i> (guinea hierba).	Los estudios se llevaron a cabo en condiciones de microcosmos mezclando diferentes concentraciones de SMC viz. 20, 30 y 40% en un 5 kg de suelo contaminado junto con el control. Semillas de <i>M. maximus</i> sembró bandeja durante dos semanas se le permitió crecer por altura 10 cm y se trasplantó a macetas experimentales.

4	2019	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	IRAN	FITOESTIMULACIÓN	Kiamarsia Z. et al	Conjunction of Vetiveria zizanioides L. and oil-degrading bacteria as a promising technique for remediation of crude oil-contaminated soils	Se llevó a cabo un experimento para estudiar el rendimiento del crecimiento, la tolerancia al petróleo y el petróleo total.	Durante un período de 120 en suelos contaminados con diversas concentraciones de aceite (0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12% p). Los resultados mostraron que el contenido de clorofila (Chl a y Chl b) disminuyó en suelos contaminados, aunque el contenido de caroteno aumentó.
5	2019	JOURNAL OF THE SELVA ANDINA RESEARCH SOCIETY	MEXICO	FITOESTIMULACIÓN	De la Cruz I. et al	Suelo impactado por 90000 ppm de aceite residual automotriz: bioestimulación y fitorremediación	Los objetivos de esta investigación fueron: i) BIS de un suelo impactado por 90000 ppm de ARA, ii) FITO mediante C. arietinum con Micromonospora echinospora y Penicillium chrysogenum para disminuir el ARA a un valor inferior al máximo aceptado	En suelo la variable-respuesta de la BIS fue la concentración inicial y final de ARA por Soxhlet. En la FITO se registró la fenología y biomasa de C. arietinum a plántula. Los datos experimentales se analizaron por ANOVA/Tukey HSD P<0.05%.
6	2016	JOURNAL OF THE SELVA ANDINA RESEARCH SOCIETY	MEXICO	FITOESTIMULACIÓN	Ramírez M. et al	Bioestimulación de suelo contaminado con 40000 ppm de aceite residual automotriz y fitorremediación con Cicer arietinum y Burkholderia cepacia	Los objetivos del trabajo fueron i) Bioestimulación del suelo contaminado con 40000 ppm de ARA con lombricomposta y/o composta bovina, ii) Fitorremediación con Cicer arietinum y Burkholderia cepacia para disminuir el ARA a un valor inferior al máximo permisible por la NOM-138	Esta investigación se realizó en el invernadero del Laboratorio de Microbiología Ambiental
7	2019	JOURNAL OF THE SELVA ANDINA RESEARCH SOCIETY	MEXICO	FITOESTIMULACIÓN	Rodríguez A. et al	Bioestimulación de suelo impactado por aceite residual automotriz, y fitorremediación mediante Phaseolus vulgaris con Micromonospora echinospora y Streptomyces griseus	Los objetivos de esta investigación fueron: i) BIS de suelo contaminado por 85000 ppm de ARA, ii) FITO mediante P. vulgaris con M. echinospora y/o S. griseus en el decremento del ARA a un valor menor al máximo reconocido por la NOM138	En la BIS, la variable-respuesta fue la concentración inicial y final de ARA, en la FITO se sembró Phaseolus vulgaris mediante la fenología: altura de planta, longitud radical, biomasa fresca/seca aérea y radicular de la plántula. Los datos experimentales se analizaron por ANOVA/Tukey HSDP<0.05% con el programa estadístico Statgraph Centurion

8	2016	PRODUCCION MAS LIMPIA	MEXICO	FITOESTIMULACION	Saucedo C. Márquez L. y Sánchez J.	Bioestimulación de suelo impactado con aceite residual automotriz y fitorremediación con Zea Mays	Una solución alternativa es la bioestimulación (BIS) con un abono animal y/o vegetal luego fitorremediación (FITO) con una gramínea tolerante a hidrocarburos (HICO) e inocular con: Burkholderia cepacia y Rhizobium etli, y decrecer la concentración de ARA a valor inferior al máximo aceptado	El suelo contaminado con 45 ppm de ARA se bioestimuló lombricomposta y composta bovina al 3 %. Luego de la B FITO del suelo contaminado el ARA; su concentración inicial se determinó por Soxhlet en la FITO se incluyó la fenol de Z. mays: altura de la planta y longitud de la raíz biomasa: peso fresco aéreo y radical, peso seco aéreo y radical de Z. mays
9	2015	JOURNAL OF THE SELVA ANDINA RESEARCH SOCIETY	BOLIVIA	FITODEGRADACION	Balderas L. y Sánchez J.	Biorremediación de suelo contaminado con 75000 ppm de aceite residual automotriz por bioestimulación y fitorremediación con Sorghum vulgare y Bacillus cereus y/o Burkholderia cepacia	Los objetivos de este trabajo fueron: a) biorremediar un suelo contaminado con 75000 ppm de ARA por doble y secuencial bioestimulación, y posterior b) fitorremediación con S. vulgare y las BPCV. El suelo contaminado con ARA se biorremedio por BS primero con solución mineral (SM), una segunda BS con Phaseolus vulgaris y BPCV incorporada como abono verde (AV), después por fitorremediación con S. vulgare y las BPCV para minimizar el ARA	Se realizó en el invernadero laboratorio de Microbiología Ambiental
10	2018	JOURNAL OF THE SELVA ANDINA RESEARCH SOCIETY	MEXICO	FITOACUMULACION	Bravo J. et al	Biorecuperación y fitorremediación de suelo impactado por aceite residual automotriz	Los objetivos de esta investigación fueron: a) bioestimulación (BIS) de suelo impactado por 75000 ppm de ARA con solución mineral (SOMI) y Vicia sativa o abono verde (AVE) y b) Fitorremediación (FITO) mediante Sorghum bicolor potenciado con Burkholderia vietnamiensis y Penicillium chrysogenum para decrecer el ARA	Este experimento se realizó en un suelo franco-arenoso, pobre en materia orgánica, de origen laterítico que se tamizó, solo (para reducir plagas y enfermedades vegetales) contaminó con 75 ppm de ARA, proveniente de un taller automotriz. El suelo se colocó en el sistema hidropónico jarras de Leonard.

12	2017	Journal of the Selva Andina Research Society	MEXICO	FITOACUMULACIÓN	Escalante S. et al	Biorremediación y fitorremediación de un suelo impactado por aceite residual automotriz con <i>Helianthus annuus</i> y <i>Burkholderia vietnamiensis</i>	El objetivo de esta investigación fue biorremediar suelo contaminado con 20000, 30000 y 45000 ppm de ARA por BS con una solución mineral, <i>Vicia sativa</i> o abono verde, seguido de la FR mediante <i>Helianthus annuus</i> y <i>Burkholderia vietnamiensis</i> para decrecer el ARA a valores inferiores	En la BR del suelo con 20000, 30000 y 45000 ppm de ARA se aplicó la BS doble y secuencia primero con una solución mineral aplicada una vez por semana durante 12 semanas. Para la segunda BS del suelo con ARA se sembraron 10 semillas de <i>Vicia sativa</i> en 30 macetas con y sin ARA, cuando la leguminosa alcanzó el estadio fisiológico se sembró la plántula equivalente a 25 g después de su siembra se realizó el barbecho e incorporo al suelo en forma de abono verde al 1.5% se dio un tiempo de mineralización de 6 semanas al finalizar este periodo se midió la concentración de ARA por Soxhlet
13	2019	REVISTA BIOLOGIA TROPICAL	MEXICO	FITOACUMULACIÓN	López J. et al	<i>Laguncularia racemosa</i> (Combretaceae) y bacterias terrestres asociadas medio siglo después de la contaminación crónica por hidrocarburos	El objetivo era evaluar la distribución espacial del total de hidrocarburos de petróleo (THP) en suelo orgánico, la densidad de población de bacterias que promueven el crecimiento de las plantas, en la respiración microbiana en el rizoplano (RI), rizosfera (RZ) y en suelo no rizosférico (NRS) de <i>L. racemosa</i> .	Durante 1967 y 1968 se evaluó un área de 8 000 m ² de Histosol afectado por el agua y lodo de perforación del pozo de petróleo

14	2017	REVISTA INTERNACIONAL CONTAMINACION AMBIENTAL	MEXICO	FITOESTIMULACION	Rivera P. et al	BIOESTIMULACION Y BIORREMEDIACION DE RECORTES DE PERFORACION CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS	El uso de métodos de biorremediación puede reducir la concentración de hidrocarburos en estos materiales hasta niveles aceptables.	Las mezclas de suelo y recortes de perforación contaminados con hidrocarburos, procedentes de pozos de extracción de petróleo natural, se vertieron en celdas de biorremediación de 1.2 x 0.4 m. La proporción suelo:recorte en las mezclas fue de 1:1.5. Se estudiaron dos suelos de referencia agrícola y uno de vegetación natural.
15	2020	Ecotoxicology and Environmental Safety	POLAND	FITOESTIMULACION	Steliga T. y Kluk D.	Application of Festuca arundinacea in phytoremediation of soils contaminated with Pb, Ni, Cd and petroleum hydrocarbons	Probar la aplicación de capacidad fitorremediadora de Festuca arundinacea en suelos contaminados por hidrocarburos	Seguimiento toxicológico utilizando ecotoxicología de nueva generación. El suelo F. arundinacea asistido por fertilización fue monitoreado mediante pruebas toxicológicas: Microtox (inhibición de la luminiscencia de V. fischeri), Ostracodtoxkit (mortalidad, inhibición de crecimiento de Heterocypris incongruens) y MA (crecimiento de microorganismos) y Phytotoxicity F (evaluación de la germinación e inhibición de la germinación y crecimiento: Sorghum saccharatum, Lepidium sativum y Sinapis alba). La sensibilidad de las pruebas toxicológicas utilizadas fue comparable y aumentado en el orden: MARA <Ostracodtoxkit <Microtox.
16	2017	International Journal of Environmental Research	IRAN	FITOACUMULACION	Daryabaeigi A. y Hoveidi H.	Evaluation of the Potential of Burningbush (Kochia scoparia (L.) Schard) and Maize (Zea mays L.) and the Role of Soil Organic Amendment in Phytoremediation of Gasoline-Contaminated Soils	Se llevó a cabo un estudio en invernadero para investigar el comportamiento de arbustos ardientes (Kochia scoparia (L.) Schard) y maíz (Zea mays L.) en la remoción de hidrocarburos de suelos contaminados con diferentes niveles de gasolina.	Se llevó a cabo un estudio en invernadero para investigar el comportamiento de arbustos ardientes (Kochia scoparia (L.) Schard) y maíz.

17	2018	International Journal of Phytoremediation	RUSIA	FITOACUMULACIÓN	Shtangeeva I. Perämäki P. et al	Potential of wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) and pea (<i>Pisum sativum</i>) for remediation of soils contaminated with bromides and PAHs	Los objetivos de esta investigación fueron (1) estudiar las variaciones en las concentraciones de PAH en el suelo causadas por el crecimiento de guisante y trigo, (2) para estimar una absorción de Br por la planta 2 especies potencialmente diferentes en su capacidad para acumular y tolerar altas concentraciones de Br, (3) para investigar los efectos de la bioacumulación de Br en el desarrollo de una planta, y (4) para evaluar el potencial de los guisantes y el trigo para la fitoextracción de Br y la eliminación de HAP de los suelos.	Se recogió el suelo para experimentos de un sitio ligeramente contaminado por algunos HAP. Antes de plantar, el suelo se expuso a 20 mg de Br / kg del suelo.
18	2020	International Journal of Phytoremediation	GHANA	FITOACUMULACIÓN	Festus B.	Phytoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils with two plant species: <i>Jatropha curcas</i> and <i>Vetiveria zizanioides</i> at Ghana Manganese Company Ltd	El estudio investigó los efectos de <i>Jatropha curcas</i> (JC) y <i>Vetiveria zizanioides</i> (VZ) sobre los niveles de concentración de hidrocarburos en los escombros de las minas.	Se adoptó un arreglo factorial de tratamientos 2 x 2 x 3 en un diseño completamente al azar con 3 repeticiones.
19	2018	ENVIRONMENTAL PLANNING AND MANAGEMENT	IRAN	FITODEGRADACIÓN	Hatami E. Abbaspour A. y Dorostkar V. et al	Phytoremediation of a petroleum-polluted soil by native plant species in Lorestan Province, Iran	En esta investigación, se estudió la influencia de dos especies de plantas (<i>Bromus tectorum</i> L. y <i>Festuca arundinacea</i>) con diferentes enmiendas que incluyen hongos micorrízicos arbusculares, residuos de alfalfa y solución nutritiva sobre la tasa de degradación de los hidrocarburos de petróleo en el suelo.	Se realizó un experimento factorial con diseño completamente al azar con 3 repeticiones. Para esto en la muestra de suelo se seleccionó un suelo contaminado por compuestos de petróleo debido a la corrosión de oleoductos en el este de Khorramabad, Lorestán, Irán.

