***Experimentación y análisis de algoritmos de búsqueda, ordenamiento e inserción sobre un directorio de archivos, usando C++ en Linux***

Eduardo Montecinos Gatica, Felipe Guevara, Ignacio Pérez, Diego Pérez de Arce

*Escuela de Informática, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.*

**Resumen**

En el ámbito de las ciencias de la computación, la selección adecuada de estructuras de datos constituye un pilar fundamental para la implementación y optimización de sistemas de gestión de información. El presente trabajo explora el rendimiento de operaciones básicas (búsqueda, inserción y eliminación) sobre un vector unidimensional que simula un sistema de archivos, analizando empíricamente los tiempos de ejecución conforme escala el volumen de datos. Además, se analiza la eficiencia de los algoritmos implementados, mediante experimentos controlados sobre directorios con 200.000, 1.000.000 y 10.000.000 archivos. Los resultados obtenidos demuestran la relevancia de la elección crítica, tanto de estructuras de datos, como de algoritmos, evidenciando diferencias de hasta tres órdenes de magnitud (notación Big O)en el rendimiento entre algoritmos secuenciales, y algoritmos eficientes.

**Keywords:**  Estructuras de Datos, Algoritmos, Ordenamiento, Búsqueda, Optimización, Eficiencia.

**Introducción.**

La industria de los hidrocarburos se dedica a la exploración, extracción, producción y comercialización de dos principales tipos de recursos naturales: el petróleo crudo, el cual es utilizado para la creación de combustibles, plásticos, entre otros; y el gas natural, compuesto principalmente de metano, que se utiliza como fuente de energía para calefacción, generación de electricidad, combustible para vehículos y otras aplicaciones industriales. Ambos están compuestos principalmente por hidrocarburos. Esta industria desempeña un papel crucial en la economía global, proporcionando la mayor parte de la energía utilizada en todo el mundo. Sin embargo, las grandes

industrias enfrentan desafíos relacionados con la sostenibilidad y la necesidad de buscar fuentes de energía más limpias y renovables debido a las

preocupaciones sobre el cambio climático y la disponibilidad finita de estos recursos.

Además, la emisión de sustancias contaminantes de la industria de los hidrocarburos al ambiente ha ido en aumento considerablemente, ocasionando perturbaciones en los ecosistemas afectando la estructura y bioprocesos, ya que los hidrocarburos contienen compuestos químicos tóxicos que, si no son tratados correctamente, pueden producir daños en la salud de los seres vivos que habitan en un ecosistema. Para hacer frente a esta problemática existen diversas alternativas de remediación de suelos como la degradación enzimática, la remediación microbiana, la biodegradación, fitorremediación, entre otros. Dentro de la remediación de suelos, uno de los métodos que se ha mostrado como como una solución prometedora a lo largo de los años es la fitorremediación, en particular, la Fitoextracción y la fitodegradación.

(Delgadillo, González, Prieto, Villagómez, Acevedo, 2011) indican que dentro de el propósito de lo que es la fitorremediación, está el reducir la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos que cumplen las condiciones para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes como lo son los hidrocarburos presentes en el ambiente. La fitorremediación, ofrece numerosas ventajas como lo es su amplia aplicabilidad y bajo costo en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad.

Según (Delgadillo, et al. 2011) señalan que la Fitoextracción consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas. La aplicación de esta técnica es la selección de las especies de planta más adecuada para los metales o hidrocarburos presentes y las características del emplazamiento, una vez completado el desarrollo vegetativo de la planta el siguiente paso es cortarlas y proceder a su incineración y traslado de las cenizas a un vertedero de seguridad.

Mientras (Singh y Jain, 2003) señalan que la fitodegradación es cuando las plantas y los microorganismos asociados a ellas degradan los contaminantes orgánicos en productos inofensivos, en este proceso los contaminantes son metabolizados dentro de los tejidos vegetales y las plantas producen enzimas, que ayudan a catalizar la degradación

Aunque es cierto que ambos métodos asociados a la fitorremediación son una alternativa sustentable y de bajo costo para la rehabilitación de ambientes afectados por contaminantes naturales y antropogénicos, dentro de sus desventajas es el tiempo que se demora en llevarse a cabo, esto sucede por diversos factores que crean limitaciones durante el proceso de fitorremediación, factores como: el tipo de suelo contaminado, el tipo de planta que se utiliza, cuanto tiempo tarda esta planta en crecer y degradar o acumular los contaminantes, el tipo de contaminante, entre otros. Es por lo anterior que se necesita un análisis e investigación para poder evaluar que método ya sea Fitodegradacion o Fitoextracción es el óptimo para utilizar cuando un suelo se encuentre contaminado por hidrocarburos, en específico el petróleo y sus derivados.

A partir de esta problemática surge la pregunta ¿Cuál proceso de descontaminación, Fitoextracción y fitodegradación, es más eficiente para remediar suelos contaminados por hidrocarburos? A partir de lo anterior el objetivo de la investigación será Determinar la eficiencia de dos métodos de descontaminación de suelos de hidrocarburos, Fitoextracción y fitodegradación, comparando el tiempo que perdura el proceso y el grado de remediación que se logra durante su aplicación, Señalando que método ha mostrado mejores resultados para poder seguir utilizándolo a futuro.

Se hipotetiza que, dependiendo de las condiciones específicas del suelo y la contaminación, uno de los métodos de fitorremediación será más eficiente que el otro. Esta hipótesis se basa en la diversidad de factores que influyen en la eficiencia de cada método y la necesidad de adaptar la elección del método a las condiciones específicas de cada sitio contaminado

**Material y métodos.**

Esta sección debe considerar la descripción del lugar de estudio (industria visitada) y del procedimiento de investigación. Por lo tanto, esta parte del artículo corresponde a lo que se realiza en cualquier investigación que permite alcanzar los objetivos planteados. Por lo que se deben exponer los procedimientos y metodologías utilizadas (sujetos, técnicas e instrumentos y procedimiento), así como las unidades de análisis (casos, muestras o materiales) y su justificación. La metodología se puede presentar en el artículo subdividida en:

1. Sujeto: Relacionados a la población de la investigación y a la forma en la que se define la muestra.
2. Técnicas e instrumentos: Correspondientes al conjunto de mecanismos, medios o recursos para recolectar la información que permite acercarse a los hechos investigados. Entre las técnicas mas utilizadas para recoger información se encuentran: la entrevista, la encuesta, el experimento, técnicas de fichaje y análisis de documentos.
3. Procedimiento: En este punto se detalla la información acerca de cómo se desarrolló la investigación. Por lo tanto, se debe redactar en tiempo pasado y tercera persona.

**Resultados y discusión.**

**Fitorremediación: Biotecnología para recuperar suelos contaminados por hidrocarburos.**

Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R., & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Indican la contaminación ambiental resulta de la introducción de energía, organismos o sustancias que afectan negativamente los ecosistemas. Puede ser causada por actividades humanas o ser natural. Los contaminantes se dividen en orgánicos (como hidrocarburos y compuestos químicos) e inorgánicos (metales pesados y radionúclidos). La eliminación de contaminantes involucra procesos físicos, químicos y biológicos, como sedimentación, filtración, reacciones químicas y metabolismo microbiano.

La remediación de suelos es un proceso destinado a restaurar o mejorar la calidad del suelo contaminado o degradado, con el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente. Se centra en la identificación, evaluación y aplicación de técnicas para eliminar, reducir o controlar la presencia de sustancias contaminantes en el suelo.

La remediación de suelos implica el uso de diversas estrategias y tecnologías, tanto físicas como químicas, como lo muestra la tabla XX.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Método de remediación** | **Función** | **Desventaja** | **Fuente** |
| Métodos fisicoquímicos | El proceso de extracción con solventes en suelos contaminados para disolver o movilizar los contaminantes presentes, permitiendo su posterior recuperación o tratamiento. | Costosos  Pueden tener impactos ambientales negativos adicionales. | Díaz-Fernández, Lobo, Martín  (2015) |
| Biorremediación microbiana | Acelera la biodegradación natural en variedad de medios (suelo, agua) mediante el empleo de microorganismos naturales o genéticamente modificados. | Solo pueden degradar contaminantes, no ofrece mejoras en la calidad del suelo. | USEPA 1996  Mrozik, A., & Piotrowska-Seget, Z. (2010). |
| Fitorremediación | Degrada, asimila, metaboliza o desintoxica metales pesados, compuestos orgánicos y compuestos radiactivos por medio de la acción combinada de plantas y microorganismos. | El tiempo que puede llevar completar el proceso | (Harvey et al. 2002)[[1]](#endnote-2) |

Dentro de las técnicas mostradas en la tabla xx uno de los métodos más sustentables y eficientes es La fitorremediación, el cual se ha mostrado como método atractivo visual y de bajo costo, que emplean diversas plantas que cumplen con condiciones específicas para interactuar con sustancias nocivas en el medio ambiente. Este enfoque tiene como objetivo eliminar, transferir, estabilizar o destruir contaminantes presentes es la rizosfera

En las últimas décadas, la fitorremediación ha sido ampliamente utilizada para remediar suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo, como gasolina, Diesel, queroseno, aceites lubricantes y crudos pesados (Gerhardt et al., 2009). A pesar de sus beneficios ambientales y económicos en comparación con los métodos físico-químicos, la fitorremediación presenta limitaciones y desafíos, como por ejemplo que la acción de las plantas se limita a la profundidad de penetración de las raíces o aguas poco profundas (Shen et al., 2013). Además, (Thakur et al., 2016) indica que las plantas escogidas para este proceso y que las especies utilizadas son fuente de alimento que, de muchos seres vivos, la fitotoxicidad puede ser un problema en áreas fuertemente contaminadas, ya que representa un riesgo para la cadena alimenticia, por eso se destaca la necesidad de comprender los factores ambientales que influyen en el éxito de la fitorremediación.

