



# EL MISIONERO DEL AGRO

**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE TOLERANCIA DE LOS MICROORGANISMOS  
A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE JET FUEL A1, PROVENIENTES DE  
SUELOS CONTAMINADOS**

**Autores**

Guillen tocto bexsi mercedes,  
Andrade tobar jean carlo,  
Muñoz naranjo diego

Correo electrónico del responsable: [jandrade@uagraria.edu.ec](mailto:jandrade@uagraria.edu.ec)

**Filiación:**

Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias.  
Avda. 25 de Julio y Pio Jaramillo. Guayaquil. Ecuador

**Fecha de Presentación:** 20 -11-2020 **Fecha de Aprobación:** 24 -03 -2021

## EVALUACIÓN DEL NIVEL DE TOLERANCIA DE LOS MICROORGANISMOS A DISTINTAS CONCENTRACIONES DE JET FUEL A1, PROVENIENTES DE SUELOS CONTAMINADOS

### **Autores**

Guillen tocto bexsi mercedes,  
Andrade tobar jean carlo,  
Muñoz naranjo diego  
Correo electrónico del responsable: jandrade@uagraria.edu.ec

### **Filiación:**

Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias.  
Avda. 25 de Julio y Pio Jaramillo. Guayaquil. Ecuador

**Fecha de Presentación:** 20 -11-2020 **Fecha de Aprobación:** 24 -03 -2021

### **ABSTRACT**

**T**he aeronautical industry represents a 60% impact on soils, due to spills from oil. The JET FUEL A1 (JF) fuel is one of the most used for its energy efficiency, however, it is harmful to the environment as it contains different compounds such as BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene and xylene) and additives such as ethylene dibromide and tetraethyl lead. This research pursued to evaluate the tolerance of bacteria in various doses of fuel, which were isolated from a soil contaminated with JET FUEL A1, to finally propose bioremediation methods. During the isolation, 50 g of contaminated soil and 50 ml of 1:1 culture broth in microcosm were used, obtaining favorable results in two types of treatments; aerobic and anaerobic. Tolerance was measured by adding the doses of: 0.5mL; 0.7mL; 11mL; JF/g of soil, where it was evidenced that treatment four presented positive bacterial growth, thus confirming the presence of certain bacterial strains with the potential to be considered within a bioremediation process in soils contaminated with JET FUEL A1. Likewise, the presence of anaerobic bacterial strains with a high survival potential stands out.

**Keywords:** Bacteria, bioremediation, JET FUEL A1, soil, tolerance.

## RESUMEN

**E**l sector de la industria aeronáutica representa una afectación a los suelos en un 60%, por derrames procedentes derivados del petróleo. El combustible JET FUEL A1 (JF) es uno de los más utilizados por su eficiencia energética, sin embargo, resulta perjudicial para el ambiente al contener diferentes compuestos como BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno) y aditivos como el dibromuro de etileno y el tetraetilo de plomo. En esta investigación se buscó evaluar la tolerancia de bacterias en varias dosis del combustible, que fueron aisladas de un suelo contaminado con JET FUEL A1, para finalmente proponer métodos de biorremediación. Durante el aislamiento se usó 50 gr de suelo contaminado y 50 ml de caldo de cultivo 1:1 en microcosmos, obteniendo resultados favorables en dos tipos de tratamientos; aerobio y anaerobio. La tolerancia se midió añadiendo las dosis de: 0.5mL; 0,7mL; 1,1mL; JF/g de suelo, donde se evidenció que el tratamiento cuatro presentó un crecimiento bacteriano positivo, de esa manera se constató la presencia de ciertas cepas bacterianas con potencial para ser consideradas dentro de un proceso de biorremediación en suelos contaminados con JET FUEL A1. Así mismo, se destaca la presencia de cepas bacterianas anaerobias con un alto potencial de supervivencia.

**Palabras claves:** Bacterias, biorremediación, JET FUEL A1, suelo, tolerancia.

## INTRODUCCIÓN

Los combustibles de aviación son un producto especializado derivado del petróleo con un uso limitado a los aeropuertos. Los derrames de estos combustibles acontecen principalmente en instalaciones de manejo de petróleo a gran escala (incluidas las instalaciones de almacenamiento), en aeropuertos o durante el transporte del combustible (Argumedo, Arlarcón, Ferrera y Peña, 2009). El combustible que se encuentra en los centros de estación de almacenamiento puede penetrar de 15 a 20 cm el concreto y contaminar el suelo y el agua subterránea. Alrededor del 10% de cada gota de Jet Fuel A1 (JF) permanece en el concreto después de 4 horas (Hilpert, 2015).