20	2019	Ecotoxicology and Environmental Safety	ARGENTINA	FITODEGRADACIÓN	Baoune H. et al	Effectiveness of the <i>Zea mays</i> - <i>Streptomyces</i> association for the phytoremediation of petroleum hydrocarbons impacted soils	El objetivo principal del presente estudio fue investigar el desempeño del sistema planta-actinobacterias para la remediación de suelos contaminados con petróleo crudo e hidrocarburos aromáticos policíclicos puros (HAP).	Se pesaron diez gramos de muestra de suelo individualmente en 20 viales de 20 mL. Se agregaron 10 mL de pentano. Los viales se agitaron un agitación horizontal a 120 oscilaciones por minuto durante 1 h.
21	2016	Water Air Soil Pollut	MEXICO	FITOACUMULACIÓN	Maldonado et al	Spatial Distribution of Oil and Biostimulation Through the Rhizosphere of <i>Leersia hexandra</i> in Degraded Soil	evaluar la distribución espacial de los hidrocarburos de petróleo totales (TPH) en rizoplasma y no rizosfera de <i>Leersia hexandra</i>	se recolectaron en 14 puntos en una superficie de 2,3 ha, en tres capas: capa 1 (0 a 15 cm de profundidad), capa 2 (15-30 cm) y capa 3 (30-70 cm), para medir TPH (mg kg ⁻¹).
22	2020	Chemosphere	EEUU	FITODEGRADACIÓN	Dominguez J. et al	Enhanced degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the rhizosphere of sudangrass (<i>Sorghum x drummondii</i>)	Se llevó a cabo un experimento en macetas para probar la capacidad de cuatro pastos para eliminar los HAP del suelo y para investigar el cambio correspondiente de la comunidad bacteriana en la rizosfera de cada uno.	En el estudio se utilizaron cuatro pastos, a saber: festuca (<i>Festuca arundinacea</i>), sudangrass (<i>Sorghum drummondii</i>), peregrina (<i>Lolium perenne</i>) y raigrás italiano (<i>Lolium multiflorum</i>). Las semillas se adquirieron de Takii & Co., Ltd (Miyagi, Japón).
23	2019	Investigación en ciencias ambientales y contaminación	GERMANY	FITODEGRADACIÓN	Ma X. et al	Enhancing <i>Salix viminalis</i> L.-mediated phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbon-contaminated soil by inoculation with <i>Crucibulum laeve</i> (white-rot fungus)	Evaluamos si el WRF <i>Crucibulum laeve</i> podría mejorar la fitorremediación del suelo contaminado con HAP por <i>Salix viminalis</i> L.	Se realizó un experimento en macetas de 60 días para investigar los efectos de la inoculación de <i>C. laeve</i> (utilizando dos tratamientos: inoculación y un tratamiento control) sobre el potencial de fitorremediación, crecimiento y metabolismo antioxidante de <i>S. viminalis</i> cultivado en suelos contaminados con HAP.
24	2019	Ecotoxicología volumen	MEXICO	FITOESTIMULACIÓN	Orocio J. et al	Hormesis under oil-induced stress in <i>Leersia hexandra</i> Sw. used as phytoremediator in clay soils of the	investigar el efecto del aceite sobre el crecimiento, la producción de biomasa, la biosíntesis de la proteína cruda de la hierba <i>Leersia</i>	Los resultados mostraron diferentes respuestas de <i>L. hexandra</i> dependiendo de la edad, las bajas concentraciones de aceite indujeron un aumento significativo en la longitud

						Mexican humid tropic	hexandra y la eliminación de aceite del suelo.	estolón, tasa de crecimiento relativa, e producción de materia seca y la biosíntesis de proteína cru
25	2020	Chemosphere	AUSTRALIA	FITOESTIMULACIÓN	Kenday A. et al	Phytoremediation efficacy assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons contaminated soils using garden pea (<i>Pisum sativum</i>) and earthworms (<i>Eisenia fetida</i>)	En este estudio, el nivel de toxicidad residual de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) después de 120 días de fitorremediación con cinco especies de plantas diferentes: - maíz (<i>Zea mays</i>), pasto de Sudán (<i>Sorghum sudanense</i>), vetiver (<i>Vetiveria zizanioides</i>), girasol (<i>Helianthus</i>) annuus) y wallaby grass (<i>Austrodanthonia</i> sp.)	. El análisis de la concentración de PAH se realizó mediante cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) con Zorbax Eclipse Column XDB - C18 (Agilent Technologies 1200) como se describe en nuestro estudio anterior (Sivaram et al., 2018a). La concentración de HAP en el suelo contaminado antes del inicio del experimento de fitorremediación (0 th día) fue de 995,4 mg kg ⁻¹
26	2020	International Journal of Advanced Science and Technology	INDONESIA	FITOACUMULACIÓN	Nurul Y et al	Oil Sludge Phytoremediation Using Mangrove (<i>Avicennia marina</i> , <i>Xylocarpus granatum</i> , and <i>Rhizophora mucronata</i>)	El propósito de este estudio fue determinar la capacidad de las plántulas de <i>Avicennia marina</i> , <i>Xylocarpus granatum</i> y <i>Rhizophora mucronata</i> en la reducción del nivel de TPH en suelos contaminados con petróleo.	se realizó mediante métodos experimentales que utilizaron un Diseño Completamente Aleatorio (CRD) con tratamientos: A - <i>Avicennia marina</i> ; B - <i>Xylocarpus granatum</i> ; C - <i>Rhizophora mucronata</i> ; D - Control medio sin adición de lodos de aceite; E - Medio de control para cada mangla. Se realizó observación de crecimiento. Luego fue seguido por análisis del nivel de TPH en el medio de cultivo y el crecimiento de plantas.

27	2019	Arabian Journal of Geosciences	PAKISTAN	FITOACUMULACIÓN	Shahzad A. et al	Hydrocarbon degradation in oily sludge by bacterial consortium assisted with alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) and maize (<i>Zea mays</i> L.)	estudio fue diseñado para evaluar el potencial de remediación del consorcio bacteriano, a saber. <i>Bacillus cereus</i> (Acc KR232400), <i>Bacillus altitudinis</i> (Acc KF859970), <i>Commomonas</i> (<i>Delftia</i> sp.) (Acc KF859971), y <i>Estenotrofomona maltofila</i> (Acc KF859973), con plantas de alfalfa y maíz en combinación con fertilizante para remediar los lodos aceitosos	Se mezcló lodo aceitoso suelo en una proporción 30:70, y se agregaron nitrato amonio y fosfato de diamonio (DAP) a una tasa de 70 μ g / g con el consorcio (10 ⁶ células / ml). Se extrajeron diferentes hidrocarburos mediante extracción Soxhlet y examinaron mediante cromatografía de gases detector de ionización de llama (GC-FID).
28	2015	Plant, Soil and Environment	Poland	FITODEGRADACIÓN	Wyszowska J. Borowik A. y Kucharski J.	The resistance of <i>Lolium perenne</i> L. x <i>hybridum</i> , <i>Poa pratensis</i> , <i>Festuca rubra</i> , <i>F. arundinacea</i> , <i>Phleum pratense</i> and <i>Dactylis glomerata</i> to soil pollution by diesel oil and petroleum	determinar el nivel de resistencia de pastos seleccionados a la contaminación por diesel y petróleo utilizando el experimento de maceta.	Se recolectaron muestras de tierra vegetal a una profundidad de 20 cm. En cuanto a la composición granulométrica se determinó la cantidad de arena franca, cuyas principales características se presentan en la Tabla 1 y se determinan de acuerdo con los procedimientos proporcionados en el trabajo de Borowik et al. (2007b).
29	2018	International Journal of Phytoremediation	USA	FITOACUMULACIÓN	Noori A. et al	<i>Leucanthemum vulgare</i> lam. crude oil phytoremediation (el objetivo principal de esta investigación fue determinar cambios en las propiedades bioquímicas de <i>L. vulgare</i> siguiente exposición.	La concentración se seleccionó en base a la tolerancia de <i>L. vulgare</i> a las concentraciones de aceite de motor se encuentran típicamente en el medio ambiente. Nuestro estudio preliminar mostró que <i>L. vulgare</i> no puede tolerar concentraciones de 12,5 - 100 mg / l de petróleo crudo (datos no mostrados).

30	2016	Revista de Chimie	RUMANIA	FITODEGRADACIÓN	Masu S. et al	Lolium perenne - A phytoremediation option in case of total petroleum hydrocarbons polluted soils	Tratamientos adecuados del suelo con fertilizante, es decir, lodos de depuradora y cenizas volantes como enmienda, 2. Selección de especies vegetales, 3. Trabajos agronómicos de acuerdo con la posición geográfica y condiciones climáticas.	Nuestro experimento se realizó en macetas con $91,73 \pm 1$ [gKg ⁻¹ MS (materia seca)] suelo contaminado con hidrocarburos de petróleo (THC) totales, fertilizados con lodos de depuradora y cenizas volantes 60 [tha ⁻¹] derivadas de la quema de combustibles fósiles en centrales térmicas.
31	2018	Revista Internacional Contaminación Ambiental	POLAND	FITOACUMULACIÓN	Hernández I. Navas G. y Infante C. et al	The resistance of Lolium perenne L. x hybridum, Poa pratensis, Festuca rubra, F. arundinacea, Phleum pratense and Dactylis glomerata to soil pollution by diesel oil and petroleum	eterminar el nivel de resistencia de las gramíneas seleccionadas a la contaminación por diesel y petróleo. usando el experimento de la olla.	En la biodegradación de hidrocarburos de petróleo (THC) el papel principal fue interpretado por el proceso de biorremediación bacteriana (procedimiento de fertilización realizado para activar la microflora indígena capaz de degradar hidrocarburos de petróleo biodegradables), mientras que la fitorremediación apoyó el proceso en un rango de 17-23.1%.
32	2018	Journal of Environmental Management	VENEZUELA	FITOACUMULACIÓN	Dudai N. et al	Phytoremediation of Megathyrus maximus in heavy crude-oil contaminated soils	se estudió la capacidad del pasto Megathyrus maximus para fitorremediar un suelo contaminado con petróleo extra pesado, a través de los cambios durante 120 días	En el presente trabajo se estudió la capacidad del pasto Megathyrus maximus para fitorremediar un suelo contaminado con petróleo extra pesado, a través de los cambios durante 120 días en el contenido de hidrocarburos totales de petróleo y de indicadores de actividad microbiológica en el suelo (actividad de la enzima deshidrogenasa, biomasa de carbono microbiano y respiración basal), los cuales fueron evaluados en dos tratamientos: uno en suelos contaminados donde se trasplantó Megathyrus maximus y otro en suelos contaminados sin la planta. Las diferencias entre los tratamientos fueron pequeñas pero significativas.

33	2018	Science of the Total Environment	ISRAEL	FITODEGRADACIÓN	Lacalle R. et al	Agronomic and economic evaluation of Vetiver grass (<i>Vetiveria zizanioides</i> L.) as means for phytoremediation of diesel polluted soils in Israel	utilización del pasto vetiver (<i>Vetiveria zizanioides</i> L.) para suelos contaminados por diesel	Una evaluación económica realizada con base en principios del análisis de costo-beneficio (CBA), utilizando el Valor Actual Neto (VAN) comparado con el costo de fitorremediación con otros procedimientos de descontaminación actualmente.
34	2018	Science of the Total Environment	ESPAÑA	FITODEGRADACIÓN	Sun L. et al	<i>Brassica napus</i> has a key role in the recovery of the health of soils contaminated with metals and diesel by rhizoremediation	el uso combinado de fitorremediación y biorremediación, se ha propuesto como una opción de remediación suave para rehabilitar suelos multicontaminados.	Se llevó a cabo un experimento de fitotróf de dos meses utilizando dos suelos, es decir, enmendado y sin enmendar materia orgánica. Los suelos fueron contaminados artificialmente con Zn, Cu y Pb (1500, 500 y 50 mg/kg respectivamente) y diesel (6 mg/kg (-1)). Después de un período de estabilización, los suelos fueron tratados con nZVI y sembrados con <i>B. napus</i> .
35	2019	Ecotoxicol Environ Saf	REPÚBLICA CHECA	FITOESTIMULACIÓN	Košnář Z. et al	Ability of natural attenuation and phytoremediation using maize (<i>Zea mays</i> L.) to decrease soil contents of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) derived from biomass fly ash in comparison with PAHs-spiked soil	Se realizó un experimento con marihuana de 120 días para comparar la capacidad de atenuación natural y fitorremediación.	Se llevó a cabo un experimento en macetas de 120 días para comparar la capacidad de enfoques de atenuación natural y fitorremediación para eliminar hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) del suelo modificado con cenizas volantes de biomasa contaminada con HAP. La eliminación de PAHs del suelo tratado con cenizas volantes se comparó con la del suelo enriquecido con PAH.

36	2018	Contaminación del suelo y los sedimentos: una revista internacional	REPUBLICA CHINA	FITODEGRADACIÓN	Wang H. et al	Influence of Celery on the Remediation of PAHs-contaminated Farm Soil	se seleccionó el apio como fitorremediador y se estudiaron la actividad enzimática del suelo, los microorganismos que degradan los PAH y la especiación de los PAH en el suelo.	El invernadero se construyó en la década de 1980 y el carbón activado se utilizó como combustible en invierno. La concentración de HAP fue de 690,10 ± 5,16 µg / kg en la capa superficial de suelo cultivado (0-20 cm de profundidad). El pH del suelo osciló entre 6,87 y 7,17 medidos con un medidor de pH
37	2018	Science of The Total Environment	AUSTRIA	FITODEGRADACIÓN	Wawra A. et al	Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in a mixed contaminated soil supported by phytostabilisation, organic and inorganic soil additives	Realizamos un experimento de incubación por lotes para probar el efecto de las enmiendas del suelo (biocarbón, lodos de grava, óxidos de hierro) sobre la inmovilización de oligoelementos.	Para monitorear la degradación microbiana, se introdujo una etiqueta de 13 C-PLFA (fenantreno) en el suelo para el análisis de 13 C-PLFA (ácido graso de fosfolípidos). Las enmiendas del suelo aumentaron el pH del suelo y redujeron la movilidad de NH 4 NO 3- oligoelementos extraíbles Cd y Zn, y aumentaron Cu móvil.
38	2019	Springer International Publishing	FRANCIA	FITOACUMULACIÓN	Matsoum P. et al	Potentialities of Six Plant Species on Phytoremediation Attempts of Fuel Oil-Contaminated Soils	investiga el potencial de fitorremediación de seis especies de plantas: Goosegrass (Eleusine indica), Bermuda grass (Cynodon dactylon), Sessile joyweed (Alternanthera sessilis), Benghal dayflower (Commelina benghalensis), Lovanga (Cleome ciliata) y Chinese violet (Asystasia gangetica) —en suelos contaminados con fuel oil	. Los experimentos consideramos tres modalidades: Tn: suelos plantados no contaminados, Tc: suelos contaminados plantados y Tp: suelo plantado contaminado —Disposición aleatoria. Solo tres (E. indica, C. dactylon y A. sessilis) de las especies sobrevivieron, mientras que las otras murieron un mes después del comienzo de los experimentos.