Según Cubillos, Paredes, Pulgarín y Gutiérrez (2013), diversos factores deben tenerse en cuenta para llevar a cabo una efectiva fitorremediación. Estos incluyen: la concentración de microorganismos alrededor de las raíces de las plantas, el tipo de raíces, la capacidad de adaptación de la planta a los contaminantes La concentración del contaminante, el régimen de lluvias, la temperatura y radiación solar., entre otros. Además, Cubillos et al. (2013) indican que se debe de considerar los factores específicos para la fitorremediación en suelos, esto incluye la estructura de el mismo suelo, el contenido de materia orgánica, pH, contenido de humedad, actividad microbiana, entre otros factores

Aunque la fitorremediación continúa siendo una estrategia prometedora para la descontaminación de suelos con hidrocarburos, su aplicación debe realizarse con precaución, ya que requiere un monitoreo tanto en el ambiente como en las especies vegetales utilizadas, junto con un diseño adecuado, que incluya medidas para mitigar la transferencia trófica y lixiviación de contaminantes,

Los mecanismos de fitorremediación se dividen acorde al proceso que realiza la planta para fitorremediar el suelo contaminado, como muestra la figura XX. Delgadillo, et al., (2011). Señalan la capacidad de algunas plantas para metabolizar o acumular compuestos orgánicos como hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH´s). Delgadillo-López, et al., (2011). Aclara que Los compuestos alifáticos se degradan fácilmente por oxidaciones sucesivas, aunque cuando hay presencia de alcanos de cadena larga y con estructuras ramificadas es difícil de degradar, en cambio los compuestos aromáticos o cíclicos se degradan a partir de la ruptura del anillo, pero la incorporación de halógenos disminuye la degradabilidad por la estabilización del anillo aromático Delgadillo-López, et al., (2011). Señala que El orden decreciente de biodegradación es, generalmente, n-alcanos > isoprenoides >aromáticos de bajo peso molecular > cicloalcanos > poliaromáticos > moléculas polares (Leahy y Colwell, 1990).

*Figura X. Métodos de la fitorremediación en una planta. Fuente: Sara Bayón Sanz (2015)*

Los microorganismos que habitan en la rizosfera degradan la materia orgánica, los metabolitos generados de esta degradación son absorbidos por las plantas junto con los contaminantes y gases como el nitrógeno y fosforo, a partir de lo anterior para determinar el destino de los contaminantes dentro de la planta hay que considerar diversos parámetros como los es el tipo de planta y las propiedades físicas y químicas de ellas.

Delgadillo-López, et al., (2011). Indica que las plantas metabolizan los compuestos orgánicos a través de tres pasos secuenciales:

Fase I. conversión/activación (oxidación, reducción e hidrólisis) de los compuestos orgánicos lipofílicos.

Fase II. la conjugación de los metabolitos de la fase I a una molécula hidrofílica endógena como los azúcares, aminoácidos y glutationa (Diet y Schnoor, 2001).

Fase III. la compartimentalización de los compuestos orgánicos modificados en las vacuolas o formación de enlaces con los componentes de la pared celular como la lignina y la hemicelulosa. Diagrama

Descripción generada automáticamente

| **Mecanismo de Fitorremediación** | **Descripción** |
| --- | --- |
| Fitovolatilización | Los árboles y otras plantas en crecimiento absorben agua junto con contaminantes. Algunos de estos pueden llegar hasta las hojas y evaporarse o volatilizarse en la atmósfera. |
| Fitoestabilización | Inmoviliza contaminantes a través de su absorción y acumulación en las raíces o bien, reduciendo la movilidad de los contaminantes y evita su propagación |
| Fitoestabilización | Provoca la sujeción y reducción de la biodisponibilidad de los contaminantes mediante la producción de compuestos químicos en la interfaz suelo-raíz, los que inactivan las substancias tóxicas, ya sea por procesos de absorción, adsorción o precipitación |
| Fitoextracción | La absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas. Una vez completado el desarrollo vegetativo de la planta el siguiente paso es cortarlas y proceder a su incineración y traslado de las cenizas a un vertedero de seguridad. |
| Fitodegradación | Las plantas y los microorganismos asociados degradan los contaminantes orgánicos en productos inofensivos, o bien, mineralizarlos hasta CO2 y H2O. |

De acuerdo con la figura XX, existen diversos mecanismos de fitorremediacion, los cuales cumplen con diversas funciones las que se comprenden en la tabla xx

Según Thangavel y Subhuram (2004), dependiendo del tipo de contaminante, y las condiciones del sitio las tecnologías de fitorremediación se pueden utilizar como medio de contención (Rizofiltración, Fitoestabilización) o eliminación (fitodegradación, fitoextracción y fitovolatilización).

Si bien la fitorremediación puede ser una tecnología viable y sustentable, Uno de los mayores inconvenientes de la fitorremediación es que se trata de un proceso muy lento, que puede tomar años o incluso décadas, dependiendo del tipo y concentración de contaminantes (Gerthardt et al., 2009). Esto se debe a que la absorción y

*Tabla XX, elaboración propia, información extraída de ( Cubillos, Paredes, Pulgarin, & Gutiérrez, 2013)*

metabolización de los contaminantes por las plantas y microorganismos es un proceso biológico que opera a escalas temporales extensas.

Dentro de los métodos de fitorremediación que sirve para la eliminación de contaminantes, los cuales dentro de los procesos industriales son más eficientes que los métodos que se encargar de contener los contaminantes, destaca la Fitoextracción o también conocida como Fitoacumulación, esta según la tabla XX, absorbe metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas. Una vez completado el desarrollo vegetativo de la planta el siguiente paso es cortarlas y proceder a su incineración y traslado de las cenizas a un vertedero de seguridad, Delgadillo-López, et al., (2011). Señala que el primer paso para la aplicación de esta técnica es la selección de las especies de planta más adecuada para los contaminantes presentes y las características del emplazamiento, además que la Fitoacumulación se puede repetir ilimitadamente hasta que la concentración remanente de metales en el suelo esté dentro de los límites considerados como aceptables.

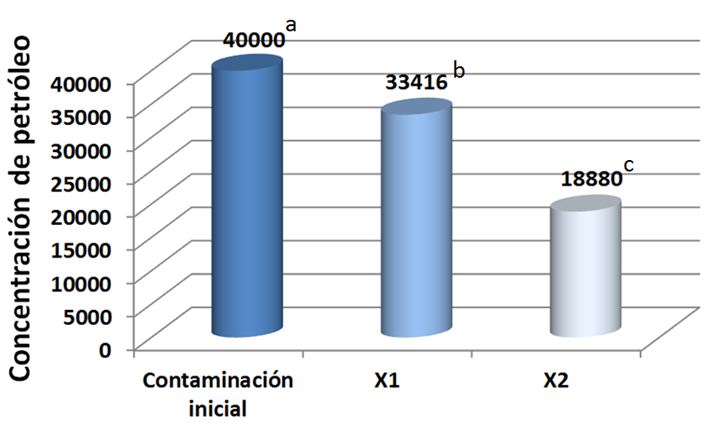
Por otro lado como otro método de contención es la fitodegradación es la capacidad de las plantas y microorganismos asociados que degradan los contaminantes orgánicos en productos inofensivos o los mineraliza hasta transformarlos en CO2 y H2O, Delgadillo-López, et al., (2011). Indica que es ideal para fitodegradar contaminantes como los hidrocarburos halogenados, Bisfenol A, PAHs y pesticidas organoclorados y organofosforados.