Los combustibles poseen un alto poder bioacumulativo en especies acuáticas y son persistentes en condiciones anaerobias, por lo que, al estar en contacto dérmico, inhalatorio o por ingestión pueden ser letales, además de poseer características carcinogénicas (Chevron USA Inc., 2019). Diferentes estudios evidencian que el combustible Jet Fuel A1 es el más utilizado a nivel mundial y esto a su vez contribuye al aumento de su nivel de producción en torno a la demanda de la movilidad aérea de los pasajeros (Gomez, Gaviria, y Cardona, 2016).

En Ecuador, el aeropuerto de Guayaquil es el segundo con más movimiento de pasajeros con una capacidad 7 millones de pasajeros por año, siendo su proveedor de combustible la Terminal Aeroportuaria de Guayaquil S.A (TAGSA) (Gomez, Gaviria, y Cardona, 2016). . En Guayaquil, la geología del suelo consiste de profundos sedimentos blandos sobre rocas duras. El centro de la ciudad posee un suelo blando de arcilla blanca y se asienta en su mayor parte sobre rocas sedimentarias y calizas, la textura es limo-arcillosa en la superficie y totalmente arcillosa en profundidad, además de contar con un buen drenaje.

En el país también existe un alto índice de ocurrencia de derrames de combustibles al suelo. A pesar de las medidas de seguridad establecidas, se ha determinado que la etapa de almacenamiento y consumo de combustibles es la segunda fase que más produce derrames con un 39,58%, siendo superado por el transporte con un 49,16% (Petroecuador, 2016). Se han registrado varios accidentes en los cuales ha existido fuga de combustibles, mismos que presentan características toxicas por la presencia de compuestos alifáticos (insolubles en agua), hidrocarburos aromáticos (muy solubles en agua), naftenos (poco solubles en agua) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (pobre solubilidad en agua) (Astudillo y Vaca, 2018).

Antes de ejecutar el proceso de remediación conviene efectuarse distintos análisis previos como por ejemplo cultivos de enriquecimiento, aislar las cepas capaces de degradar el contaminante y obtener cultivos puros hasta conseguir cantidades de biomasa bacteriana significativa (Pacheco, 2019). La remediación biológica es óptima dado que se trabaja con bacterias nativas presentes en suelos contaminados (Sanguino, Leal, y Páez, 2013). Esta investigación desarrollada en el área del terminal de aeropuerto de la ciudad de Guayaquil y los laboratorios de la Universidad Agraria del Ecuador, tuvo como objetivo desarrollar una estrategia de tratamiento in situ, utilizando bacterias de los suelos contaminados con Jet Fuel A1. Además, sirvió para determinar la población y abundancia de bacterias presentes en sitios contaminados y así, aislar y caracterizar bacterias a diferentes concentraciones de este combustible.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron muestras del combustible Jet Fuel A1 y muestras de suelos contaminados, mismas que fueron llevadas al laboratorio para su respectivo análisis. Luego, se analizaron los efectos para cada tratamiento aplicado, y así determinar los resultados del trabajo en conjunto con la hipótesis planteada.

En la investigación se realizaron 4 tratamientos y se aplicaron 10 repeticiones, obteniendo un total de 40 muestras. La Tabla 1 describe los diferentes tratamientos con las respectivas dosis utilizadas.

**Tabla 1.** Tratamientos y dosis utilizadas en la experimentación.

Tratamiento	No.	Dosis utilizada
T1	0	Testigo absoluto: Muestra de suelo sin aplicación alguna
T2	1	Dosis de cultivo microbiano 0,05ml x 10 JF/g de suelo
T3	2	Dosis de cultivo microbiano 0,7 mlx10 JF/g de suelo
T4	3	Dosis de cultivo microbiano 1,1 ml x10JF/g de suelo

Nota. JF/g hace referencia al combustible Jet Fuel A1 por cada gramo de suelo

Para el muestreo de suelo contaminado, se tomaron muestras de suelo (5 kg) cercano a los contenedores de combustible a una profundidad máxima de 0,5m, para ser colocadas en fundas Ziplock de cierre hermético, las cuales fueron rotuladas, transportadas y finalmente almacenadas a una temperatura de 24°C. Posteriormente, se tomó una submuestra de 200 g de suelo contaminado con Jet Fuel A1 de los 5 kg iniciales, para luego ser inoculado en 50 mL de caldo de cultivo que contenía una dosis de 1 mL Jet Fuel A1. Posteriormente fue colocado en 4 frascos de vidrios esterilizados, para aumentar la biomasa de las células y seguidamente, obtener un extracto filtrado de 1 ml de cultivo de enriquecimiento. Para la preparación del caldo de cultivo, se utilizó 7,8 g de NUTRIENT BROTH en 600 ml de agua destilada.