39	2019	Revista de producción más limpia	BELGICA	FITOACUMULACIÓN	Kiamarsi Z. et al	Conjunction of Vetiveria zizanioides L. and oil-degrading bacteria as a promising technique for remediation of crude oil-contaminated soils	estudiar el rendimiento del crecimiento, la tolerancia al petróleo y la potencia de eliminación de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) del vetiver	Por lo tanto, se realizó experimento de invernadero controlado para estudiar el rendimiento del crecimiento y tolerancia al petróleo y potencia de eliminación de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) del vetiver y las bacterias degradantes de hidrocarburos durante período de 120 días en suelos contaminados con diversas concentraciones de aceite (0, 4, 6, 8, 10 y 12% p / p).
40	2019	Industry, Innovation, And Infrastructure for Sustainable Cities and Communities	COLOMBIA	FITOESTIMULACIÓN	Hernández C. Rodríguez C. y Oviedo R. et al	Evaluación de la efectividad en la recuperación de aguas contaminadas por hidrocarburos, mediante la técnica de Fitorremediación utilizando Pasto Vetiver	se basó en el estudio y evaluación de un tratamiento alternativo, para la reducción de la carga contaminante de las aguas residuales de producción, generadas en el Campo de Chichemene ubicado en la Región Oriental del país.	se basó en fases, donde en la primera se realizó un diagnóstico del proceso de producción de hidrocarburos en un campo petrolero, en la segunda fase se investigó el estado de la técnica del proceso de fitorremediación de las aguas de producción, utilizando la técnica del pasto vetiver, en la tercera y última fase, se seleccionaron algunas alternativas de tratamiento de agua junto con el cultivo piloto de vetiver que reducen la carga contaminante de las aguas de producción de un campo petrolero.
41	2017	Revista Internacional Contaminación Ambiental	CUBA	FITOACUMULACIÓN	Torres E. et al	Potencialidad de Paspalum densum en la fitorremediación de suelos contaminados con petróleo	Este trabajo describe un estudio preliminar en el que se determinó la capacidad fitorremediadora de Paspalum densum (cortadera)	Fueron utilizadas dos muestras de suelos contaminados con 40000 ppm de petróleo; las que se repartieron en 10 vasijas. En 7 de las vasijas se plantó Paspalum densum x2 y las tres vasijas restantes se tomaron como referencias para determinar la pérdida de petróleo en el suelo sin los efectos de la planta (X)

42	2020	Revista internacional de contaminación ambiental	MEXICO	FITODEGRADACIÓN	Galindo E. et al	EVALUACIÓN DE LA FITOTOXICIDAD DE ACEITE AUTOMOTRIZ USADO CON Vicia faba Y Phaseolus coccineus	determinar el efecto fitotóxico de los hidrocarburos residuales del aceite automotriz usado, el cual fue tratado previamente por degradación microbiana	se realizó una comparación de los tratamientos con un análisis de varianza multivariado y prueba de comparación de medias post-hoc de Tukey a nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para determinar si existían diferencias significativas entre pares de medias de cada tratamiento
43	2019	Chemosphere	MALASIA	FITODEGRADACIÓN	Almansoori F. et al	Response and capability of <i>Scirpus mucronatus</i> (L.) in phytoremediating petrol-contaminated soil	analizar y evaluar la capacidad de <i>Scirpus mucronatus</i> (L.) para tolerar y eliminar la gasolina en suelos contaminados.	Esta investigación se realizó durante 72 días utilizando 5, 10 y 30 kg de gasolina como contaminantes del suelo.
44	2020	Environmental Science and Pollution Research	POLAND	FITOACUMULACIÓN	Agnieszka B. Warmiński K. y Adamas B. et al	Long-term responses of Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) and European beech (<i>Fagus sylvatica</i> L.) to the contamination of light soils with diesel oil	El objetivo de este estudio fue evaluar las respuestas de pinos escoceses y hayas europeas cultivadas durante 8 años en suelos contaminados con gasoil.	Se analizaron parámetros morfológicos y fisiológicos seleccionados de árboles.

45	2018	Chemosphere	REINO UNIDO	FITODEGRADACIÓN	Dickson U. et al	Investigating the potential of sunflower species, fermented palm wine and <i>Pleurotus ostreatus</i> for treatment of petroleum-contaminated soil	Se investigó el tipo de vino y <i>P. ostreatus</i> para tratar suelos contaminados con petróleo.	El estudio involucró muestreo de suelos contaminados con petróleo y tratamiento con los agentes fitorremediadores por un período de 90 días.
46	2016	Scientific African	NIGERIA	FITOACUMULACIÓN	Adesipo A. Freese D. y Nwadinigwe A. et al	Prospects of in-situ remediation of crude oil contaminated lands in Nigeria		Los estudios de investigación han realizado ex situ experimentos en macetas o invernaderos o series experimentales a pequeña escala.
47	2016	International Journal of Plant & Soil Science	NIGERIA	FITODEGRADACIÓN	Anikwe M. et al	Assessment of Some Tropical Plants for Use in the Phytoremediation of Petroleum Contaminated Soil: Effects of Remediation on Soil Physical and Chemical Properties	evaluar la eficacia de la fitorremediación como herramienta de limpieza de suelos contaminados con diesel (AGO).	El diseño se dividió en parcelas en un diseño de bloques completos al azar (RCBD) con dos enmiendas de suelo (suelo contaminado con petróleo y suelo no contaminado) y ocho plantas principales y ocho plantas secundarias [Soja (<i>Glycine max</i>), cacahuate (<i>Vigna unguiculata</i>), maní (<i>Arachis hypogaea</i>), ñame africano (<i>Sphenostylis stenocarpa</i>), pasto vetiver (<i>Chrysopsis zizanioides</i>), maíz (<i>Zea mays</i>), pasto alfombra (<i>Axonopus fissifolius</i>) y pasto laja (<i>Heteropogon contortus</i>)] consistieron en subparcelas.
48	2016	International Journal of Environmental Science and Development	EGIPTO	FITOACUMULACIÓN	Gouda A. et al	Evaluation of Phytoremediation and Bioremediation for Sandy Soil Contaminated with Petroleum Hydrocarbons	Se realizaron experimentos para investigar la capacidad de diferentes tratamientos en la remediación de suelos arenosos contaminado con diferentes niveles de TPH.	la tasa más alta de eliminación de TPH durante los primeros 15 días desde el inicio de la remediación. Después de eso, el proceso de eliminación de TPH se volvió más lento hasta el día 30. Entonces, no se observó una diferencia significativa para la eliminación hasta el final de los experimentos.

49	2016	Revista Latinoamericana de Recursos Naturales	MEXICO	FITOACUMULACIÓN	Santoyo G. et al	Biorremediación y fitorremediación de suelo impactado por 85,000 ppm de aceite residual automotriz	Los objetivos de esta investigación fueron: a) BIS del suelo impactado por 85.000 ppm de WRO; b) PHYTO por Phaseolus vulgarispotencias con M. echinospora y / o S. griseusto reducen WRO a un valor menor que el más alto aceptado por la NOM-138.	Los datos experimentales fueron analizados por ANOVA / Tu HSDP <0.05% con el programa estadístico Statgraphics Centurion.
50	2015	Journal of the Selva Andina Research Society	BOLIVIA	FITODEGRADACIÓN	Cisneros G. et al	Bioestimulación de suelo contaminado con 10000 ppm de aceite residual automotriz y fitorremediación con Cicer arietinum potenciado con Bacillus cereus y Rhizobium etli	Los objetivos de este trabajo fueron: i) bioestimulación de un suelo contaminado con 10000 ppm de ARA con lombricomposta y ii) ulterior Fitorremediación con Cicer arietinum y Bacillus cereus /Rhizobium etli.	En la BS del suelo la variación en la respuesta fue la concentración del ARA, mientras en la Fitorremediación la fenología y biomasa de Cicer arietinum y la concentración del ARA remanente

Anexo 3: Fichas De Recolección De Datos

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°1		
TÍTULO: Uso de <i>Leersia hexandra</i> (Poaceae) en la fitorremediación de suelos contaminados con petróleo fresco e intemperizado		
REVISTA INDEXADA: REVISTA DE BIOLOGIA TROPICAL	IDIOMA: Español	AÑO: 2016
AUTORES: Arias A. et al		
OBJETIVOS: Determinar la capacidad fitorremediadora de <i>L. hexandra</i>		
METODOLOGÍA: Las variables evaluadas a los tres y seis meses fueron 1) densidad microbiana de las bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre totales (BFN), del grupo <i>Azospirillum</i> (AZP) y <i>Azotobacter</i> (AZT), por cuenta viable en placa seriada; 2) producción de materia seca total (MS), se cuantificó por el peso seco por gravimetría, y 3) el porcentaje de descontaminación de los hidrocarburos (DSC) por extracción en equipo soxhlet.		
RESULTADOS: En suelos con HTPF, la población de BFN, AZP y AZT se estimuló hasta cinco veces más que el tratamiento testigo.		
CONCLUSIONES: Estos resultados demuestran la habilidad del <i>L. hexandra</i> para desarrollar una rizósfera con alta densidad de BFN, producir biomasa vegetal y fitorremediar Gleysols con petróleo fresco e intemperizado en ambientes tropicales inundados		
TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN: FITODEGRADACIÓN O FITOTRANSFORMACIÓN		

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°2**TÍTULO:**

Efecto de la concentración de hidrocarburos sobre la producción del pasto (Brachiaria humidicola) en Texistepec, Veracruz

REVISTA INDEXADA:

REVISTA INTERNACIONAL DE BOTANICA EXPERIMENTAL

IDIOMA:

Español

AÑO:

2016

AUTORES: Adams R. Álvarez A. Castañón N

OBJETIVOS:

Determinó empíricamente la relación entre la concentración de petróleo crudo extrapesado - meteorizado en un material arcilloso y la toxicidad aguda, capacidad de campo, temperatura y crecimiento de un pasto tropical forrajero (Brachiara humidicola)

METODOLOGÍA:

La relación entre la concentración de hidrocarburos y biomasa aérea se presentó como una función típica de dosis-respuesta ($r = 0,99$), en donde una concentración de 2626 mg/kg de hidrocarburos corresponde a una manutención de 90% o más de biomasa.

RESULTADOS:

La biodegradación fue proporcional a la producción de biomasa ($r = 0,997$)

CONCLUSIONES:

Indicaron una relación sinérgica entre los microorganismos biodegradadores de hidrocarburos del petróleo en la rizósfera del pasto.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN O FITOTRANSFORMACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°3**TÍTULO:**

Mediational influence of spent mushroom compost on phytoremediation of black-oil hydrocarbon polluted soil and response of *Megathyrus maximus* Jacq

REVISTA INDEXADA:

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2017

AUTORES:
Dare M. et al
OBJETIVOS:
Se probó la influencia del compost de setas gastado (SMC) en la fitorremediación del suelo contaminado con hidrocarburos de petróleo negro y en la respuesta de <i>Megathyrus maximus</i> (guinea hierba).
METODOLOGÍA:
Los estudios se llevaron a cabo en condiciones de microcosmos mezclando diferentes concentraciones de SMC viz., 10, 20, 30 y 40% en un 5 kg de suelo contaminado junto con el control. Semillas de <i>M. maximus</i> se sembró en bandeja durante dos semanas y se le permitió crecer por altura de 10 cm y se trasplantó a las diferentes macetas experimentales.
RESULTADOS:
Planta sola (control) redujo el contenido de metales pesados y PAH del suelo, pero mejoras adicionales se observaron en los tratamientos SMC, también se observaron resultados similares en lo que respecta a la eficiencia de fitorremediación (PE) de la planta, los fitomas y las tasas fotosintéticas potenciales (m mol O ₂ M ⁻² S ⁻¹).
CONCLUSIONES:
SMC soporta la remediación y también mejora las evaluaciones anatómicas, por lo tanto, recomendamos el uso de SMC en respuesta de <i>Megathyrus maximus</i> Jacq para la remediación de la fitorremediación basada en petroquímicos.
TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:
FITOESTIMULACIÓN O BIODEGRADACIÓN RIZOSFERICA MEJORADA

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°4		
TÍTULO:		
Conjunction of <i>Vetiveria zizanioides</i> L. and oil-degrading bacteria as a promising technique for remediation of crude oil-contaminated soils		
REVISTA INDEXADA:	IDIOMA:	AÑO:
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	INGLES	2019
AUTORES:		
Kiamarsia Z. et al		
OBJETIVOS:		
Se llevó a cabo un experimento para estudiar el rendimiento del crecimiento, la tolerancia al petróleo y el petróleo total.		
METODOLOGÍA:		

Durante un período de 120 días en suelos contaminados con diversas concentraciones de aceite (0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12% p / p). Los resultados mostraron que el contenido de clorofila (Chl) ay Chl b disminuyó en suelos contaminados, aunque el contenido de carotenoides aumentó.

RESULTADOS:

El resultado reveló que la disminución de los TPH estuvo en el rango de 47-77% por vetiver, 53.3-87.4% por bacterias, y 57,5-84,6% por tratamientos de bacterias vegetales.