**Comparación entre dos métodos de fitorremediación: Fitoextracción y Fitodegradación**

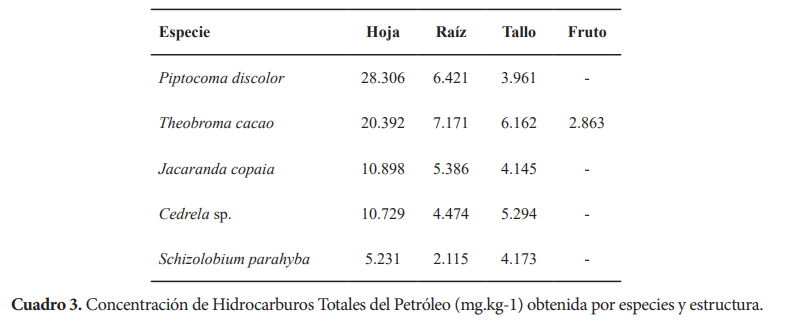
Para poder identificar que método comparado entre fitoextracción y fitodegradación es más viable para poder implementarlo en un suelo contaminado por hidrocarburos, es especifico el petróleo y sus derivados, se deben estudiar ambos métodos a profundidad.

Partiendo por la Fitoextracción, que como se mencionó en el capítulo anterior se encarga de la absorción del contaminante por la raíz de la planta. Las plantas que se utilizan en el proceso de Fitoextracción se caracterizan por su alta tolerancia y efectividad en la acumulación del contaminante y además son fáciles de cosechar (Vangronsveld et al., 2009.) Las plantas utilizadas remueven, transfieren, estabilizan, y/ o concentran los contaminantes en el suelo o agua. Este tipo de remediación exige incinerar las plantas posteriormente a su aplicación, ya que los contaminantes quedan permanentes en el cuerpo 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), ( Torres, et. al, 2019)indica que el método de fitoextraccion ha demostrado ser un mecanismo eficiente para eliminar BTEX, disolventes clorados e hidrocarburos alifáticos de cadena corta porque su KOW varía entre 1, 0-3, 5. Los compuestos que tienen un Kow > 4 son compuestos hidrófobos y, por lo tanto, no pueden incorporarse fácilmente a las raíces de la planta (Khan et al., 2013), por otro lado está la fitodegradación, el cual según la tabla XX permite la absorción de contaminantes y transformarlos a moléculas más simples como el CO2 y H2O, (XXXX) indica que luego los incorpora esta moléculas a los tejidos de la planta y así ayudarla en su crecimiento, este proceso es catalizado por enzimas y proteínas de las plantas con el fin de generar una ruptura en las moléculas contaminantes (de-Bashan et al., 2012). La fitodegradación tiene lugar en tres pasos: primero la conversión mediante reacción de oxidación-reducción, segundo la conjugación entre aminoácido y azúcar, y finalmente la incorporación del contaminante a la planta a través de sus orgánulos (vacuola y pared celular) (Dietz & Schnoor, 2001). La fitodegradación ha presentado resultados eficientes en la degradación de compuestos orgánicos como halogenados, Bisfenol A, PAHs y pesticidas organoclorados y organofosforados.

Durante las últimas décadas se han realizado diversos estudios donde se analiza la eficiencia de ambos métodos, por un lado utilizando el método de extracción asistida por ultrasonido ( Torres, Yainer, Yanisel Salgado, & Rodisnel , 2019) indica que en Cuba se utilizó la planta Paspalum densum, planta con capacidad de germinar en suelos contaminados, donde se evalúa la capacidad remediadora de la planta, se dispusieron 10 vasijas de latón, cada una con 1 kg de suelo que contaminado con 40,000 ppm de petróleo, en 7 de estas vasijas (X2), se plantó un rizoma de la planta, mientras que las otras tres (X1) se utilizaron como referencia para medir la pérdida de petróleo en el suelo sin la influencia de la planta, cabe destacar que una parte del petróleo puede ser eliminado por evaporación, arrastre físico debido al riego y descomposición por efecto de microorganismos no asociados a la planta. El riego se realizó semanalmente, manteniendo todas las vasijas a la sombra a una temperatura promedio de 27.6 °C. Después de 75 días, se separaron cuidadosamente las plantas para evitar la pérdida de suelo, y se procedió a la extracción de petróleo de las muestras de suelo, la concentración de petróleo en las muestras de suelo X1 y X2 se midió al cabo de 75 días, diluyendo ambas muestras hasta alcanzar 10 ppm (con un coeficiente de dilución de 4000).

*FiguraX.  Variación de la concentración de petróleo en el suelo durante 75 dias. Fuente: ( Torres, et. al, 2019)*

Como muestra la figura XX los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante análisis, lo que dio como resultado que Paspalum densum logró eliminar significativamente más petróleo en comparación con el suelo sin la presencia de la planta, Se destacó que la planta eliminó 14,536 ppm por cada kilogramo de suelo contaminado con 40,000 ppm en el período de estudio de 75 días. Este método se consideró rápido y sencillo.Principio del formulario



*Tabla Xx: concentración de HTP obtenida por especies y estructura Fuente: (Wyszkowska, Borowik, & Kucharski, 2019)*

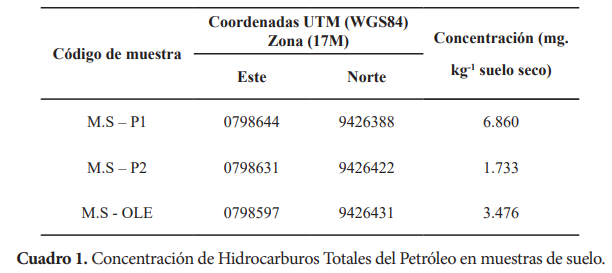
Adicionalmente en Polonia (Wyszkowska, Borowik, & Kucharski, 2019) investigo sobre un estudio que tuvo como objetivo determinar el nivel de resistencia de ciertas plantas gramíneas a la contaminación por diésel y petróleo mediante el método de fitoextracción. El experimento se realizó con macetas en un invernadero con suelo contaminado y no contaminado, y se evaluó la resistencia de las especies a los productos a base de petróleo, así como su adaptación al suelo contaminado. Los resultados obtenidos se compararon con los de las mismas plantas cultivadas en suelo no contaminado. Se encontró que la contaminación del suelo con los productos probados disminuyó significativamente el rendimiento de todas las gramíneas, siendo la disminución menor en la contaminación del suelo con petróleo que con aceite diesel. Las especies más resistentes a la contaminación fueron Phleum pratense L., Lolium perenne L. y Lolium × hybridum Hausskn.

(Wyszkowska, Borowik, & Kucharski, 2019) indico que la degradación de grupos particulares de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) dependió de sus propiedades químicas, del tipo de contaminante y de la especie de gramínea, ya que la degradación fue mayor en el caso de BTEX, bencenos C6–C12 y hidrocarburos de 2 y 3 anillos, mientras que fue menor en el caso de hidrocarburos de 5 y 6 anillos y aceites C12–C25, esto debido al nivel de concentración de los hidrocarburos. Además, se encontró que diferentes especies de gramíneas tenían diferentes niveles de efectividad en la degradación de los HAP, en conclusión las especies más útiles para la remediación de suelos contaminados resultaron ser: Lolium perenne L., Lolium × hybridum Hausskn y Phleum pratense L., mientras que las menos útiles fueron: Festuca rubra, Dactylis glomerata L. y Poa pratensis L.

Principio del formulario

Por ultimo dentro de la aplicación del método de fitoextraccion, la investigación realizada por ( Yóplac, Tuesta, Pariente, & Guzmán, 2020) en Perú, donde ocurrió un derrame en 2016, se recopilaron muestras de suelo y especies vegetales con el propósito principal de identificar especies nativas capaces de acumular Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP) de forma natural. En el estudio se identificó que las concentraciones de HTP en el suelo oscilaron entre 1.733 y 6.860 mg.kg-1 como muestra la tabla XX.

Como se muestra en la tabla XX los índices de concentración de HTP están muy por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Entre las especies estudiadas, ( Yóplac, et. Al, 2020) indico que la planta Piptocoma discolor y Theobroma cacao mostraron habilidades significativas para bioacumular HTP en sus tejidos.