Se realizó posteriormente un proceso de bioestimulación, preparando una solución con 50 g de suelo contaminado y 50 ml de caldo de cultivo 1:1 en cada microcosmo. En cada repetición se colocó las siguientes dosis de medio enriquecido con Jet Fuel por cada gramo de suelo como se indicó previamente en la Tabla 1. (T1 sin aplicación de tratamiento; T2: 0.5 ml; T3: 0,7 ml; T4: 1,1 ml). En este caso, los microcosmos fueron inoculados por una semana a temperatura ambiente y se agitó cada 24h. Una vez culminado el tiempo de incubación, se valoraron macroscópicamente el crecimiento de bacterias en cada microcosmo y los microorganismos que se inocularon en el caldo enriquecido con Jet Fuel A1, fueron dispensados en 40 cajas Petri.

Para el aislamiento se preparó un medio sólido (EXTRACT AGAR), donde se diluyó 18.4 gr en 800 mL de agua destilada. Los medios de cultivo se esterilizaron por autoclave, donde se dispensaron 800 mL de extracto de agar en un matraz y tubos de ensayos con tapa resistentes al calor. Todos los procedimientos se realizaron con técnica aséptica para evitar la contaminación cruzada.

Las 40 muestras de las cajas Petri estériles se dispensaron en 20 mL de extracto de Agar para posteriormente inocular una pequeña alícuota, para estimular el medio enriquecido de cada microcosmo con sus diferentes tratamientos, utilizando

la técnica de siembra por estriado. Las placas se incubaron por 24 horas a 25°C. Una vez finalizado dicho periodo de incubación, se ejecutó el conteo en una cámara Neubauer donde se estudió su crecimiento y la forma microscópica de los consorcios.

El suelo recolectado fue tamizado para determinar su textura, el suelo resultó un suelo arcilloso-arenoso y con un pH ligeramente ácido de 6.36. Las muestras recolectadas en cada frasco de 200 g fueron utilizadas para dos condiciones: anaerobias y aerobias; así, se observó la colonización de otras bacterias presentes a las nativas. Para facilitar el aislamiento, se preparó un caldo nutritivo esencial para que las bacterias logren nutrirse, adaptarse y por ende proporcionar una respuesta positiva al contaminante en estudio.

Las muestras fueron estudiadas considerando el tiempo de incubación, la dosis y el tipo de medio de cultivo. El aislamiento de bacterias en las cajas Petri se realizó a 25°C, y cada caja fue marcada con un signo positivo (+) cuando presentaban crecimiento en un medio enriquecido con Jet Fuel A1 y aquellas con ausencia de crecimiento se les designó un signo negativo (-).

En este estudio, los resultados fueron evaluados mediante un análisis ANOVA y prueba de medias de Tukey, con un 5% de significancia para elegir el área con mayor conteo. En el diseño estadístico completamente al azar aplicado, se utilizaron los tratamientos y repeticiones de la Tabla 2., y los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de la varianza:

**Tabla 2.** Análisis de la varianza (ANOVA)

Detalle	Grados de Libertad
Tratamientos	$4 - 1 = 3$
Repeticiones	$10 - 1 = 9$
Error Experimental (E.E.)	$(4-1) * (10-1) = 27$
Total	$(4*10) - 1 = 39$

Fuente: Modificado de Guillen, (2020)

Se observó que hubo crecimiento en todas las cajas encontrando principalmente hongos y bacterias formando biopelículas en un tiempo de 24 h (ver Tabla 3) tal como lo refieren Torres y Leal (2019) en su estudio, a través del cual determinaron que, en suelos contaminados con combustible aéreo Jet Fuel A1 hay presencia de microorganismos capaces de utilizar este tipo de contaminante como fuente de energía y por ende aumentar su población.

**Tabla 3.** Crecimiento microbiano observado a partir de las 24 horas de incubación a pH 6

Tratamientos	Observación
T1	Crecimiento +++++++
T2: 0.5 ml	Crecimiento +++
T3: 0.7 ml	Crecimiento +++++
T4: 1.1 ml	Crecimiento +++++++

Fuente: Modificado de Guillén (2020)