CONCLUSIONES:

Por tanto, esta planta podría utilizarse eficazmente para limpieza de suelos contaminados con petróleo crudo, particularmente en presencia de bacterias degradantes.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN O BIODEGRADACIÓN RIZOSFERICA MEJORADA

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°5

TÍTULO:

Suelo impactado por 90000 ppm de aceite residual automotriz: bioestimulación y fitorremediación

REVISTA INDEXADA:

JOURNAL OF THE SELVA ANDINA RESEARCH SOCIETY

IDIOMA:

ESPAÑOL

AÑO:

2019

AUTORES:

De la Cruz I. et al

OBJETIVOS:

Los objetivos de esta investigación fueron: i) BIS de un suelo impactado por 90000 ppm de ARA, ii) FITO mediante *C. arietinum* con *Micromonospora echinospora* y *Penicillium chrysogenum* para decrecer el ARA a valor inferior al máximo aceptado

METODOLOGÍA:

En suelo la variable-respuesta de la BIS fue la concentración inicial y final de ARA por Soxhlet, en la FITO se registró la fenología y biomasa de *C. arietinum* a plántula. Los datos experimentales se analizaron por ANOVA/Tukey HSD $P < 0.05\%$.

RESULTADOS:

Los resultados muestran que la BIS y FITO en suelo impactado por 90000 ppm de ARA, lo decrecieron hasta 1200 ppm, valor numérico estadísticamente distinto comparado con suelo con 79000 ppm de ARA sin BIS ni FITO o control negativo.

CONCLUSIONES:

Se concluye que en suelo impactado por una relativa alta concentración de ARA la BIS y FITO fue estrategia integral suficiente para ser recuperado.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN O BIODEGRADACIÓN RIZOSFERICA MEJORADA

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°6

TÍTULO:

Bioestimulación de suelo contaminado con 40000 ppm de aceite residual automotriz y fitorremediación con *Cicer arietinum* y *Burkholderia cepacia*

REVISTA INDEXADA:

JOURNAL OF THE SELVA ANDINA RESEARCH SOCIETY

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2016

AUTORES: Ramírez M. et al

OBJETIVOS: Bioestimulación del suelo contaminado con 40000 ppm de ARA con lombricomposta y/o composta bovina, ii) Fitorremediación con *Cicer arietinum* y *Burkholderia cepacia* para decrecer el ARA a un valor inferior al máximo permisible por la NOM-138"

METODOLOGÍA: Esta investigación se realizó en el invernadero del Laboratorio de Microbiología Ambiental

RESULTADOS: Los resultados indicaron que la bioestimulación del suelo con 40000 ppm de ARA por composta bovina, lo eliminó a 24000 ppm en 49 días. Posteriormente la fitorremediación mediante *C. arietinum* y *B. cepacia* a madurez fisiológica lo decrecieron hasta 2760 ppm, concentración menor a la máxima aceptada por la NOM-138.

CONCLUSIONES: Lo anterior apoya que en la biorremediación de suelo impactado con una relativa elevada concentración de ARA, la mejor opción fue la integración de la bioestimulación y fitorremediación, que aplicar cada una por separado.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN O BIODEGRADACIÓN RIZOSFERICA MEJORADA

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°7

TÍTULO:

Bioestimulación de suelo impactado por aceite residual automotriz, y fitorremediación mediante *Phaseolus vulgaris* con *Micromonospora echinospora* y *Streptomyces griseus*

REVISTA INDEXADA:	IDIOMA:	AÑO:
JOURNAL OF THE SELVA ANDINA RESEARCH SOCIETY	INGLES	2019

AUTORES: Rodríguez A. et al

OBJETIVOS: Los objetivos de esta investigación fueron: i) BIS de suelo contaminado por 85000 ppm de ARA, ii) FITO mediante P.vulgaris con M. echinospora y/o S. griseus en el decremento del ARA a valor menor máximo

METODOLOGÍA: En la BIS, la variable-respuesta fue la concentración inicial y final de ARA, en la FITO se sembró P. vulgaris mediante la fenología: altura de planta, longitud radical, biomasa: peso fresco/seco aéreo y radical de la plántula. Los datos experimentales se analizaron por ANOVA/Tukey HSDP<0.05% con el programa estadístico Statgraphics Centurion

RESULTADOS: Los resultados indicaron que la BIS del suelo por 85000 de ARA la decreció hasta 29000 ppm en 150 días, en la FITO mediante P. vulgaris con M. echinospora M. echinospora y/o S. griseus la disminuyeron hasta 1492 ppm en 180 días.

CONCLUSIONES: Se concluye que la BIS/FITO del suelo contaminado por una relativa alta concentración de ARA, fue la alternativa para solucionar este problema ambiental.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN O BIODEGRADACIÓN RIZOSFERICA MEJORADA

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°8

TÍTULO:

"Bioestimulación de suelo impactado con aceite residual automotriz y fitorremediación con Zea Mays"

REVISTA INDEXADA:	IDIOMA:	AÑO:
PRODUCCION MAS LIMPIA	INGLES	2016

AUTORES: Saucedo C. Márquez L. y Sánchez J.

OBJETIVOS: "

Una solución alternativa es la bioestimulación (BIS) con un abono animal y/o vegetal luego fitorremediación (FITO) con una gramínea tolerante a hidrocarburos (HICO) e inocular con: Burkholderia cepacia y Rhizobium etli, y decrecer la concentración de ARA a valor inferior al máximo aceptado

METODOLOGÍA: El suelo contaminado con 45.000 ppm de ARA se bioestimuló por lombricomposta y composta bovina al 3 %. Luego de la BIS y FITO del suelo contaminado por el ARA; suconcentración inicial y final se determinó por Soxhlet; en la FITO se incluyó la fenología de Z. mays: altura de la planta y longitud de la raíz; y biomasa: peso fresco aéreo y radical, peso seco aéreo y radical de Z. mays

RESULTADOS: La BIS de suelo contaminado con 45,000 ppm de ARA por lombricomposta y composta bovina, lo redujo a 21.000 ppm; luego la FITO mediante Z. mays y B. cepacia la disminuyó a 1,822 ppm valor inferior al máximo permitido

CONCLUSIONES: La integración de la BIS de suelo contaminado por 45,000 ppm de ARA mediante composta bovina y lombricomposta seguida de la FITO por Z. mays y B. cepacia, fue eficaz para su remediación que la aplicación individual, para que el valor final del ARA haya sido inferior al máximo aceptado

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOSTIMULACIÓN O BIODEGRADACIÓN RIZOSFERICA MEJORADA

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°9

TÍTULO:

Biorremediación de suelo contaminado con 75000 ppm de aceite residual automotriz por bioestimulación y fitorremediación con Sorghum vulgare y Bacillus cereus y/ o Burkholderia cepacia

REVISTA INDEXADA:

JOURNAL OF THE SELVA ANDINA RESEARCH SOCIETY

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2015

AUTORES: "Balderas L. y Sánchez J.

OBJETIVOS: Los objetivos de este trabajo fueron: a) biorremediar un suelo contaminado con 75000 ppm de ARA por doble y secuencial bioestimulación, Y posterior b) fitorremediación con S. vulgare y las BPCV. El suelo contaminado con ARA se biorremedio por BS primero con solución mineral (SM), una segunda BS con Phaseolus vulgaris y BPCV incorporada como abono verde (AV), después por fitorremediación con S. vulgare y las BPCV para minimizar el ARA"

METODOLOGÍA: Se realizó en el invernadero del laboratorio de Microbiología Ambiental

RESULTADOS: Los resultados indicaron que la biorremediación del suelo por doble y secuencial BS: con SM el ARA decreció a 32500 ppm/30 días y con P. vulgare; lo disminuyo hasta 10100 ppm/90 días. Su fitorremediación para minimizar el ARA remanente con S. vulgare y BPCV a floración lo redujo de 2500 ppm a 800 ppm.

CONCLUSIONES: Ello apoya que biorestaurar un suelo impactado con elevada concentración de ARA; la mejor es la integración de la BR/FR, que su aplicación por separado

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN O BIODEGRADACIÓN RIZOSFERICA MEJORADA

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°10**TÍTULO:**

Biorecuperación y fitorremediación de suelo impactado por aceite residual automotriz

REVISTA INDEXADA:

JOURNAL OF THE SELVA ANDINA RESEARCH SOCIETY

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2018

AUTORES: Bravo J. et al

OBJETIVOS: Los objetivos de esta investigación fueron: a) bioestimulación (BIS) de suelo impactado por 75000 ppm de ARA con solución mineral (SOMI) y Vicia sativa o abono verde (AVE) y b) Fitorremediación (FITO) mediante Sorghum bicolor potenciado con Burkholderia vietnamiensis y Penicillium chrysogenum para decrecer el ARA

METODOLOGÍA: Este experimento se realizó en un suelo franco-arenoso, pobre en materia orgánica, de tipo laterítico que se tamizó, solarizó (para reducir plagas y enfermedades vegetales) y contaminó con 75000 ppm de ARA, proveniente de un taller automotriz. El suelo se colocó en el sistema hidropónico de jarras de Leonard.

RESULTADOS: Los resultados señalaron que la BIS con SOMI y V. sativa redujeron el ARA de 75000 a 36700 ppm, mientras que la FITO mediante S. bicolor con B. vietnamiensis y P. chrysogenum lo disminuyeron de 36700 a 790 ppm, valor inferior al máximo aceptado

CONCLUSIONES: Lo anterior indica que en suelo la BIS con SOMI y V. sativa o AVE, lo enriquecieron con minerales N (nitrógeno) P (fosforo), principales limitantes nutricionales de la microbiota heterotrófica aerobia nativa, para mineralizar parcialmente el ARA, y concluir con la FITO mediante S. bicolor tratado con B. vietnamiensis/P. chrysogenum para su biorecuperación y decrecerlo a valor inferior al máximo aceptado

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN O BIODEGRADACIÓN RIZOSFERICA MEJORADA

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°11**TÍTULO:**

Prospección de especies arbóreas para la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, Amazonas, Perú

REVISTA INDEXADA:

Revista Forestal del Perú

IDIOMA:**AÑO:**

	INGLES	2020
--	--------	------

AUTORES: Yoplac K. et al

OBJETIVOS: tuvo como objetivo principal determinar qué especies nativas acumulan HTP (Hidrocarburos Totales del Petróleo) de forma natural

METODOLOGÍA: para ello se recolectó e identificaron las especies que habitaban en el área afectada, estas fueron seleccionadas, procesadas y analizadas para cuantificar la concentración de HTP en las estructuras de la planta (hoja, raíz, tallo y fruto).

RESULTADOS: Los resultados indican que las especies *Piptocoma discolor*, *Theobroma cacao*, *Jacaranda copaia*, *Cedrela sp.* y *Schizolobium parahyba* tienen la capacidad de bioacumular HTP en sus tejidos de forma natural; sobresaliendo la especie *Piptocoma discolor* que presentó mayor concentración en sus hojas con 28.306 mg.kg⁻¹, seguida por *Theobroma cacao* con 7.171 en raíz y 6.162 mg.kg⁻¹ en tallo.

CONCLUSIONES: el análisis estadístico realizado muestra que ninguna especie tiene superioridad sobre la otra, respecto a la acumulación de este contaminante, por lo tanto, se requieren de más estudios similares con estas especies para poder afirmar que son fitorremediadoras de suelos afectados por HTP

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN O BIODEGRADACIÓN RIZOSFERICA MEJORADA

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°12

TÍTULO:

Biorremediación y fitorremediación de un suelo impactado por aceite residual automotriz con *Helianthus annuus* y *Burkholderia vietnamiensis*

REVISTA INDEXADA:

Journal of the Selva Andina Research Society

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2017

AUTORES: Escalante S. et al

OBJETIVOS: El objetivo de esta investigación fue biorremediar suelo contaminado con 20000, 30000 y 45000 ppm de ARA por BS con una solución mineral, *Vicia sativa* o abono verde, seguido de la FR mediante *Helianthus annuus* y *Burkholderia vietnamiensis* para decrecer el ARA a valores inferiores

METODOLOGÍA: En la BR del suelo con 20000, 30000 y 45000 ppm de ARA se aplicó la BS doble y secuencial: primero con una solución mineral aplicada una vez por semana durante 12 semanas. Para la segunda BS del suelo con ARA se sembraron 10 semillas de *V. sativa* en 30

macetas con suelo sin ARA, cuando la leguminosa alcanzó el estadio fisiológico de plántula equivalente a 25 días después de su siembra se barbecho e incorporo al suelo en forma de abono verde al 1.5% y se dio un tiempo de mineralización de 6 semanas. Al finalizar este periodo se midió la concentración de ARA por Soxhlet

RESULTADOS: Los resultados revelaron que la adecuada integración de la BS mediante sales de N (nitrógeno) y P (fósforo) y K (potasio) de la solución mineral, complementado con la BIS por moléculas orgánicas de C (carbono), y de N, así como de vitaminas e activación de microbiana por la incorporación de *V. sativa* redujo lo suficiente la concentración del ARA, para facilitar la capacidad de degradación vegetal y de *B. vietnamiensis* para minimizar el ARA, lo suficiente para decrecer el ARA a valores inferiores al máximo reconocido por la Nom-138 Semarnat/ISS-2003"

CONCLUSIONES: Se concluye que la BS secuencial, complementaria y acumulativa o integral, por enriquecimiento con nutrientes inorgánicos, orgánicos, acción microbiana, seguida de la PR mediante *H. annuus* y *B. vietnamiensis* que fueron eficaces en la eliminación del ARA"

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN O BIODEGRADACIÓN RIZOSFERICA MEJORADA

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°13

TÍTULO:

"Laguncularia racemosa (Combretaceae) y bacterias terrestres asociadas medio siglo después de la contaminación crónica por hidrocarburos"

REVISTA INDEXADA:

REVISTA BIOLOGIA TROPICAL

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2019

AUTORES: López J. et al

OBJETIVOS: El objetivo era evaluar la distribución espacial del total hidrocarburos de petróleo (THP) en suelo orgánico, la densidad de población de bacterias que promueven el crecimiento de las plantas, en la respiración microbiana en el rizoplasma (RI), rizosfera (RZ) y en suelo no rizosférico (NRS) de *L. racemosa*.