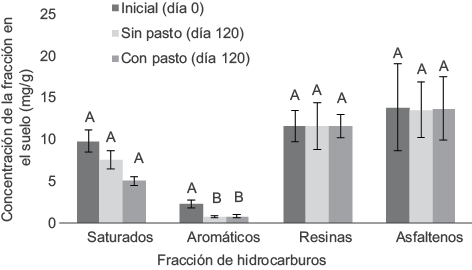


*Tabla XX: concentración de HTP en el suelo. Fuente: (Wyszkowska, Borowik, & Kucharski, 2019)*

Como muestra la tabla XX, Piptocoma Discolor exhibió la concentración más alta de HTP en sus hojas, alcanzando 28.306 mg.kg-1, seguida por Theobroma cacao con 7.171 mg.kg-1 en raíz y 6.162 mg.kg-1 en tallo, aunque no se revelaron diferencias significativas entre las especies en cuanto a la acumulación de HTP. Ambas podrían ser consideradas especies potenciales para la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. Se destaca la necesidad de futuras investigaciones detalladas y experimentales para confirmar y aprovechar plenamente el potencial de estas especies en la recuperación de suelos afectados

Por otro lado, también se han realizado diversos estudios asociados a los métodos de fitodegradacion, un ejemplo es el estudio realizado por Nero B. en 2020 en el país de Ghana, donde se evaluó la eficacia de la planta Jatropha curcas en la eliminación de hidrocarburos, el método utilizado en el estudio consistió en la medición de las concentraciones de suelo para Jatropha curcas. Se obtuvieron concentraciones de 16,700 ± 2,935 mg/kg y 12,155 ± 2,127 mg/kg respectivamente. Además, se observó una disminución del 2% en la concentración de TPH y TOG durante las 16 semanas de atenuación natural. En resumen, el estudio demostró que Jatropha curcas es una planta eficaz en la eliminación de hidrocarburos. Se encontró que esta planta fue capaz de remover un 96.6% de los hidrocarburos en un período de 180 días. Este estudio recomienda el uso de Jatropha curcas como un medio viable para la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos

Otro ejemplo es qaue en venezuela Xxxxx () evaluó la capacidad del pasto Megathyrsus maximus para fitorremediar suelos contaminados con petróleo extra pesado. Durante 120 días, se compararon dos tratamientos: uno con M. maximus trasplantado en suelos contaminados y otro sin la planta. Aunque las diferencias entre tratamientos fueron pequeñas, resultaron significativas. Se observó una reducción del 17.1% en el contenido de hidrocarburos en el tratamiento con M. maximus, comparado con el 9.8% en el tratamiento sin plantas. Las fracciones de aromáticos y saturados disminuyeron con M. maximus, mientras que solo los aromáticos lo hicieron sin la planta. La actividad microbiana fue mayor en el tratamiento con plantas, indicando la influencia positiva de la rizósfera. El contenido inicial de hidrocarburos fue de 50. mg/g, con una recuperación del 75%. A los 120 días, las concentraciones fueron 33.8 mg/g (sin plantas) y 31.1 mg/g (con M. maximus). Aunque se evidenciaron diferencias a los 120 días, como muestra la figura sobre las Concentraciones iniciales y finales de las fracciones de aromáticos

**,** 

*Figura x: cocentracion de diversos derivados de hidrocarburos. Fuente: Hernandez 2016.*

En resumen, Megathyrsus maximus favorece la reducción del contenido de hidrocarburos de suelos contaminados con petróleo extra pesado, en comparación con suelos que no tienen esta planta. No obstante, las diferencias sólo son visibles a partir de los 120 dias.

Según (Hernandez 2016) de las fracciones que componen el hidrocarburo extrapesado, disminuyeron las de saturados y aromáticos para el tratamiento con pasto y sólo la de aromáticos para el tratamiento sin pasto, el resto de las fracciones no mostraron cambios significativos, lo cual se asocia a su reconocida baja biodegradabilidad.

Otro caso es el estudio realizado por Hatami E. Abbapour A. y Dorostkar V. (2018), donde muestra que la planta Sudangrass demostró una remoción de hidrocarburos mayor al 97%, siendo más efectivo que otras especies como Jatropha curcas. En otro estudio realizado por Nero B. (2020), Sudangrass logró una tasa de disipación del 98% en tan solo 20 días, lo que demuestra su viabilidad como técnica de remoción de hidrocarburos en un corto tiempo, el método de estudio utilizado en estas investigaciones consistió en aplicar la técnica de fitodegradacion, donde Sudangrass fue potencializado con diferentes agentes, como Burkholderia vietnamiensis y Penicillium chrysogenum, para mejorar su capacidad de remoción de hidrocarburos. Estos estudios se llevaron a cabo en el continente americano, específicamente en México, como resultado Sudangrass (Sorgo drummondii) ha demostrado ser una especie efectiva en la remoción de hidrocarburos en suelos contaminados, especialmente cuando es potencializado con agentes como Burkholderia vietnamiensis y Penicillium chrysogenum. Los estudios realizados han mostrado altos porcentajes de remoción en un corto período de tiempo, lo que sugiere que Sudangrass es una opción viable para la fitodegradacion en la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos.

Como ultimo (Gutiérrez Barbaran, 2020) indica que la especie de planta Bromus tectorum L., también conocida como espiguilla, mediante la investigación de la influencia de la espiguilla en la tasa de degradación de los hidrocarburos de petróleo en el suelo, el método de estudio utilizado fue un diseño experimental para factorial con diferentes tratamientos y repeticiones. Se seleccionó una muestra de suelo contaminado por compuestos de hidrocarburos de petróleo y se aplicaron diferentes enmiendas, como hongos micorrízicos arbusculares, residuos de alfalfa y solución nutritiva. Los datos obtenidos de este experimento permitieron evaluar el efecto de la espiguilla y las enmiendas en la degradación de los hidrocarburos de petróleo en el suelo, la planta fue estudiada en varios experimentos de fitorremediación en diferentes regiones.Los resultados de este estudio proporcionaron información sobre el potencial de la espiguilla para remediar suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo.

Luego de la investigación causal comparativa, surge la necesidad de ver las características de las plantas, de esta forma, poder determinar que planta fitorremediadora presenta mejores rasgos.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Plantas fitodegradadoras** |  | **Plantas fitoextractoras** |
| **Especies vegetales** | **Caracteristicas** | **Especies vegetales** | **Caracteristicas** |
| Jatropha curcas | Tolera suelos contaminados con petróleo. Sus raíces pueden absorber y acumular metales pesados y otros contaminantes, contribuyendo a la rehabilitación de suelos contaminados. | Paspalum densum (Dense Crowngrass) | Resistencia a la sequía, capacidad para germinar en suelos con alto contenido de petróleo [ y en terrenos que han sido sometidos a la quema para eliminar plantas indeseables. |
| Megathyrsus Maximus | ápido crecimiento, puede contribuir a la fitorremediación al estabilizar suelos y ayudar en la absorción de contaminantes.  Capacidad para establecerse en suelos fértiles y húmedos también puede mejorar la estructura del suelo. | Raigrass ingles (Lolium perenne) | Se puede establecer en suelos pesados, fértiles y húmedos con pH de 5.0 – 7.0. No toleran suelos salinos y el N bajo es limitante Alturas de 2.400 – 3.000 metros sobre el nivel del mar. |
| Sudangrass | Capacidad para mejorar la estructura del suelo y ayudar en la absorción de contaminantes. Su adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo y su rápido crecimiento son aspectos beneficiosos. | Piptocoma discolor (Asteraceae) | La información específica sobre las propiedades fitorremediadoras de Piptocoma discolor es limitada, muchas plantas de la familia Asteraceae han demostrado tener habilidades para acumular metales pesados y otros contaminantes. |
| Bromus tectorum L | Ayuda en la retención de suelo y la absorción de contaminantes. | Teobroma cacao (Malvaceae) | Aunque el Teobroma cacao no es típicamente conocido por sus propiedades fitorremediadoras, algunas investigaciones sugieren que ciertas plantas de la familia Malvaceae pueden contribuir a la fitorremediación en términos de absorción de contaminantes. |

*Fuente: elaboración propia, información extraída de* (Gutiérrez Barbaran, 2020)

Si bien, ambos métodos han mostrado resultados eficientes con relación a la restauración de suelos y el tiempo que se demora en emplearse, ambos presentan desventajas. Por un lado, la Fitoextracción, dentro de sus principales ventajas es que el proceso radica en su implementación de bajo costo, ayuda a prevenir que los contaminantes se filtren a capas más profundas del suelo o lleguen a las aguas subterráneas, y es especialmente útil en suelos contaminados con metales pesados, donde las plantas acumulan estos metales en sus partes aéreas.Y dentro desus desventaja es que debe de ser manejado en niveles bajos o moderados de contaminación o concentraciones que requieren alta acumulación (Spaczyński et al., 2012), es más efectiva para ciertos tipos de contaminantes, como metales pesados, y puede no ser la mejor opción para otros tipos de contaminación, Puede afectar la biodiversidad del suelo y del ecosistema, ya que ciertas plantas acumulan contaminantes en sus tejidos,

Por otro lado la fitodegradación dentro de sus ventajas es que se pueden descomponer contaminantes en el suelo utilizando las propias capacidades de las plantas y los microorganismos del suelo, en comparación con métodos químicos o físicos de remediación, la fitodegradación puede ser más económica y requiere menos insumos externos, puede implementarse en áreas extensas o en grandes superficies contaminadas, ya que las plantas pueden crecer y descomponer contaminantes a lo largo del tiempo. Dentro de sus desventajas la fitodegradación puede llevar más tiempo Al igual que la fitoextracción, la fitodegradación puede llevar tiempo antes de observar resultados significativos. En comparación con otros métodos de remediación, ya que depende del crecimiento de las plantas y de los procesos biológicos asociados, no todas las plantas son igualmente eficientes en la fitodegradación, y algunas contaminaciones pueden no ser completamente tratadas por ciertas especies y que la eficacia de la fitodegradación puede depender de condiciones ambientales específicas, como la temperatura y la humedad.