METODOLOGÍA: Durante 1967 y 1968 se evaluó un área de 8 000 m² de un Histosol afectado y lodo de perforación del pozo de petróleo

RESULTADOS: La mayor acumulación de TPH fue de 22 962 mg kg⁻¹, se extrajo del NRS en S4. Las densidades más altas de bacterias fijantes N (NFB), P solubilizadores, *Azospirillum* y *Azotobacter* fueron bioestimulados por la presencia de altos niveles de THP en el suelo, sin embargo, se inhibió la respiración microbiana.

CONCLUSIONES: Los resultados sugieren que *L. racemosa* es sostenible en suelos con aceite de envejecimiento, y es un bioestimulador de la actividad microbiana para la atenuación natural.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN O BIODEGRADACIÓN RIZOSFERICA MEJORADA

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°14**TÍTULO: BIOESTIMULACIÓN Y BIORREMEDIACIÓN DE RECORTES DE PERFORACIÓN CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS****REVISTA INDEXADA: REVISTA INTERNACIONAL CONTAMINACION AMBIENTAL****IDIOMA:
ESPAÑOL****AÑO:
2017****AUTORES: Rivera P. et al****OBJETIVOS: El uso de métodos de biorremediación puede reducir la concentración de hidrocarburos en estos materiales hasta niveles aceptables.****METODOLOGÍA:**

Las mezclas de suelo y recortes de perforación contaminados con hidrocarburos, procedentes de pozos de extracción de gas natural, se vertieron e incubaron por más de un año en celdas de biorremediación de 1.0 × 1.2 × 0.4 m. La proporción suelo:recorte en las mezclas fue de 1:1.5. Se estudiaron dos suelos de uso agrícola y uno de vegetación natural.

RESULTADOS: El contenido de hidrocarburos disminuyó significativamente cuando los recortes mezclados con suelo se incubaron dentro de las celdas con la adición de N y P, llegando la concentración hasta alrededor de 3000 mg/kg de hidrocarburos totales, que es el límite máximo permitido en suelos agrícolas por la Norma**CONCLUSIONES:**

La bioestimulación de los microorganismos del suelo con nutrientes N y P, humedad y aireación aumentó la descomposición de los hidrocarburos y propició la biorremediación de los recortes de perforación.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN O BIODEGRADACIÓN RIZOSFERICA MEJORADA

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°15

TÍTULO:

Application of Festuca arundinacea in phytoremediation of soils contaminated with Pb, Ni, Cd and petroleum hydrocarbons

REVISTA INDEXADA:

Ecotoxicology and Environmental Safety

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2020

AUTORES: Steliga T. y Kluk D.

OBJETIVOS:

Probar la aplicación de capacidad fitorremediadora de Festuca arundinacea en suelos contaminados por hidrocarburos

METODOLOGÍA:

Seguimiento toxicológico utilizando ecotoxicología de nueva generación. El suelo con F. arundinacea asistido con fertilización fue monitoreado mediante pruebas toxicológicas: Microtox SPT

(inhibición de la luminiscencia de *V. fischeri*), Ostracodtoxkit F (mortalidad, inhibición del crecimiento de *Heterocypris incongruens*) y MARA (crecimiento de 11 microorganismos) y Phytotoxkit F (evaluación de la germinación, inhibición de la raíz crecimiento: *Sorghum saccharatum*, *Lepidium sativum* y *Sinapis alba*). La sensibilidad de las pruebas toxicológicas utilizadas fue comparable y aumentado en el orden: MARA <Ostracodtoxkit <Microtox.

RESULTADOS:

En la biodegradación de hidrocarburos de petróleo (TPH), el papel principal fue interpretado por el proceso de biorremediación básica (procedimiento de fertilización realizado para activar la microflora indígena capaz de hidrocarburos de petróleo biodegradables), mientras que la fitorremediación apoyó este proceso dentro de un rango de 17.4 a 23.1%. produjeron los siguientes porcentajes de disminución después de 6 meses: Pb (25,4-34,1%), Ni (18,7-23,8%), Cd (26,3-46,7%), TPH (49,4-60,1%). mientras que la fitorremediación mejoró este proceso en un 17.4-23.1%.

CONCLUSIONES:

Indican una disminución de la toxicidad del suelo. durante la fitorremediación asistida por el proceso de fertilización con Festuca arundinacea, que se correlaciona con una Disminución de la cantidad de impurezas nocivas contenidas en suelos sometidos la fitorremediación.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOACUMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°16**TÍTULO:**

Evaluation of the Potential of Burningbush (*Kochia scoparia* (L.) Schard) and Maize (*Zea mays* L.) and the Role of Soil Organic Amendment in Phytoremediation of Gasoline-Contaminated Soils

REVISTA INDEXADA:

International Journal of Environmental Research

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2017

AUTORES: Daryabeigi A. y Hoveidi H.

OBJETIVOS: Se llevó a cabo un estudio en invernadero para investigar el comportamiento de arbustos ardientes (*Kochia scoparia* (L.) Schard) y maíz (*Zea mays* L.) en la remoción de hidrocarburos de suelos contaminados con diferentes niveles de gasolina."

METODOLOGÍA:

Se llevó a cabo un estudio en invernadero para investigar el comportamiento de arbustos ardientes (*Kochia scoparia* (L.) Schard) y maíz

RESULTADOS:

Ambos estudiaron planta se encontró que las especies toleran la contaminación por gasolina hasta la concentración más alta aplicada, es decir, 10,000 mg / kg; sin embargo, La emergencia de plántulas y el crecimiento posterior se vieron afectados en presencia de varios niveles de gasolina en el suelo.

CONCLUSIONES:

La influencia positiva de la enmienda del suelo con turba en el crecimiento de las plantas y el desempeño de la fitorremediación fue lograda. La capacidad de remediación de ambas especies de plantas se vio alterada por la variación en el contenido de gasolina del suelo.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOACUMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°17**TÍTULO:**

Potential of wheat (*Triticum aestivum* L.) and pea (*Pisum sativum*) for remediation of soils contaminated with bromides and PAHs

REVISTA INDEXADA:

Ecotoxicology and Environmental Safety

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2018

--	--	--

AUTORES: Shtangeeva I. Perämäki P. et al

OBJETIVOS:

Probar la aplicación de capacidad fitorremediadora de Festuca arundinacea en suelos contaminados por hidrocarburos

METODOLOGÍA:

Se recogió el suelo para los experimentos de un sitio ligeramente contaminado por algunos HAP. Antes de plantar, el suelo se expuso a 20 mg de Br / kg del suelo.

RESULTADOS:

Los resultados del análisis de agrupamiento de las muestras de suelo tomadas de raíces de plantas después del crecimiento de guisantes y trigo plántulas en el suelo enriquecidas con KBr y NaBr.

CONCLUSIONES:

Pea fue capaz de influir más eficazmente la disminución de HAP en el suelo de la rizosfera en comparación con el trigo. Los resultados experimentales demostraron una buena capacidad de las plantas para limpiar los suelos contaminado con compuestos orgánicos e inorgánicos.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOACUMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°18

TÍTULO:

Phytoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils with two plant species: Jatropha curcas and Vetiveria zizanioides at Ghana Manganese Company Ltd

REVISTA INDEXADA:

International Journal of Phytoremediation

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2020

AUTORES: Nero B.

OBJETIVOS: El estudio investigó los efectos de Jatropha curcas (JC) y Vetiveria zizanioides (VZ) sobre los niveles de concentración de hidrocarburos en los escombros de las minas.

METODOLOGÍA:

Se adoptó un arreglo factorial de tratamientos $2 \times 2 \times 3$ en un diseño completamente al azar con 3 repeticiones.

RESULTADOS:

Con las enmiendas de compost, JC causó 78.8 y 82.2% y VZ causó 51.1 y 39.7% de disminución en las concentraciones de TPH y TOG en el suelo, respectivamente, después de 16 semanas.

CONCLUSIONES:

Se concluye que la fitorremediación, particularmente con JC, es un medio alternativo para reducir los niveles de concentración de hidrocarburos en el suelo. Sin embargo, los suelos deben enmendarse con compost para una remediación eficaz y un crecimiento temprano, rápido y vigoroso de las plantas.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°19

TÍTULO:

Phytoremediation of a petroleum-polluted soil by native plant species in Lorestan Province, Iran

REVISTA INDEXADA:

ENVIRONMENTAL PLANNING AND MANAGEMENT

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2018

AUTORES: Hatami E. Abbaspour A. y Dorostkar V. et al

OBJETIVOS:

En esta investigación, se estudió la influencia de dos especies de plantas (*Bromus tectorum* L. y *Festuca arundinacea*) con diferentes enmiendas que incluyen hongos micorrízicos arbusculares, residuos de alfalfa y solución nutritiva sobre la tasa de degradación de los hidrocarburos de petróleo en el suelo.

METODOLOGÍA:

Se realizó un experimento factorial con diseño completamente al azar con tres repeticiones. Para esto estudio, la muestra de suelo se seleccionó de un sitio contaminado por compuestos de petróleo debido a la corrosión oleoductos en el este de Khorramabad, Lorestán, Irán.

RESULTADOS:

Los resultados mostraron que el tratamiento más eficaz para la remediación del petróleo estaba relacionado con la planta *B. tectorum* L. cuando se trataba con hongos micorrízicos y solución nutritiva. La tasa de degradación durante 40 días fue de aproximadamente 83,27% en comparación con el control.

Los resultados indicaron el hecho de que la eliminación de PH aumenta al mejorar el suelo condiciones para el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, la inoculación de hongos micorrízicos junto con materiales orgánicos y solución nutritiva aplicaciones mejora las condiciones del suelo para el mejor crecimiento de *B.tectorum* L. y *F. arundinacea*, degradando o eliminando los PH.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°20

TÍTULO:

Effectiveness of the Zea mays-Streptomyces association for the phytoremediation of petroleum hydrocarbons impacted soils

REVISTA INDEXADA:

Ecotoxicology and Environmental Safety

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2019

AUTORES: Baoune H. et al

OBJETIVOS:

El objetivo principal del presente estudio fue investigar el desempeño del sistema planta-actinobacterias para la remediación de suelos contaminados con petróleo crudo e hidrocarburos aromáticos policíclicos puros (HAP).

METODOLOGÍA:

Se pesaron diez gramos de cada muestra de suelo individual en 20 MI Se agregaron viales de vidrio y 10 mL de pentano. Los viales se agitaron un agitador horizontal a 120 oscilaciones por minuto durante 1 h.

RESULTADOS:

Streptomyces sp. Hlh1 demostró la capacidad de crecer en PAH como única fuente de carbono y energía, alcanzando una eliminación de hidrocarburos del 63%, 93% y 83% para el fenantreno, pireno y antraceno, respectivamente.

CONCLUSIONES:

Como se resume en este artículo, los datos presentan la evidencia de que *Zea mays* es capaz de remediar suelos Contaminados con hidrocarburos de petróleo y su capacidad de remediación se mejora mediante la inoculación del *Streptomyces* sp. endofítico.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOACUMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°21

TÍTULO:
"Spatial Distribution of Oil and Biostimulation Through the Rhizosphere of Leersia hexandra in Degraded Soil"

REVISTA INDEXADA: Water Air Soil Pollut	IDIOMA: INGLES	AÑO: 2016
---	--------------------------	---------------------

AUTORES: Maldonado . et al

OBJETIVOS:
evaluar la distribución espacial de los hidrocarburos de petróleo totales (TPH) en rizoplano y no rizosfera de Leersia hexandra

METODOLOGÍA:
se recolectaron en 14 puntos en una superficie de 2,3 ha, capa 1 (0 a 15 cm de profundidad), capa 2 (15-30 cm) y capa 3 (30-70 cm), para medir TPH (mg kg⁻¹).

RESULTADOS:
La zona 2 produjo la mayor cantidad de biomasa; Hormesis inducida por aceite en la hierba, pero inhibida a dosis ≥ 5574 . Para la rizosfera de L.hexandra

CONCLUSIONES:
Recomendamos el uso de L. hexandra para recuperar suelos degradados por hidrocarburos meteorizados en fincas ubicadas en el trópico húmedo mexicano.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:
FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°22

TÍTULO:
Enhanced degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the rhizosphere of sudangrass (Sorghum × drummondii)

REVISTA INDEXADA: Chemosphere	IDIOMA: ESPAÑOL	AÑO: 2020
---	---------------------------	---------------------

AUTORES:

Dominguez J. et al

OBJETIVOS:

Se llevó a cabo un experimento en macetas para probar la capacidad de cuatro pastos para eliminar los HAP del suelo y para investigar el cambio correspondiente de la comunidad bacteriana en la rizosfera de cada uno.

METODOLOGÍA:

En el estudio se utilizaron cuatro pastos, a saber: festuca alta (*Festuca arundinacea*), sudangrass (*Sorghum x drummondii*), perenne raigrás (*Lolium perenne*) y raigrás italiano (*Lolium multiflorum*). Las semillas se adquirieron de Takii & Co., Ltd (Miyagi, Japón).

RESULTADOS:

Sudangrass logró la máxima eliminación de PAH con una tasa de disipación del 98% después de 20 días.

CONCLUSIONES:

Se estudió sugirió que los pastos sudan mejoró aún más la disipación de PAH al enriquecer Sphingomonadales en su rizosfera.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°23

TÍTULO:

Enhancing *Salix viminalis* L.–mediated phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbon–contaminated soil by inoculation with *Crucibulum laeve* (white-rot fungus)

REVISTA INDEXADA: Investigación en ciencias ambientales y contaminación	IDIOMA: INGLES	AÑO: 2019
---	--------------------------	---------------------

AUTORES:

Ma X. et al

OBJETIVOS:

Evaluamos si el WRF *Crucibulum laeve* podría mejorar la fitorremediación del suelo contaminado con HAP por *Salix viminalis* L.