En resumen, luego de la investigación causal comparativa, tanto en los estudios realizados a ambos métodos, en general los dos muestran resultados que resultaron eficientes, pero quien demostró mejores resultados, en tanto a porcentaje de remoción y tiempo, junto con que la planta utilizada se ha mostrado como la mas optima a utilizar, como se muestra en la tabla XX, fue la planta Sundagrass la que tuvo un porcentaje de 97% de remoción en 20 días utilizada como método de fitodegradación, lo cual para ser un método de fitorremediación que se caracteriza por ser lento, este demuestra resultados eficientes en un corto tiempo Es importante señalar que la elección entre fitodegradación y Fitoextracción dependerá de la naturaleza específica de la contaminación, las condiciones del sitio y los objetivos de remediación. A menudo, se pueden combinar diferentes enfoques dentro de un programa integral de fitorremediación

**Resultados y discusión**

Acorde a lo investigado anteriormente y los datos que arrojaron diversos estudios mostrados en el capítulo anterior, se llegó a diversos resultados, partiendo que como método de fitoextraccion el cual según muestra la tabla XX, no paso del 60% de remocion de contaminantes.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **País** | **Planta Utilizada** | **Contaminante** | **Concentración Inicial (ppm)** | **Reducción de Contaminante (%)** | **Período de Estudio (días)** |
| Cuba | Paspalum densum | HAP | 40000 | 56.2 | 75 |
| Cuba | Lolium  perenne | HAP | 40000 | 53.30 | 20 |
| Perú | Piptocoma discolor | TPH | 68600 | 59% | 60 |
| Perú | Theobroma cacao | TPH | 68.000 | 29.72 | 60 |

Mientras que como muestra la tabla acerca de los resultados sobre la fitodegrdacion, se llego a los resultados esperados.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **País** | **Planta Utilizada** | **Contaminante** | **Concentración Inicial** | **Reducción de Contaminante (%)** | **Período de Estudio (días)** |
| Venezuela | Megathyrsus Maximus | Petróleo extra pesado | 50.0 mg/g | 75 | 120 |
| Ghana | Jatropha curcas | TOG y TPH | 22666.67 PPM (TOG), 31333.33 (TPH)  PPM | 89.6 (TOG), 96.6 (TPH) | 180 |
| Irán | Bromus tectorum | HAP | 89.500 PPM | 83.27 | 40 |
| EE.UU | Sorgo drummondii | HAPs | 40000 PPM | 98 | 20 |

En consecuencia, a el estudio realizado, la fitodegradación se rige como el método más eficaz en términos de porcentaje de remediación de suelos y tiempo empleado. En comparación con la fitoextracción, que alcanza hasta un 59% de remoción en 60 días con la planta Asteraceae, la fitodegradación logra un impresionante 98% de remoción en solo 20 días con plantas como Sundangrass, y un 83.27% en 40 días con Bromus tectorum, según los estudios realizados en Venezuela, EE.UU, y otros países, no obstante no se le quita el merito al  método de fitoextraccion, ya que sigue siendo una buena tecnica para extrer contaminantes del suelo, debido a que  varios estudios, ha mostrado ser más efectivo para suelos contaminados por metales pesados, que por hidrocarburos. Asi mismo, ambos metodos se pueden utilizar para potenciarse el uno al otro.

Por lo cual, es imperativo considerar cuidadosamente las proyecciones y limitaciones de estos métodos, así como las características específicas de cada especie fitodegradadora y fitoacumuladora. Esto abarca su adaptabilidad a distintos tipos de suelo, el tiempo necesario para su crecimiento y fitorremediación. Este análisis integral resulta fundamental para desarrollar un plan de acción efectivo para un sector en chile contaminado por un derrame de hidrocarburos, esto mediante estrategias basadas en la fitodegradación y la fitoextracción.

En el contexto de sus limitaciones, se deben tener en cuenta las especies utilizadas como fitodegradadoras o fitoextractoras, considerando la tabla XX que detalla las características fitorremediadoras de cada una. Además, se debe prestar atención al tipo de suelo en el que estas crecen, el tiempo de crecimiento y el tipo de contaminante al que son aptas. Por ejemplo, la Jatropha curcas es eficaz en suelos franco-arenosos, adecuados para metales pesados y compuestos orgánicos.

Dentro de las plantas firodegradadiras la Jatropha curcas puede ser plantada en suelos franco-arenosos, apto para contaminantes como los metales pesados tales como; cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y zinc, ademas de que tambien sirve para degradar naftaleno y fenol, en cuanto a su crecimiento la planta empieza a producir frutos a los 9-12 meses después de propagada (Kumar & Sharma, 2008). Siguiendo por la La espiguilla (Bromus tectorum L.) la cual es  pasto perenne que se puede plantar en una variedad de tipos de suelo ya sea pobres, alcalinos, ácidos y salinos, sin embargo, crece mejor en suelos sueltos, bien drenados y con un pH neutro. Es ideal para contener metales pesados como plomo, cadmio, níquel, y zinc, y contaminantes orgánicos como hidrocarburos aromáticos policíclicos. La planta completa su ciclo en invierno y primavera, pudiendo producir semillas en un par de meses (Klemmedson & Smith, 1964)

 Seguido por la planta Sudangrass (Sorgo drummondii) la cual es apta para suelos franco-arenosos, pobre en materia orgánica, de tipo laterítico, puede aboserber metales pesados como arsénico, cadmio, cromo, plomo, mercurio, níquel y zinc. También plaguicidas, explosivos como TNT, hidrocarburos aromáticos como naftaleno y fenantreno, así como algunos disolventes orgánicos, tarda en producir granos a los 100 días después de plantío (Prasad et al., 2011).

Por último dentro de las plantas utilizadas como fitoextractoras está la hierba de guinea (Megathyrsus maximus)  la cual, es tolerante a una amplia gama de condiciones, incluyendo suelos pobres, alcalinos, ácidos y salinos. Es ideal para absorber metales pesados como arsénico, cromo, plomo, níquel y cinc. También compuestos orgánicos como TNT (trinitrotolueno) y PAHs, en cuanto a su crecimiento están listas para cosechar a los 60-90 días (Hashiguchi et al., 2016).

Dentro las especies fitoacumuladora se utilizó la Paspalum densum, también conocida como cortadera, la cual se xaracteriza por ser una especie de pasto perenne como la hierba de guinea y la bromus tectorum, esta se puede plantar en una variedad de tipos de suelos pobres, alcalinos, ácidos y salinos. Sin embargo, crece mejor en suelos sueltos, bien drenados y con un pH neutro, esta especie ha demostrado capacidades para degradar hidrocarburos del petróleo, como diésel y aceites lubricantes, presentes en suelos contaminados. Posee enzimas como peroxidasas y nitratos reductasas que intervienen en la ruptura de los hidrocarburos (Liao et al., 2018), en tanto a su crecimineto  Produce biomasa rápidamente, pudiendo cosecharse a los 60-90 días después de la siembra (Liao et al., 2018).

 El raingrass inglés (Phalaris arundinacea) es una especie de pasto perenne que al igual que la paspalum densum, se puede plantar en un suelo con las mismas condiciones, la planta en varios estudios ha mostrado ser eficiente en la fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo, gasolina, diésel y aceites pesados. (Phillips et al., 2006). Es de rápido crecimiento alcanzando la cosecha a las 8-10 semanas después de siembra (Phillips et al., 2006).

La Piptocoma discolor, también conocida como pigüe, es un árbol perennifolio nativo de la Amazonía. Se puede plantar en una variedad de tipos de suelo, incluyendo suelos pobres, alcalinos, ácidos y salinos. Investigaciones determinaron que esta especie nativa Sudamericana tiene gran potencial para fitorremediar suelos impactados por derrames de petróleo. Sus raíces secretan exudados que estimulan el crecimiento bacteriano y la degradación de hidrocarburos (Salam et al., 2019). La planta alcanza la madurez reproductiva a los 24 meses después de germinar (Salam et al., 2019).

Por último, la Theobroma cacao, también conocido como cacao, es un árbol tropical que se puede plantar en una variedad de tipos de suelo, pero crece mejor en suelos sueltos, bien drenados y con un pH neutro. Si bien no se ha estudiado directamente su capacidad de remover hidrocarburos del suelo a través de fitoextracción o fitoestimulación, se ha encontrado que sus residuos agrícolas (cáscara y hojas) son efectivos para degradar estos contaminantes durante el compostaje (Oliveira et al., 2022). En cuanto a su crecimiento puede iniciar producción a los 3-4 años después de plantado.