METODOLOGÍA:

Se realizó un experimento en macetas de 60 días para investigar los efectos de la inoculación de *C. laeve* (utilizando dos tratamientos de inoculación y un tratamiento no inoculado control) sobre el potencial de fitorremediación, crecimiento y metabolismo antioxidante de *S. viminalis* cultivado en suelos contaminados con HAP.

RESULTADOS:

El *S. viminalis* - *C. laeve* asociación causó sinérgicamente la mayor tasa de eliminación de PAH. En el tratamiento de *S. viminalis* - *C. laeve*, el 80% de la concentración biológica y los factores de translocación para todos los tejidos de *S. viminalis* eran > 1, mientras que sólo el 20% de estos factores eran > 1 cuando se usaba *S. viminalis* solo.

CONCLUSIONES:

La fitorremediación con *S. viminalis* inoculado con *C. laeve* puede considerarse un enfoque viable para la fitorremediación de suelos contaminados con HAP.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°24**TÍTULO:**

Hormesis under oil-induced stress in *Leersia hexandra* Sw. used as phytoremediator in clay soils of the Mexican humid tropic

REVISTA INDEXADA:

Ecotoxicología volumen

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2019

AUTORES:

Orocio J. et al

OBJETIVOS:

investigar el efecto del aceite sobre el crecimiento, la producción de biomasa, la biosíntesis de la proteína cruda de la hierba *Leersia hexandra* y la eliminación de aceite del suelo.

METODOLOGÍA:

"Los resultados mostraron diferentes respuestas de *L. hexandra* dependiendo de la edad, las bajas concentraciones de aceite indujeron un aumento significativo en la longitud del estolón, en tasa de crecimiento relativa, en la producción de materia seca y en la biosíntesis de proteína cruda"

RESULTADOS:

Después de 180 días de exposición, la rizosfera de *L. hexandra* se logró una remoción total de aceite de $76,7 \pm 4$; 61,7, 51, 44,6, 38 y 52% en suelos que inicialmente contenían 7,9, 54, 102, 126, 145 y 238 g de aceite.

CONCLUSIONES:

El efecto de la rizosfera sobre la eliminación de aceite en el día 180 fue menor que el del suelo no rizosférico. La correlación general entre la dosis y la eliminación fue muy negativo significativo.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°25

TÍTULO:

Phytoremediation efficacy assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons contaminated soils using garden pea (*Pisum sativum*) and earthworms (*Eisenia fetida*)

REVISTA INDEXADA:

Chemosphere

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2020

AUTORES:

Kenday A. et al

OBJETIVOS:

En este estudio, el nivel de toxicidad residual de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) después de 120 días de fitorremediación con cinco especies de plantas diferentes: - maíz (*Zea*

mays), pasto de Sudán (*Sorghum sudanense*), vetiver (*Vetiveria zizanioides*), girasol (*Helianthus*) annuus) y wallaby grass (*Austrodanthonia* sp.)

METODOLOGÍA:

. El análisis de la concentración de PAH se realizó mediante cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) con Zorbax Eclipse Column XDB - C18 (Agilent Technologies 1200) como se describe en nuestro estudio anterior (Sivaram et al., 2018a). La concentración de HAP en el suelo contaminado antes del inicio del experimento de fitorremediación (0 th día) fue de 995,4 mg kg⁻¹

RESULTADOS:

Considerando que, la concentración de PAH en el suelo al final del experimento de fitorremediación utilizando diferentes especies de plantas (120 días después plantación), fueron 162.7, 194.9, 369.8, 392.4 y, 447.4, mg kg⁻¹ para maíz, pasto de Sudán, vetiver, girasol y pasto wallaby respectivamente

CONCLUSIONES:

Los resultados de los bioensayos con plantas y lombrices de tierra estuvieron a la par en términos de sensibilidad para detectar la toxicidad de los suelos contaminados con HAP antes y después de la fitorremediación. Además, este estudio enfatiza la signifi cancelacin del uso integrado del anlisis qumico con ensayos biologicos para evaluar el efecto fi cacia de la fitorremediación de suelos contaminados con HAP

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOACUMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°26

TÍTULO:

Oil Sludge Phytoremediation Using Mangrove (*Avicennia marina*, *Xylocarpus granatum*, and *Rhizopora mucronata*)

REVISTA INDEXADA:

International Journal of Advanced Science and Technology

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2020

AUTORES:

Nurul Y et al

OBJETIVOS:

El

propósito de este estudio fue determinar la capacidad de las plántulas de *Avicennia marina*, *Xylocarpus granatum* y *Rhizophora mucronata* en la reducción del nivel de TPH en suelos contaminados con petróleo.

METODOLOGÍA:

se realizó mediante métodos experimentales que utilizaron Diseño Completamente Aleatorio (CRD) con tratamientos: A - *Avicennia marina*; B - *Xylocarpus granatum*; C - *Rhizophora mucronata*; D - Control medio sin adición de lodos de aceite; E - Medio de control para cada manglar y observación de crecimiento. Luego fue seguido por un análisis del nivel de TPH del medio de cultivo y el crecimiento de las plantas.

RESULTADOS:

Los resultados de esta investigación muestran que *R. mucronata* tiene la mejor efectividad para disminuir el TPH en el suelo contaminado con petróleo por 32,82% de 23,72 a 15,94 mg / g, seguido de *X. granatum* con un valor de 29,28% de 26,68 a 18,87 mg / g y *A. marina* un 16,3% de 25,35 a 18,68 mg / g; El lodo oleoso se puede utilizar como contenido complementario para los medios de cultivo de las plántulas de manglar

CONCLUSIONES:

los manglares de especies *A. marina*, *X. granatum*, y *R. mucronata* puede estimular la reducción de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en suelos contaminados con aceite. Las especies de manglares que mostraron los mejores resultados en la disminución de la cantidad de TPH fueron *R. mucronata*. Los residuos de aceite (lodos de aceite) se pueden utilizar como contenido adicional para los medios de plantación de plántulas de manglares.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOACUMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°27

TÍTULO:

Hydrocarbon degradation in oily sludge by bacterial consortium assisted with alfalfa (*Medicago sativa* L.) and maize (*Zea mays* L.)

REVISTA INDEXADA:

IDIOMA:

AÑO:

Chemosphere	INGLES	2020
-------------	--------	------

AUTORES:

Shahzad A. et al

OBJETIVOS:

" estudio fue diseñado para evaluar el potencial de remediación del consorcio bacteriano, a saber. Bacillus cereus (Acc KR232400), Bacillus altitudinis (Acc KF859970), Commomonas (Delftia sp.) (Acc KF859971), y Estenotrofomona maltofila (Acc KF859973), con plantas de alfalfa y maíz en combinación con fertilizante para remediar los lodos aceitosos"

METODOLOGÍA:

" Se mezcló lodo aceitoso con suelo en una proporción de 30:70, y se agregaron nitrato de amonio y fosfato de diamonio (DAP) a una tasa de 70 µ g / gy 7 µ g / g con el consorcio (10⁶ células / ml). Se extrajeron diferentes hidrocarburos mediante extracción Soxhlet y se examinaron mediante cromatografía de gases y detector de ionización de llama (GC-FID)."

RESULTADOS:

" Degradación del (80%) de nortelos alcanos norte C 13 a norte C 29) también se observó en lodos aceitosos. En este estudio, el consorcio junto con Alfalfa y fertilizantes encontraron la opción más eficiente para la remediación de hidrocarburos."

CONCLUSIONES:

" En este estudio, el consorcio junto con Alfalfa y fertilizantes encontraron la opción más eficiente para la remediación de hidrocarburos. Degradación del (80%) de nortelos alcanos norte C 13 a norte C 29) también se observó en lodos aceitosos"

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°28

TÍTULO:

The resistance of Lolium perenne L. × hybridum, Poa pratensis, Festuca rubra, F. arundinacea, Phleum pratense and Dactylis glomerata to soil pollution by diesel oil and petroleum

REVISTA INDEXADA:

Plant, Soil and Environment

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2015

AUTORES: Wyszowska J. Borowik A. y Kucharski J.

OBJETIVOS:

determinar el nivel de resistencia de pastos seleccionados a la contaminación por diesel y petróleo utilizando el experimento de maceta.

METODOLOGÍA:

Se recolectaron muestras de tierra vegetal a una profundidad de 20 cm. En cuanto a la composición granulométrica, se trata de arena franca, cuyas principales características se presentan en la Tabla 1 y se determinan de acuerdo con los procedimientos proporcionados en el trabajo de Borowik et al. (2017a, b).

RESULTADOS:

Entre las 7 especies de gramíneas analizadas, el rendimiento más alto (Figura 1) fue producido por festuca alta (Fa); cultivar raigrás (Lh); y raigrás perenne (Lp), mientras que el más bajo por bluegrass (Pr), festuca roja (Fr) y hierba timothy (Pp). La contaminación del suelo con gasoil y petróleo contribuyó a una disminución significativa en el rendimiento de los cultivos de todas las especies de gramíneas, siendo la disminución menor después de la contaminación del suelo.

CONCLUSIONES:

permitió concluir que los más útiles para la remediación de suelos contaminados con gasoil y petróleo fueron: raigrás perenne, raigrás cultivar y timothy-grass. Su índice de usabilidad fue alto y alcanzó 0,889. Los menos útiles en fitorremediación resultaron ser: festuca roja, pasto de huerto y pasto azul; sus índices de usabilidad variaron de 0.222 (festuca roja) a 0.667 (bluegrass) en promedio

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOACUMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°29

TÍTULO:

Leucanthemum vulgare lam. crude oil phytoremediation

REVISTA INDEXADA:

Chemosphere

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2018

--	--	--

AUTORES:

Noori A. et al

OBJETIVOS:

el objetivo principal de esta investigación fue determinar cambios en las propiedades bioquímicas de *L. vulgare* siguiente exposición.

METODOLOGÍA:

La concentración se seleccionó en base a *L. vulgare*'s tolerancia y concentraciones de aceite que se encuentran típicamente en el medio ambiente. Nuestro estudio preliminar mostró que *L. vulgare* no puede tolerar concentraciones de 12,5 - 15% de petróleo crudo (datos no mostrados).

RESULTADOS:

El contenido de TPH del suelo disminuyó significativa y gradualmente en todos tratamientos a lo largo del tiempo. Más de la mitad del contenido de TPH del suelo se eliminó en 6 meses (hasta 13, 34 y 56% en T2, T4 [datos no mostrados] y T6, respectivamente) mientras reducido solo 4% en controles no plantados después de 6 meses

CONCLUSIONES:

Este estudio demostró que *L. vulgare* puede tolerar hasta un 10% de contaminación por petróleo crudo, mientras que la colonización por hongos micorrízicos se volvió limitada a concentraciones de petróleo crudo superiores al 7.5% (p / p).

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°30

TÍTULO:

Lolium perenne - A phytoremediation option in case of total petroleum hydrocarbons polluted soils

REVISTA INDEXADA:

Revista de Chimie

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2016

AUTORES:

Masu S. et al

OBJETIVOS:

Tratamientos adecuados del suelo con fertilizante, es decir, lodos de depuradora y cenizas volantes como enmienda, 2. Selección de especies vegetales, 3. Trabajos agronómicos de acuerdo con la posición geográfica y condiciones climáticas.

METODOLOGÍA:

Nuestro experimento se realizó en macetas con $91,73 \pm 11,12$ [gKg⁻¹ MS (materia seca)] de suelo contaminado con hidrocarburos de petróleo (TPH) totales, fertilizados con lodos de depuradora y cenizas volantes 60 [tha⁻¹] derivadas de la quema de combustibles fósiles en las centrales térmicas.

RESULTADOS:

La especie vegetal seleccionada para la biorremediación es Lolium perenne. La especie de planta seleccionada Lolium perenne se instala en el 50-90% de la superficie del terreno dando 8 cultivos sucesivos de pasto en la estación cálida. Las reducciones de TPH de suelo contaminado y tratado fueron 38,4-56,3 [%]. La biomasa no bioacumuló como en el límite de detección. Las cantidades de cadmio, plomo y zinc bioacumuladas en las partes aéreas estuvieron por debajo de los límites aceptables. La biomasa obtenida se puede utilizar como pienso para animales o como cama en refugios.

CONCLUSIONES:

Las eficiencias de remediación del suelo de $91,73 \pm 11,12$ [gKg⁻¹ MS] fueron directamente proporcionales a la cantidad de ceniza volante utilizada.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°31

TÍTULO:

The resistance of Lolium perenne L. × hybridum, Poa pratensis, Festuca rubra, F. arundinacea, Phleum pratense and Dactylis glomerata to soil pollution by diesel oil and petroleum

REVISTA INDEXADA:

Revista Internacional Contaminación Ambiental

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2018

AUTORES:

Hernández I. Navas G. y Infante C. et al

OBJETIVOS:

eterminar el nivel de resistencia de las gramíneas seleccionadas a la contaminación por diesel y petróleo.
usando el experimento de la olla.

METODOLOGÍA:

En la biodegradación de hidrocarburos de petróleo (TPH), el papel principal fue interpretado por el proceso de biorremediación básica (procedimiento de fertilización realizado para activar la microflora indígena capaz de hidrocarburos de petróleo biodegradables), mientras que la fitorremediación apoyó este proceso en un rango de 17.4 a 23.1%.

RESULTADOS:

La mayor degradación se determinó en el caso de BTEX, C6 – C12 bencina e hidrocarburos de 2 y 3 anillos, mientras que el más bajo en el caso de los hidrocarburos de 5 y 6 anillos y Aceites C12 – C25. mientras que la fitorremediación apoyó este proceso en un rango de 17.4 a 23.1%.