En resumen, a pesar de estas investigaciones, y sus efectivos resultados, es crucial tener en cuenta las limitaciones temporales y las características específicas del suelo, así como la concentración inicial de contaminantes ya que no todas las plantas son capaces de remediar suelos con alto nivel de contaminación, esto se puede deber a la profundidad de sus raíces o los tipos de contaminantes orgánicos e inorgánicos que la planta es capaz de fitorremediar. Estos factores influyen directamente en la efectividad de la fitorremediación, resaltando la necesidad de un enfoque integral y adaptado a las condiciones particulares de cada caso para poder crear un plan de accion, apto a las necesidades del suelo contaminado por hidrocarburos.

Un ejemplo es la aplicación de la Fitorremediación en una Zona Contaminada por Hidrocarburos en chile, mediante la comparacion de estas dos tecnicas. inicialmente se identificó una zona de estacion de servicios abandonada en el norte de chile, donde se mostro que esta altamente contaminada por hidrocarburos, especialmente compuestos de petróleo crudo en una concentracion de 20.000 y 40.000 PPM. Esta  contaminación del suelo afecta gravemente la calidad ambiental y representaba un riesgo para la salud humana y la biodiversidad local, primero se identifico las caracteristicas del ,el cual es de tipo Franco-arenoso con bajo contenido de materia orgánica. Su pH es  moderadamente ácido. Y el clima es cálido y seco durante gran parte del año, luego de la identificación del tipo de suelos se realizará la selección de plantas, dentro de la investigación las más aptas resultaron ser la Jatropha curcas, ya que es un arbusto perenne resistente, conocido por su capacidad para tolerar suelos franco-arenosos y climas cálidos y es especializada en la degradación de hidrocarburos como naftaleno y fenol. Se eligió por su adaptabilidad al tipo de suelo y su eficiencia en la fitodegradación de contaminantes orgánicos, otra planta que también se considera apta es la Espiguilla (Bromus tectorum L.), la que es adaptable a diversas condiciones, incluidos suelos con bajo contenido de nutrientes. Y contiene habilidades para extraer metales pesados como plomo, cadmio, níquel y zinc del suelo. Su ciclo de vida completo en invierno y primavera se ajusta al clima local.

Posteriormente inicia el proceso de fitorremediación, donde inicia con la realización de análisis detallados del suelo para determinar la concentración inicial de hidrocarburos y metales pesados, como la concentración varía entre los 20 y 40 mil PPM, no es necesario utilizar una planta que pueda crecer en suelos con niveles de contaminación, superiores a los antes señalados. posteriormente se implementó el método de fitodegradación utilizando *Jatropha curcas* en áreas específicas con alta concentración de hidrocarburos, y Simultáneamente, se aplicó el método de fitoextracción mediante la plantación de espiguilla (*Bromus tectorum*) en zonas con mayor presencia de metales pesados. luego de 12 meses se esperan como resultados, una reducción significativa en la concentración de hidrocarburos en las áreas tratadas con *Jatropha curcas, por otro lado, que la* espiguilla aumente en la biomasa y una disminuya en la concentración de metales pesados en el suelo circundante, a lo largo del periodo se realizaran ajustes continuos en la estrategia de fitorremediación, considerando las condiciones climáticas cambiantes y los niveles de contaminantes en tiempo real.

Este caso destaca la importancia de adaptar la estrategia de fitorremediación a las características específicas del suelo, maximizando la eficacia de las plantas seleccionadas y asegurando una recuperación ambiental exitosa.

**Conclusiones.**

En conclusión, los resultados obtenidos de la comparación entre los métodos de fitorremediación, específicamente fitodegradación y fitoextracción, revelan que la fitodegradación se presenta como el enfoque más eficaz en términos de porcentaje de remediación de suelos y tiempo empleado. Los estudios realizados en diversos países, como Venezuela, Ghana, Irán y EE.UU. demuestran que la fitodegradación puede alcanzar porcentajes de remoción tan altos como 98% en solo 20 días, aunque no se considera el tiempo en que tarda la planta en crecer que son aproximadamente 100 dias.

Aunque la Fitoextracción muestra resultados positivos, con un máximo del 59% de remoción en 60 días según los estudios en Perú y Cuba, la fitodegradación supera significativamente estos números. Es importante destacar que ambos métodos pueden ser complementarios y utilizados de manera conjunta para abordar diferentes tipos de contaminantes en el suelo.

La elección de plantas adecuadas para cada método es crucial, considerando las características del suelo, el tipo de contaminante y la adaptabilidad de la especie. Plantas como Jatropha curcas, Bromus tectorum, Sudangrass, Paspalum densum y Megathyrsus maximus han demostrado ser eficaces en la fitodegradación y fitoextracción, cada una con sus propias especificidades y tiempos de crecimiento.

En la práctica, la aplicación de estos métodos debe adaptarse a las condiciones específicas de cada sitio contaminado. El ejemplo de la aplicación en una zona contaminada por hidrocarburos en Chile destaca la importancia de realizar análisis detallados del suelo, seleccionar plantas adecuadas y ajustar continuamente la estrategia de fitorremediación en función de las condiciones cambiantes.

En resumen, la fitodegradación emerge como una opción preferida debido a su alta eficacia, pero la fitoextracción sigue siendo valiosa en contextos específicos. La combinación de ambos métodos, con una cuidadosa consideración de las características del suelo y las plantas seleccionadas, puede ofrecer soluciones efectivas para la remediación de suelos contaminados.

Principio del formulario

**Agradecimientos.**

A la profesora Gricelda Iturra Lara, por su compromiso, dedicación, apoyo consejos para la realización del paper.

**Referencias.**

+

Cubillos, J., Paredes, D., Pulgarin, P., & Gutiérrez, J. (2013, noviembre 18). *biblat.unam.mx.* Retrieved from biblat.unam.mx: https://biblat.unam.mx/hevila/Ingenieriaycompetitividad/2014/vol16/no1/11.pdf

Torres, E., Yainer, M., Yanisel Salgado, & Rodisnel , P. (2019). *Potencialidad de Paspalum densum en la fitorremediación de suelos contaminados con petróleo.* Obtenido de http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v18n2/E0149.htm

Yóplac, K., Tuesta, O., Pariente, E., & Guzmán, W. (julio de 2020). Obtenido de EconPapers: 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 (repec.org)

Autino, J. R. (s.f.). *Introducción a la Química Orgánica. Universidad Nacional de la Plata*. Obtenido de TAPA AUTINO (unlp.edu.ar)

Bravo, E. (mayo de 2007). *LOS IMPACTOS DE LA EXPLOTACION*. Obtenido de https://www.inredh.org/archivos/documentos\_ambiental/impactos\_explotacion\_petrolera\_esp.pd

Dominguez, J. J. (s.f.). *Enhanced degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the rhizosphere of sudangrass (Sorghum× drummondii). Chemosphere, vol. 234, p. 789-795.* . Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.290

Gabriela Erazo, J. C. (2014). *El uso de pigüe (Piptocoma discolor) por los pequeños* . Obtenido de https://www.cifor.org/publications/pdf\_files/infobrief/4424-infobrief.pdf

Gonzales, k. (octubre de 2020). *Ficha Técnica del Pasto Ray Grass Inglés (Lolium perenne)*. Obtenido de https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo-de-clima-frio/pasto-ray-grass-ingles-lolium-perenne/

Gutiérrez Barbaran, D. (2020). *Revisión sistematíca de métodos de fitorremediación para.* Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/66979/Guti%c3%a9rrez\_BD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gutiérrez, J. (2009). *Química orgánica. I.E.S. Clara Campoamor.* . Obtenido de (99+) Gutierrez - Quimica organica | SACC Maryacc - Academia.edu

Harvey, P. C. (s.f.). *Phytoremediation of polyaromatic hydrocarbons, anilines and phenols. Environ. Sci. & Pollut. Res 9, 29–47 (2002).* Obtenido de https://doi.org/10.1007/BF02987315

Lira, C. (2020). *Malváceas: características, hábitat, especies representativas*. Obtenido de https://www.lifeder.com/malvaceas/

López-Martínez, S. G.-M. (2005). *MECANISMOS DE FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON MOLÉCULAS ORGÁNICAS XENOBIÓTICAS.* Obtenido de Revista internacional de contaminación ambiental: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0188-49992005000200091&lng=es&tlng=es.

*Química Orgánica Pontificia Universidad Católica de Chile.* (s.f.).

Wyszkowska, J., Borowik, A., & Kucharski, J. (2019). *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.* Obtenido de https://pse.agriculturejournals.cz/pdfs/pse/2019/06/04.pdf

**Márgenes y área de impresión.**

Todo el material impreso, incluyendo el texto, las ilustraciones y los gráficos, se deben mantener dentro de un área de impresión de 17,5cm ancho por 23cm alto. No escriba, ni imprima nada fuera del área de impresión. Todo texto debe estar en un formato de dos columnas. Las columnas deberán ser 8cm de ancho, con una separación de 1cm de espacio entre ellas y con espaciamiento sencillo entre renglones. El texto debe estar justificado. Este documento en WORD es un ejemplo del formato con los márgenes y la colocación del texto. Contiene las líneas y los párrafos con los márgenes y área de impresión.