CONCLUSIONES:

Las pruebas confirmaron la eficacia satisfactoria de la fitorremediación utilizando Festuca arundinacea.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°32

TÍTULO:

Phytoremediation of Megathyrsus maximus in heavy crude-oil contaminated soils

REVISTA INDEXADA:

Journal of Environmental Management

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2018

AUTORES:

Dudai N. et al

OBJETIVOS:

se estudió la capacidad del pasto Megathyrsus maximus para fitorremediar un suelo contaminado con petróleo extra pesado, a través de los cambios durante 120 días

METODOLOGÍA:

En el presente trabajo se estudió la capacidad del pasto *Megathyrsus maximus* para fitorremediar un suelo contaminado con petróleo extra pesado, a través de los cambios durante 120 días en el contenido de hidrocarburos totales de petróleo y de indicadores de la actividad microbiológica en el suelo (actividad de la enzima deshidrogenasa, biomasa del carbono microbiano y respiración basal), los cuales fueron evaluados en dos tratamientos, uno en suelos contaminados en donde se trasplantó *Megathyrsus maximus* y otro en suelos contaminado sin la planta. Las diferencias entre tratamientos fueron pequeñas pero significativas

RESULTADOS:

s. Los resultados mostraron que en 120 días el contenido de hidrocarburos se redujo en un 17.1 %, en el tratamiento con *M. maximus* y en 9.8 % en el tratamiento sin plantas. Las fracciones de los hidrocarburos que disminuyeron fueron las de aromáticos y saturados para el tratamiento con *M. maximus* y la de aromáticos para el tratamiento sin plantas

CONCLUSIONES:

El tratamiento con pastos mostró cambios en el tiempo para todos los indicadores bioquímicos y microbiológicos evaluados, mientras que el tratamiento sin pastos sólo para la actividad de la enzima deshidrogenasa y el coeficiente metabólico. La actividad microbiana fue siempre mayor o similar en el tratamiento con plantas, probablemente por la presencia de una rizósfera que favorece dicha actividad.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°33**TÍTULO:**

Agronomic and economic evaluation of Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* L.) as means for phytoremediation of diesel polluted soils in Israel

REVISTA INDEXADA:

Science of the Total Environment

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2018

AUTORES:

Lacalle R. et al

OBJETIVOS:

utilizacion del pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.) para suelos contaminados por diesel

METODOLOGÍA:

Una evaluación económica realizada con base en los principios del análisis de costo-beneficio (CBA), utilizando el Valor Actual Neto (VPN) comparado con la fitorremediación con otros procedimientos de descontaminación usados actualmente.

RESULTADOS:

El análisis químico del suelo indicó una disminución de hasta un 79% ($P < .05$) en la contaminación por diesel del suelo contaminado plantado con Vetiver; y con altos niveles de contaminación del suelo de 10 L / m², se registró una reducción significativa ($P < .05$) de 96, 96 y 87% a profundidades del suelo de 0-20, 20-40 y 40-60 cm, respectivamente.

CONCLUSIONES:

Combinando los resultados del examen agronómico con la valoración económica, esta investigación señaló que la fitorremediación con Vetiver tiene un potencial nada despreciable,

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°34

TÍTULO:

Brassica napus has a key role in the recovery of the health of soils contaminated with metals and diesel by rhizoremediation

REVISTA INDEXADA:

Science of the Total Environment

IDIOMA:

INGLES

AÑO:

2018

AUTORES:

Sun L. et al

OBJETIVOS:

el uso combinado de fitorremediación y biorremediación, se ha propuesto como una opción de remediación suave para rehabilitar suelos multicontaminados.

METODOLOGÍA:

Se llevó a cabo un experimento de fitotrón de dos meses utilizando dos suelos, es decir, enmendado y sin enmendar con materia orgánica. Los suelos fueron contaminados artificialmente con Zn, Cu y Cd (1500, 500 y 50 mgkg⁻¹), respectivamente) y diesel (6000 mgkg⁻¹). Después de un mes de estabilización, los suelos fueron tratados con nZVI y / o sembrados con B. napus.

RESULTADOS:

Los microorganismos del suelo degradan preferentemente los hidrocarburos diesel de origen biológico (biodiesel). Las plantas tuvieron un impacto positivo notable en la actividad y diversidad

funcional de las comunidades microbianas del suelo. Los nZVI fueron ineficaces como herramientas de remediación del suelo, pero no causaron ninguna toxicidad

CONCLUSIONES:

Concluimos que la rizorremediación con *B. napus* combinada con una enmienda orgánica es prometedora para el fitomanejo de suelos calcáreos con contaminación mixta (metales y diesel)

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°35

TÍTULO:

Ability of natural attenuation and phytoremediation using maize (*Zea mays* L.) to decrease soil contents of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) derived from biomass fly ash in comparison with PAHs-spiked soil

REVISTA INDEXADA:

Ecotoxicol Environ Saf

IDIOMA:

ESPAÑOL

AÑO:

2019

AUTORES:

Košnář Z. et al

OBJETIVOS:

Se realizó un experimento con marihuana de 120 días para comparar la capacidad de atenuación natural y fitorremediación.

METODOLOGÍA:

Se llevó a cabo un experimento en macetas de 120 días para comparar la capacidad de los enfoques de atenuación natural y fitorremediación para eliminar los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) del suelo modificado con cenizas volantes de biomasa contaminada con HAP. La eliminación de PAH del suelo tratado con cenizas se comparó con la del suelo enriquecido con PAH.

RESULTADOS:

La fitorremediación fue el método más eficiente para la remoción de PAH, mientras que la remoción más alta se observó en el caso del suelo tratado con cenizas. El contenido de HAP de bajo peso molecular (BPM) y el total de HAP en este tratamiento disminuyeron significativamente ($P < 0,05$) durante todo el experimento en un 47,6% y un 29,4%, respectivamente. El nivel probado de contaminación del suelo por PAH (~ 1600 μg PAH / kg de

peso seco del suelo) no tuvo efectos adversos sobre el crecimiento del maíz ni sobre el rendimiento de biomasa. A

CONCLUSIONES:

Los resultados mostraron que los HAP de origen de las cenizas eran igualmente susceptibles de ser eliminados que los HAP enriquecidos. La presencia de maíz impulsó significativamente la remoción de HAP del suelo y su biomasa aérea no representó ningún riesgo ambiental. Los resultados mostraron que los HAP de origen de las cenizas eran igualmente susceptibles de ser eliminados que los HAP enriquecidos. La presencia de maíz impulsó significativamente la remoción de HAP del suelo y su biomasa aérea no representó ningún riesgo ambiental.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°36

TÍTULO:

Influence of Celery on the Remediation of PAHs-contaminated Farm Soil

REVISTA INDEXADA: Contaminación del suelo y los sedimentos: una revista internacional

IDIOMA:
INGLES

AÑO:
2018

AUTORES:

Wang H. et al

OBJETIVOS:

se seleccionó el apio como fitorremediador y se estudiaron la actividad enzimática del suelo, los microorganismos que degradan los PAH y la especiación de los PAH en el suelo.

METODOLOGÍA:

El invernadero se construyó en la década de 1980 y el carbón se utilizó como combustible en el invierno. La media

La concentración de HAP fue de $690,10 \pm 5,16 \mu\text{g} / \text{kg}$ en la capa de suelo cultivado (0-20 cm profundo). El pH del suelo osciló entre 6,87 y 7,17 medidos con un medidor de pH

RESULTADOS:

Los resultados mostraron que el apio podría mejorar significativamente la remediación de HAP en comparación con el experimento controlado después de 90 días ($p < 0.01$), y la eficiencia de remoción fue de 31.29%, 30.79% y 50.21% en el suelo, suelo no rizosférico y suelo rizosférico, respectivamente.

CONCLUSIONES:

Mientras tanto, la concentración de PAH en la porción comestible del apio fue de solo $17,13 \pm 1,24 \mu\text{g} / \text{kg}$, y los factores de bioconcentración en la parte aérea del apio fueron de solo 0,025.

Este estudio proporciona una tecnología potencial de fitorremediación de suelos de tierras agrícolas en el sitio que podría tener una utilidad práctica.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°37

TÍTULO:

Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in a mixed contaminated soil supported by phytostabilisation, organic and inorganic soil additives

REVISTA INDEXADA:

Science of The Total Environment

IDIOMA:

ESPAÑOL

AÑO:

2018

AUTORES:

Wawra A. et al

OBJETIVOS:

Realizamos un experimento de incubación por lotes para probar el efecto de las enmiendas del suelo (biocarbón, lodos de grava, óxidos de hierro) sobre la inmovilización de oligoelementos.

METODOLOGÍA:

Para monitorear la degradación microbiana, se introdujo una etiqueta de 13 C-PHE (fenantreno) en el suelo para el análisis de 13 C-PLFA (ácido graso de fosfolípidos). Las enmiendas del suelo aumentaron el pH del suelo, redujeron la movilidad de NH₄⁺ NO₃⁻ oligoelementos extraíbles Cd y Zn, y aumento de Cu móvil.

RESULTADOS:

Las concentraciones de PAH se mantuvieron constantes en el suelo durante los 30 días de incubación, a excepción del 13 C-PHE fácilmente disponible en el tratamiento modificado. Además, las enmiendas del suelo aumentaron la movilidad del Cu y As del suelo y disminuyeron la movilidad del Cd, Pb y Sb. La absorción de oligoelementos por las hojas fue baja. Σ 16 HAP de la EPA de EE. UU.

CONCLUSIONES:

Se redujeron significativamente solo en el tratamiento combinado de la langosta negra y enmiendas del suelo después de 12 meses de crecimiento de la planta. La fitorremediación asistida por enmiendas del suelo mostró una alta eficiencia en la disipación de PAH y puede ser una técnica de remediación útil para suelos mixtos contaminados.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°38

TÍTULO:

Potentialities of Six Plant Species on Phytoremediation Attempts of Fuel Oil-Contaminated Soils

REVISTA INDEXADA:

Springer International Publishing

IDIOMA:

ESPAÑOL

AÑO:

2019

AUTORES:

Matsodoum P. et al

OBJETIVOS:

investiga el potencial de fitorremediación de seis especies de plantas: Goosegrass (*Eleusine indica*), Bermuda grass (*Cynodon dactylon*), Sessile joyweed (*Alternanthera sessilis*), Benghal dayflower (*Commelina benghalensis*), Lovanga (*Cleome ciliata*) y Chinese violet (*Asystasia gangetica*) —en suelos contaminados con fuel oil

METODOLOGÍA:

. Los experimentos consideran tres modalidades: Tn: suelos plantados no contaminados, To: suelos contaminados no plantados y Tp: suelo plantado contaminado —Disposición aleatoria. Solo tres (*E. indica*, *C. dactylon* y *A. sessilis*) de las seis especies sobrevivieron, mientras que las otras murieron un mes después del comienzo de los experimentos.

RESULTADOS:

La eficiencia total de remoción de hidrocarburos de petróleo (TPH) fue de 82,56, 80,69 y 77% en suelo plantado con *E. indica*, *C. dactylon* y *A. sessilis*, respectivamente; y 57,25% en suelo no plantado. Según los factores de bioconcentración y translocación, *E. indica* y *A. sessilis* participan en la rizodegradación y fitoextracción de hidrocarburos, mientras que *C. dactylon* solo participa en la rizodegradación.

CONCLUSIONES:

En general, *E. indica* y *C. dactylon* superaron a *A. sessilis* en la capacidad de fitorremediación de suelos contaminados con fueloil. *sessilis* participan en la rizodegradación y fitoextracción de hidrocarburos, mientras que *C. dactylon* solo participa en la rizodegradación.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°39**TÍTULO:**

Conjunction of Vetiveria zizanioides L. and oil-degrading bacteria as a promising technique for remediation of crude oil-contaminated soils

REVISTA INDEXADA:

Revista de producción más limpia

IDIOMA:

ESPAÑOL

AÑO:

2019

AUTORES:

Kiamarsi Z. et al

OBJETIVOS:

"estudiar el rendimiento del crecimiento, la tolerancia al petróleo y la potencia de eliminación de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) del vetiver"

METODOLOGÍA:

Por lo tanto, se realizó un experimento de invernadero controlado para estudiar el rendimiento del crecimiento, la tolerancia al petróleo y la potencia de eliminación de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) del vetiver y las bacterias degradantes de los hidrocarburos durante un período de 120 días en suelos contaminados con diversas concentraciones de aceite (0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12% p / p).

RESULTADOS:

Los resultados revelaron que la disminución de los TPH estuvo en el rango de 47 a 77% por vetiver, 53,3 a 87,4% por bacterias y 57,5 a 84,6% por tratamientos con bacterias vegetales. Los resultados mostraron que la clorofila (Chl) una y Chl bel contenido disminuyó en suelos contaminados, aunque aumentó el contenido de carotenoides. El pasto vetiver no mostró signos de toxicidad y prosperó bien en suelos contaminados aplicando enfoques de supervivencia

CONCLUSIONES:

Por lo tanto, esta planta podría usarse eficazmente para limpiar suelos contaminados con petróleo crudo, particularmente en presencia de bacterias degradantes.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°40**TÍTULO:**

Evaluación de la efectividad en la recuperación de aguas contaminadas por hidrocarburos, mediante la técnica de Fitorremediación utilizando Pasto Vetiver

REVISTA INDEXADA:**IDIOMA:****AÑO:**

Industry, Innovation, And Infrastructure for Sustainable Cities and Communities	ESPAÑOL	2019
---	---------	------

AUTORES:

Hernández C. Rodríguez C. y Oviedo R. et al

OBJETIVOS:

"se basó en el estudio y evaluación de un tratamiento alternativo, para la reducción de la carga contaminante de las aguas residuales de producción, generadas en el Campo de Chichemene ubicado en la Región Oriental del país.

METODOLOGÍA:

se basó en fases, donde en la primera se realizó un diagnóstico del proceso de producción de hidrocarburos en un campo petrolero, en la segunda fase se investigó el estado de la técnica del proceso de fitorremediación de las aguas de producción, utilizando la técnica del pasto vetiver, en la tercera y última fase, se seleccionaron algunas alternativas de tratamiento que, junto con el cultivo piloto de vetiver, reducen la carga contaminante de las aguas de producción en un campo petrolero.