Las características generales del texto deben de respetar los siguientes criterios:

1. Los escritos deben ser impresos en hojas tamaño carta, (21.5cm x 27.9cm).
2. Los márgenes externos deben de respetar los siguientes criterios:

* Margen izquierdo: 2.5cm
* Margen derecho: 2.0cm
* Margen superior (página 1): 2.5cm
* Margen superior (páginas 2-8): 2cm
* Margen inferior: 2.0cm.

1. Mencione las figuras con la abreviatura: Fig.1 en el texto, a menos que sea al inicio de la oración.

# Tipografía texto principal.

Escriba su texto en Times New Roman 12, espacio simple. No utilice el doble espaciamiento. Todos los párrafos deberán iniciar con una sangría de 0.75 cm en el primer renglón y justificados.

Los títulos de las figuras y de las tablas deben ser en Times New Roman 10, en cursiva. Use mayúsculas sólo en la primera palabra de cada título de las figuras y de las tablas. Estas se deben numerar separadamente. *Ejemplo:* *Figura 1; Tabla 1*. Los títulos de la figura deberán estar justificados debajo de ellas. Los títulos de las tablas deberán estar justificados arriba de estas.

Utilice explícitamente la notación exponencial en lugar de la letra “e”, es decir 5.6x10-3 (correcta notación), en vez de 5.6e-3 (incorrecta notación).

# Paginación.

Cuando copie su manuscrito a la plantilla, las páginas se numerarán automáticamente. No quite los números de página.

# Gráficos, imágenes y tablas.

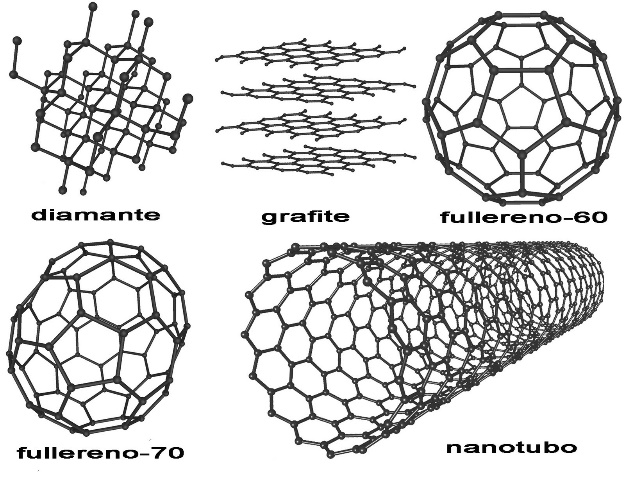
Los títulos de gráficos, imágenes y tablas se deben justificar. Todo debe de incluirse en el artículo. Recuerde que la calidad de los gráficos, imágenes y tablas debe ser mejor que los originales. Es deseable colocar las tablas o figuras al principio o al final de la columna. En el caso que las tablas o figuras tengan un tamaño muy grande, estas pueden colocarse abarcando las dos columnas de preferencia en la parte baja de la página. No se deben colocar figuras antes de su primera mención en el texto. Los ejes de las figuras deberán tener nombres y no símbolos. Está permitido si es necesario que sus figuras, diagramas y tablas sean de página completa. Enmarque las figuras con líneas de 1 punto de grosor.

El título de las tablas se coloca sobre ellas (Tabla 1), mientras que el de las figuras se coloca debajo (Fig.1).

*Tabla 1. Tamaños y estilos de letras*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Ubicación del texto** | **Puntos** | **Estilo** |
| Título Principal | 14 | Negrita, centrado,  Mayúscula y minúscula |
| Nombre Autor | 12 | Centrado |
| e-mail autor | 12 | Centrado, cursiva |
| Empresa -  Dirección | 12 | yy |
| Título Resumen | 12 | Negrita, centrado |
| Texto Resumen | 11 | Justificado |
| Título de tablas | 10 | Justificado, sobre la tabla, cursiva |
| Título de figuras | 10 | Justificado, bajo la figura, cursiva |
| Lista Referencias | 10 |  |
| Texto dentro de tablas | 10 |  |

*Elaboración propia*



*Figura 1. Estructura de algunos alótropos de carbono, extraído de xxx*

## Imágenes en color.

Está permitido el uso de imágenes en color.



*Figura 2. Auto-ensamblaje de polímeros dendronizados en superestructuras esféricas y cilíndricas y las correspondientes fases cristalinas líquida en el material, según lo propuesto por Percec y col., extraído de Prog. Polym.Sci.30 (2005).*

### Ecuaciones.

Utilice símbolos que estén disponibles en inglés y en español, en las versiones de procesadores de textos. Las ecuaciones deberán estar centradas y numeradas con el número entre paréntesis y al margen derecho del texto. En el texto debe estar explicado el origen de la ecuación o el significado de los términos.

*Ejemplo:*

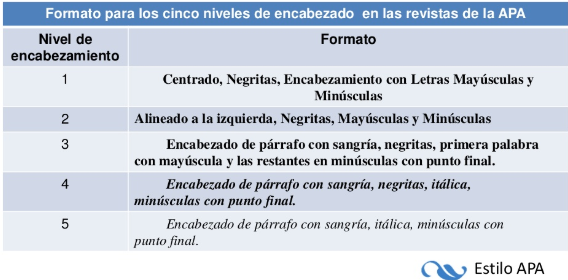
Δ*ƒ*(*r*) ≈ [ƒ+(*r*) – ƒ-(*r*)] ≈ [*ρ* 1(*r*) – *ρ* h(*r*)] Ec.(1)

*Ecuación de Fukui*, expresada en términos de las densidades fronteras de los orbitales moleculares.

**Encabezados según estilo APA**.

Los encabezados ayudan al lector a identificar los puntos claves del escrito y seguir las ideas de este. El estilo APA utiliza cinco niveles de encabezados, los que se indican en la Tabla 2.

*Tabla 2. Formato para los cinco niveles de encabezado según estilo APA.*



*Fuente: https://es.slideshare.net/jonathanpradoalvarez/estilo-apa-6-ta-edicin*

**Citar con Norma APA**

Al redactar un texto, se puede citar (mostrar las ideas representadas de otro autor) básicamente de dos formas: cita textual (directa) y cita parafraseada (indirecta).

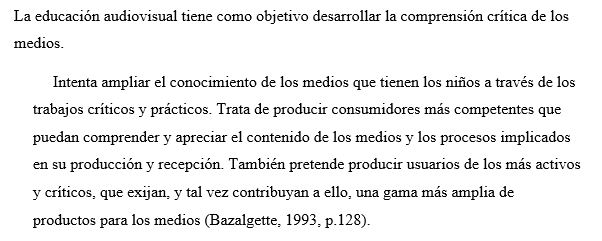
**Cita textual o directa**.

Consiste en extraer las ideas textuales formuladas en otro texto, para incorporarla a nuestro trabajo. Las citas textuales se deben utilizar con moderación y cuidado.

La cita textual se puede indicar de dos formas, si tiene más de 40 palabras o menos.

1. Menos de 40 palabras: se debe usar comillas (“…”) al inicio y al final de ella. Esta se incorpora en un solo párrafo, que contiene las ideas formuladas por quien elabora el trabajo académico.
2. Más de 40 palabras: en este caso la cita se presenta sin comillas, en un párrafo aparte y con una sangría de 5 espacios o de 0,5cm del lado izquierdo.

*Ejemplo:*



La cita textual puede ser formulada con énfasis en el autor o en el texto.

1. Énfasis en autor: Apellido de autor (año de publicación) una palabra de conexión como, por ejemplo, describió, afirmó, etc. que “entre comillas se señala la idea del autor, escrita textualmente” (p. #)

*Ejemplo*: Sapir (1966) afirma que “el lenguaje es un método exclusivamente humano, y no instintivo, de comunicar ideas, emociones y deseos por medio de un sistema de símbolos producidos de manera deliberada” (p. 14).

1. Énfasis en texto: “Idea de autor escrita textualmente, la colocamos entre comillas y al final incluimos entre paréntesis, los datos que nos solicitan las normas” (Apellido de autor, año de publicación, p. #).

*Ejemplo*: “El lenguaje es un método exclusivamente humano, y no instintivo, de comunicar ideas, emociones y deseos por medio de un sistema de símbolos producidos de manera deliberada”. (Sapir, 1966, p. 14)

Una cita textual debe presentar obligatoriamente:

* Primer apellido del autor.
* Año de publicación.
* Número de página.