RESULTADOS:

Las alternativas seleccionadas para el tratamiento de aguas de producción en este Campo petrolero, permiten la remoción de grasas y aceites, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos, DQO, DBO, Sales, Cloruros, Bario, plomo, Arsénico y Selenio, arrojando un rango de efectividad del 60% al 98%.

CONCLUSIONES:

El pasto vetiver es una alternativa de solución muy probable para enfrentar la problemática de contaminación en aguas con compuestos derivados del petróleo, por su bajo costo, fácil manejo y promueve eficiencias de remoción de contaminantes del 44 al 98%

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°41

TÍTULO:

"Potencialidad de Paspalum densum en la fitorremediación de suelos contaminados con petróleo"		
REVISTA INDEXADA: Revista Internacional Contaminación Ambiental	IDIOMA: ESPAÑOL	AÑO: 2017
AUTORES: Torres E. et al		
OBJETIVOS: "Este trabajo describe un estudio preliminar en el que se determinó la capacidad fitorremediadora de Paspalum densum (cortadera)"		

METODOLOGÍA:

"Fueron utilizadas dos muestras de suelo contaminadas con 40000 ppm de petróleo; las que se repartieron en 10 vasijas. En 7 de las 10 vasijas se plantó Paspalum densum x2 En las tres vasijas restantes se tomaron como referencias para determinar la pérdida de petróleo en el suelo sin los efectos de la planta (X1). "

RESULTADOS:

"Según la comparación de los datos obtenidos a partir de X1 y X2, Paspalum densum es capaz de eliminar 14536 ppm de 1 Kg de suelo contaminado con 40000 ppm de petróleo al cabo de 75 días"

CONCLUSIONES:

"estos resultados unidos a la capacidad de resistencia a condiciones extremas, hacen de la planta un candidato ideal para la fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos."

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°42

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA FITOTOXICIDAD DE ACEITE AUTOMOTRIZ USADO CON Vicia faba Y Phaseolus coccineus		
REVISTA INDEXADA: Revista internacional de contaminación ambiental	IDIOMA: ESPAÑOL	AÑO: 2020

--	--	--

AUTORES:
Galindo E. et al

OBJETIVOS:
determinar el efecto fitotóxico de los hidrocarburos residuales del aceite automotriz usado, el cual fue tratado previamente por degradación microbiana.

METODOLOGÍA:
se realizó una comparación de los tratamientos con un análisis de varianza multivariado y la prueba de comparación de medias post-hoc de Tukey a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, para determinar si existieron diferencias significativas entre pares de medias de cada tratamiento

RESULTADOS:
Se observó un mayor porcentaje de germinación en las plántulas de *P. coccineus* (78 %), las variables que determinan el monitoreo de toxicidad para estas especies (altura de la planta, grosor del tallo, longitud radicular, volumen radicular y concentración de clorofila) mostraron diferencias significativas entre los tratamientos de suelo con aceite usado y el suelo testigo ($p \leq 0.05$).

CONCLUSIONES:
La especie que tuvo mayor tolerancia a las concentraciones de aceite fue *P. coccineus*, lo que nos permite verificar que aún con una biodegradación microbiana previa, el suelo tratado contiene trazas de hidrocarburos que puede inhibir el crecimiento de *V. faba* y *P. coccineus*.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:
FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°43

TÍTULO:
Response and capability of *Scirpus mucronatus* (L.) in phytotreating petrol-contaminated soil

REVISTA INDEXADA: Chemosphere	IDIOMA: ESPAÑOL	AÑO: 2019
---	---------------------------	---------------------

AUTORES:
Almansoory F. et al

OBJETIVOS:

"analizar y evaluar la capacidad de *Scirpus mucronatus* (L.) para tolerar y eliminar la gasolina en suelos contaminados."

METODOLOGÍA:

"Esta investigación se realizó para 72 días utilizando 5, 10 y 30 g / kg de gasolina como contaminantes del suelo."

RESULTADOS:

"El sistema eliminó 74,9% y 75,8% de TPH, respectivamente. La gasolina (10 g / kg) afectó el crecimiento de las plantas positivamente, lo que fue indicado por el aumento en los pesos secos y húmedos durante el período de investigación."

CONCLUSIONES:

"Los resultados mostraron que el sistema plantado con *S. mucronatus* (L.) tenía un alto potencial para tratar el suelo contaminado con gasolina de 10 g / kg y tenía un eliminación promedio de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) de 82,1%. A 5 y 30 g / kg de gasolina, el plantado"

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°44

TÍTULO:

Long-term responses of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) to the contamination of light soils with diesel oil

REVISTA INDEXADA:

Environmental Science and Pollution Research

IDIOMA:

ESPAÑOL

AÑO:

2020

AUTORES:

Agnieszka B. Warmiński K. y Adomas B. et al

OBJETIVOS:

El objetivo de este estudio fue evaluar las respuestas de pinos escoceses y hayas europeas cultivadas durante 8 años en suelos contaminados con gasoil.

METODOLOGÍA:

Se analizaron parámetros morfológicos y fisiológicos seleccionados de árboles.

RESULTADOS:

El rendimiento de biomasa de los pinos escoceses no se correlacionó significativamente con el aumento de las concentraciones de gasóleo, pero fue más de un 700% mayor que en las hayas europeas. Los pinos escoceses eran más altos y tenían un diámetro de tallo más grande que las hayas europeas durante el estudio de 8 años. El diámetro de los árboles cultivados en el suelo más contaminado se redujo 1,5 veces en los pinos escoceses y más del doble en las hayas europeas. La longitud de las agujas de pino silvestre del tratamiento más contaminado disminuyó en un 50% en relación con las agujas de control. Las agujas más cortas eran las más pesadas

CONCLUSIONES:

Los resultados del estudio indican que el pino silvestre se adapta mejor (crece más rápidamente y produce mayor biomasa) a la contaminación del suelo a largo plazo con gasóleo que la haya europea. En las hayas europeas, la inhibición del crecimiento y la decoloración de las hojas (una disminución en el contenido de clorofila) ya se observaron después del primer año del experimento, lo que indica que las plántulas de 1 año de la haya europea son bioindicadores robustos de contaminación del suelo con aceite diesel.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°45**TÍTULO:**

Investigating the potential of sunflower species, fermented palm wine and *Pleurotus ostreatus* for treatment of petroleum-contaminated soil

REVISTA INDEXADA:

Chemosphere

IDIOMA:

ESPAÑOL

AÑO:

2018

AUTORES:

Dickson U. et al et al

OBJETIVOS:

Se investigó el tipo de vino y *P. ostreatus* para tratar suelos contaminados con petróleo.

METODOLOGÍA:

"El estudio involucrado
muestreo de suelos contaminados con petróleo y tratamiento con los agentes fito y micorremediadores
por un período de 90 días."

RESULTADOS:

"Los resultados obtenidos
reveló hasta 340 g / kg de peso seco de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en los suelos, con remediación

resultados de hasta 69% por el girasol- Helianthus annuus (Pacino gold), 70% por vino de palma fermentado, y 85% por P. ostreatus. "

CONCLUSIONES:

"Si bien la eficiencia de la remediación de las especies de girasol fue proporcional a biomasa, no hubo diferencia significativa en la eficiencia de remediación de los vinos de palma. "

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°46

TÍTULO:

Prospects of in-situ remediation of crude oil contaminated lands in Nigeria

REVISTA INDEXADA:

Scientific African

IDIOMA:

ESPAÑOL

AÑO:

2016

AUTORES:

Adesipo A. Freese D. y Nwadinigwe A. et al

OBJETIVOS: evaluar la eficacia de la fitorremediación como herramienta de limpieza de suelos contaminados con diesel

METODOLOGÍA:

Los estudios de investigación se han realizado ex situ en experimentos en macetas, invernaderos o sitios experimentales a pequeña escala.

RESULTADOS:

CONCLUSIONES:

La fitorremediación es la técnica de tratamiento más preferible y recomendable. Es barato, fácil de administrar (incluso por la comunidad), susceptible de obtener la aceptación pública y restaurar sustento (agricultura y pesca) de los habitantes.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°47

TÍTULO:

"Assessment of Some Tropical Plants for Use in the Phytoremediation of Petroleum Contaminated Soil: Effects of Remediation on Soil Physical and Chemical Properties "

REVISTA INDEXADA:

International Journal of Plant & Soil Science

IDIOMA:

ESPAÑOL

AÑO:

2016

AUTORES:

Anikwe M.
et al

OBJETIVOS: "evaluar la eficacia de la fitorremediación como herramienta de limpieza de suelos contaminados con diesel (AGO)."

METODOLOGÍA:

El diseño se dividió en parcelas en un diseño de bloques completos al azar (RCBD) con dos enmiendas de suelo (suelo contaminado con petróleo y suelo no contaminado con petróleo) para parcelas principales y ocho plantas [Soja (*Glycine max*), caupí (*Vigna unguiculata*), maní (*Arachis hypogaea*), ñame africano frijol (*Sphenostylis stenocarpa*), pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), maíz (*Zea mays*), pasto alfombra (*Axonopus fissifolius*) y pasto lanza (*Heteropogon contortus*)] consistieron en subparcelas

RESULTADOS:

Las plantaciones tuvieron mayor densidad aparente (1,49 g cm⁻³) y menor conductividad hidráulica (8.22 K cm³ hr⁻¹) que el suelo sin tratar. Tratado con petróleo el suelo contenía un valor de porosidad total más bajo (43,75%) y contenido de humedad (7.3%) que el suelo no contaminado.

CONCLUSIONES:

Se recomienda el cultivo de soja en suelos contaminados con petróleo, ya que los análisis de muestras de suelo tomadas a los 90 días después de la siembra, mostró que la soja suprimió la masa densidad y aumento del potasio disponible, calcio intercambiable y intercambiable magnesio del suelo para una fertilidad óptima del suelo reposición para la producción de cultivos

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°48**TÍTULO:**

Evaluation of Phytoremediation and Bioremediation for Sandy Soil Contaminated with Petroleum Hydrocarbons

REVISTA INDEXADA:

International Journal of Environmental Science and Development

IDIOMA:

ESPAÑOL

AÑO:

2016

AUTORES:

Gouda A. et al

OBJETIVOS: "Se realizaron experimentos para investigar la capacidad de diferentes tratamientos en la remediación de suelos arenosos contaminado con diferentes niveles de TPH."

METODOLOGÍA:

"la tasa más alta de eliminación de TPH fue durante los primeros 15 días desde el inicio de la remediación. Después Eso, el proceso de eliminación de TPH se volvió más lento hasta el día 60. Entonces, no se observó una diferencia significativa para TPH eliminación hasta el final de los experimentos."

RESULTADOS:

"Las eficiencias de los diferentes tratamientos siguen el siguiente orden. en la eliminación de TPH; planta de alfalfa + Pseudomonase putida bacterias ≥ planta de alfalfa solamente > Pseudomonase putida bacterias > control."

CONCLUSIONES:

"La eliminación siguió una cinética de primer orden con una constante de velocidad k de 0.059 día⁻¹. Después de 90 días de remediación, la eliminación de TPH puede alcanzar hasta el 99,9% cuando se realiza la fitorremediación con alfalfa empleado."

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°49

TÍTULO: Biorremediación y fitorremediación de suelo impactado por 85,000 ppm de aceite residual automotriz

REVISTA INDEXADA:

Revista Latinoamericana de Recursos Naturales

IDIOMA:

ESPAÑOL

AÑO:

2016

AUTORES:

Santoyo G. et al

OBJETIVOS: Los objetivos de esta investigación fueron: a) BIS del suelo impactado por 85.000 ppm de WRO; b) PHYTO por Phaseolus vulgarispotencias con M. echinospora y / o S. griseusto reducen WRO a un valor menor que el más alto aceptado por la NOM-138.

METODOLOGÍA:

Los datos experimentales fueron analizados por ANOVA / Tukey HSDP <0.05% con el programa estadístico Statgraphics Centurion.

RESULTADOS:

Los resultados indicaron que el BIS del impacto del suelo por 85,000 ppm de WRO hasta 29,000 ppm en 150 días, luego PHYTO por P. vulgaris con M. echinospora y S. griseus disminuyó de 29,000 ppm a 1,492 ppm en 180 días.

CONCLUSIONES:

Se concluye que BIS y PHYTO de suelos impactados por concentraciones relativamente altas de WRO fueron adecuados NOM-138

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITODEGRADACIÓN

FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO N°50

TÍTULO: Bioestimulación de suelo contaminado con 10000 ppm de aceite residual automotriz y fitorremediación con Cicer arietinum potenciado con Bacillus cereus y Rhizobium etli

REVISTA INDEXADA:

Journal of the Selva Andina Research Society

IDIOMA:

ESPAÑOL

AÑO:

2015

AUTORES:

Cisneros G. et al

OBJETIVOS: Los objetivos de este trabajo fueron: i) bioestimulación de un suelo contaminado con 10000 ppm de ARA con lombricomposta y ii) ulterior Fitorremediación con Cicer arietinum y Bacillus cereus /Rhizobium etli.

METODOLOGÍA:

En la BS del suelo la variable respuesta fue la concentración del ARA, mientras en la FR la fenología y biomasa de C. arietinum y la concentración del ARA remanente

RESULTADOS:

Los resultados mostraron que en suelo la BS con lombricomposta al 3% en 3 meses el ARA se redujo a 1370 ppm. En tanto que la FR con C. arietinum y R. etli, redujo el ARA hasta 30 ppm ambos valores inferiores al máximo permitido por la NOM-138.

CONCLUSIONES:

o anterior apoya que, en suelo contaminado con ARA, la mejor opción de biorrestauración, es la estrategia integral BS y FR potenciada con géneros de BPCV.

TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN:

FITOESTIMULACIÓN