**Cita parafraseada o indirecta.**

Consiste en escribir con nuestras propias palabras lo que el autor del texto señala. Al citar de esta forma, se debe considerar que existirán palabras que no pueden ser cambiadas, por ejemplo: nombre de personas, lugares, sustancias químicas, etc. Sin embargo, se debe innovar lo posible por utilizar propios términos en el resto de la idea. Además, de cambiar las palabras, al presentar la cita, también se debe procurar cambiar el orden original de las ideas. La cita parafraseada se puede presentar al inicio, al medio o al final del párrafo. Esta puede ser formulada con énfasis en autor o en el texto:

1. Énfasis en autor: Apellido de autor (año de publicación) y comienzas a escribir la idea del autor parafraseada y al finalizarla solo colocarás un punto.

*Ejemplo*: Sapir (1996) afirma que comunicamos ideas, emociones y deseos por medio de un sistema de símbolos producidos de manera deliberada, por medio del lenguaje, que no es un método instintivo, sino que es exclusivamente humano.

1. Énfasis en texto: Escribirás la idea parafraseada, sin comillas y al final, entre paréntesis incluirás, los mismos datos que en una cita textual, pero sin el número de página. (Apellido de autor, año de publicación).

*Ejemplo:* Por lo antes expresado, se confirma que comunicamos ideas, emociones y deseos por medio de un sistema de símbolos producidos de manera deliberada, por medio del lenguaje, que no es un método instintivo, sino que es exclusivamente humano (Sapir, 1966).

Una cita parafraseada debe presentar obligatoriamente:

* Primer apellido del autor.
* Año de publicación.

**Citar según cantidad de autores.**

La citación también depende de la cantidad de autores.

1. Un solo autor:

Énfasis en texto: (Apellido autor, año de publicación). *Ejemplo*:(Carrilla, 1998).

Énfasis en autor: Apellido autor (año de publicación). *Ejemplo:* Carrilla (1998)

1. Dos autores:

Énfasis en texto: (Apellido autor 1 y Apellido de autor 2, año de publicación). *Ejemplo*: (Sosa y Carrilla, 1998).

Énfasis en autor: Apellido autor 1 y Apellido de autor 2 (año de publicación) *Ejemplo*:Sosa y Carrilla (1998)

1. Tres a cinco autores: En este caso la primera vez que se realice la cita se escriben los nombres de todos los autores. En el caso que la cita se repita se escribe el apellido del primer autor seguido por la sigla “et al.” que significa “y otros”.

Énfasis en texto: (Apellido autor 1, Apellido autor 2, Apellido de autor 3, año de publicación)

*Ejemplo:* (Sosa, Giles y Carrilla, 1990).

Citas subsiguientes: (Apellido autor 1 et al., año de publicación) *Ejemplo:* (Sosa et al., 1990).

Énfasis en autor: Apellido autor 1, Apellido autor 2 y Apellido de autor 3 (año de publicación) *Ejemplo:* Sosa, Giles y Carrilla (1990).

Citas subsiguientes: Apellido autor 1 et al. (año de publicación) *Ejemplo:* Sosa et al. (1990)

1. Seis o más autores: Para realizar este tipo de cita siempre se coloca el apellido del primer autor, seguido por “et al.”.

Énfasis en texto: (Apellido de autor 1 et al., año de publicación) *Ejemplo:* (Sosa et al., 2001).

Énfasis en autor: Apellido de autor 1 et al. (año de publicación) *Ejemplo:* Irigoyen et al. (2001)

**Otros aspectos para citar con APA.**

1. Si se tienen autores con el *mismo apellido* se escribirá el primer apellido y el segundo apellido si lo tuviera. Pero si solo tiene un apellido se escribirá el mismo, seguido por la inicial del nombre y un punto.
2. Si el autor tiene un *apellido compuesto* se deberá escribir el primer apellido o en su caso el más conocido.
3. Para diferenciar de *obras de un mismo autor con el mismo año de publicación*, se coloca, luego del año de publicación, una letra minúscula comenzando desde la “a” correlativamente: (Giles, 1998a) – (Giles, 1998b). De igual manera se colocará en la lista de referencias.

Es muy importante saber que cuando se utilizan ideas de otros autores se deben citar las veces que sea necesario para no plagiar, no importa que la cita se repita muchas veces, ya que en estilo APA no se utilizan las siglas “op. cit., ibid o ibídem”.

### Referenciar con Norma APA

Las referencias que se agregan al final de un artículo corresponden a todos los datos del documento o fuente (apellidos y nombres del autor, año y título de la publicación, edición, lugar, editorial, número de colección, enlace de la página, etc.). Estas indican el detalle de los textos utilizados para la realización del artículo. Toda referencia que se incorpora debe, forzosamente, contar con una cita dentro del texto.

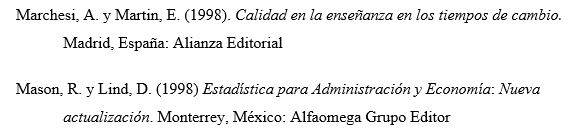
Los datos o elementos de la referencia se exponen en orden metódico y consecuente al texto, establecido según norma de estilo que se utilizará (APA, MILA, Vancouver, etc.). En este caso el artículo se rige por las normas APA.

Las normas APA requieren la elaboración de una lista de referencias final, que contengan la información necesaria para poder recuperar las fuentes que has utilizado para elaboración y fundamentación de tu trabajo. Cada cita que hayas colocado entre texto tendrá su correspondiente referencia y cada entrada de la lista de referencias tendrá su cita en el texto. Esta lista tiene como finalidad permitir al autor recuperar y reutilizar las fuentes citadas, por este motivo los datos deberán estar completos. Los datos para redactar la cita se tomarán del documento original al que se refieren, y se extraerán principalmente de la portada.

Para hacer las referencias debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Los elementos de una referencia generalmente son: autor, año de publicación, título y datos de la publicación (lugar y editorial).
2. Los subtítulos se pueden incluir tras el título, separados por dos puntos y espacio.
3. Si tienes que referenciar textos del mismo autor se tienen que leer en orden de publicación: de la más antigua a la más reciente y si tienen la misma fecha de publicación, en orden alfabético según el título de la obra.
4. La lista de referencias debe ir a doble espacio y con sangría en las entradas.
5. Cada entrada de referencia llevará sangría francesa (la primera línea se orienta hacia la izquierda y las líneas siguientes poseen sangría)

Ejemplo**:**



El formato para presentar las referencias dependerá si la fuente es de tipo electrónica o impresa.

*Ejemplo Artículo de Revista On-line:*

Apellido del autor (Alegría, L; Iturra, G. & Pérez, J. Año (2019). Título del artículo. Título de la revista, volumen, numero o fascículo, páginas del artículo, enlace donde se puede encontrar el articulo.

### Bibliografía

La bibliografía corresponde a las fuentes o documentos consultados, cuya información, si bien sirvió como fundamento para realizar el artículo, no fue incorporada en forma de cita. Según norma APA se deben incluir solo las referencias y no la bibliografía en los artículos científicos.

### Abreviaturas y Acrónimos

Defina las abreviaturas y acrónimos la primera vez que sean utilizadas en el texto. Evite emplear abreviaturas en el título, salvo que resulte imprescindible.

# Conclusiones

* La descripción detallada de los componentes de un artículo científico permitirá que estudiantes de la asignatura de Química de Proceso, utilicen esta guía para confeccionar su propio paper.
* Citar y referenciar las fuentes de investigación consultadas concede mayor confiabilidad en la calidad del documento elaborado, para que no se incurra en un plagio.
* El seguimiento de las normas indicadas permitirá que su trabajo no sólo se destaque por su contenido, sino que también resulte visualmente atractivo.

***Fuente:***

*Texto original adaptado por: Dr. John Henry Antonio Morales, para el desarrollo de artículos académicos y científicos del Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola, a partir de otros formatos y guía de presentación de artículos.*

*Texto adaptado y modificado por****:*** *Dra. Luz Alegría y Mg. María Gricelda Iturra L., para la realización de artículos científicos de estudiantes que cursen la asignatura de Química de Procesos. Este les permitirá comunicar resultados de su indagación científica, cuya problemática de invetigación se inicia a partir de la observación de un proceso industrial en una Planta característica de la zona, actividad programada en la asignatura de Química de Procesos e inserta en el Proyecto de Innovación en Docencia Universitaria (PIDU) de la Universidad Austral de Chile.*

***Citas y referencias relacionadas con normas APA:***

*https://normasapa.com/normas-apa-2019-cuestiones-mas-frecuentes/*

[*http://www.galileo.edu/esip/files/2013/05/C%C3%B3mo-Realizar-un-Art%C3%ADculo-Cient%C3%ADfico.pdf*](http://www.galileo.edu/esip/files/2013/05/C%C3%B3mo-Realizar-un-Art%C3%ADculo-Cient%C3%ADfico.pdf)

1. [↑](#endnote-ref-2)