El aislamiento de bacterias anaerobias se realizó con 4 tratamientos en tubos de ensayo, se evidenció que hubo crecimiento bacteriano a 25°C. En su análisis Cervantes (2019), evaluó el comportamiento de ciertos microorganismos en suelos contaminados con derivados de hidrocarburos en el que corroboró su facilidad para adaptarse a este tipo de ambiente y favorecer la degradación de estos contaminantes, gracias a la presencia tanto de bacterias anaerobias, así como aerobias. En la investigación se pudo observar microscópicamente la biodiversidad de colonias, siendo la morfología circular e irregular la más sobresaliente en los tratamientos T1, T2, y T3, por otra parte, en el tratamiento 4 (T4) se observó en su mayoría bacterias filamentosas y rizoides. En T4 se observó una coloración opaca a diferencia de los primeros tratamientos, se cree que ello fue debido a que hubo mayor oxidación de algún componente del medio o Jet Fuel A1. Narvaéz, Gómez, y Matínez (2008) aseguran que, aquellas bacterias que toleran elevadas concentraciones de hidrocarburos, poseen mecanismos que les permiten bioacumular durante el proceso metabólico logrando así una biotransformación dentro de la membrana debido a la interacción con hidrocarburos provocando intoxicación o “stress” lo que se traduce como cambios en la membrana celular, tales como el aumento en la rigidez de la membrana por disminución de contenido de ácidos grasos insaturados; estas bacterias son las que se encontraron en gran diversidad dentro de los aislamientos realizados en la presente investigación.

El nivel de tolerancia se comprobó con el recuento del primer aislamiento de las cajas Petri con extracto de agar. Se tomaron en cuenta exclusivamente aquellas cajas que mostraban un número de 30 a 300 colonias y se procedió a hacer diluciones (1/10, 1/100, 1/1000) para realizar el conteo en cada una. En la dilución 1/1000 fue donde mayormente se pudo realizar un conteo diferenciado, debido al alto nivel de tolerancia y crecimiento de las bacterias. En T4 se observó crecimiento bacteriano abundante en comparación con los demás tratamientos, demostrando resistencia y tolerancia en un tiempo de 24 h en agar enriquecido con Jet Fuel A1 con la más alta dosis. En la Tabla 3, se observan los datos obtenidos mediante el conteo de las colonias con un factor de dilución 1/1000 en cada uno de los tratamientos aplicados.

En la Figura 1, se observa la cantidad de colonias contabilizadas en cada uno de los tratamientos aplicados, notándose que el T3 contiene mayor cantidad de colonias y mayor tolerancia.

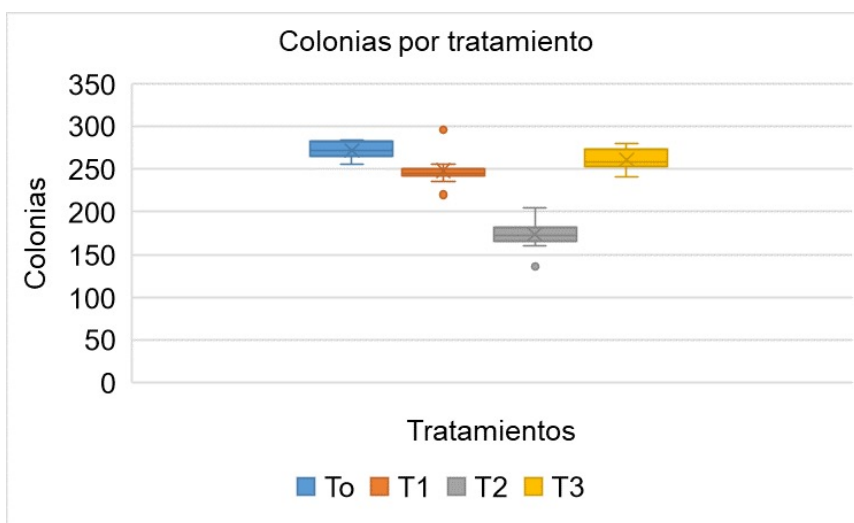


Figura 1. Promedio obtenido del conteo de Colonias por tratamiento

En la Tabla 4, se muestran los datos estadísticos descriptivos obtenidos del conteo de las colonias con un factor de dilución 1/1000 en cada uno de los tratamientos aplicados y tras aplicar 10 repeticiones a cada tratamiento.

**Tabla 4.** Datos estadísticos de los tratamientos aplicados

N° Tratamientos	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de Variación (%)	Min	Max
To	271.7	9.42	0.03	256	284
t1	248	19.31	0.08	220	296
t2	261	12.27	0.05	241	280
t3	261	12.27	0.05	241	280

Fuente: Modificado de Guillén (2020)

Tras realizarse el análisis estadístico de la varianza aplicado ANOVA (Prueba F) y el Test de Tukey respectivamente (Ver Tabla 5), se evidenció que existen diferencias significativas entre los tratamientos empleados con un valor  $F=31.06$  y un valor  $p < 0.0001$ .

**Tabla 5.** Aplicación del análisis estadístico Test de Tukey (Alfa=0.05, DMS=25.59317)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Agrupación
T2	181.3	10	7.3	A
T1	248	10	7.3	B
T3	255	10	7.3	B

Fuente: Modificado de Guillén (2020)

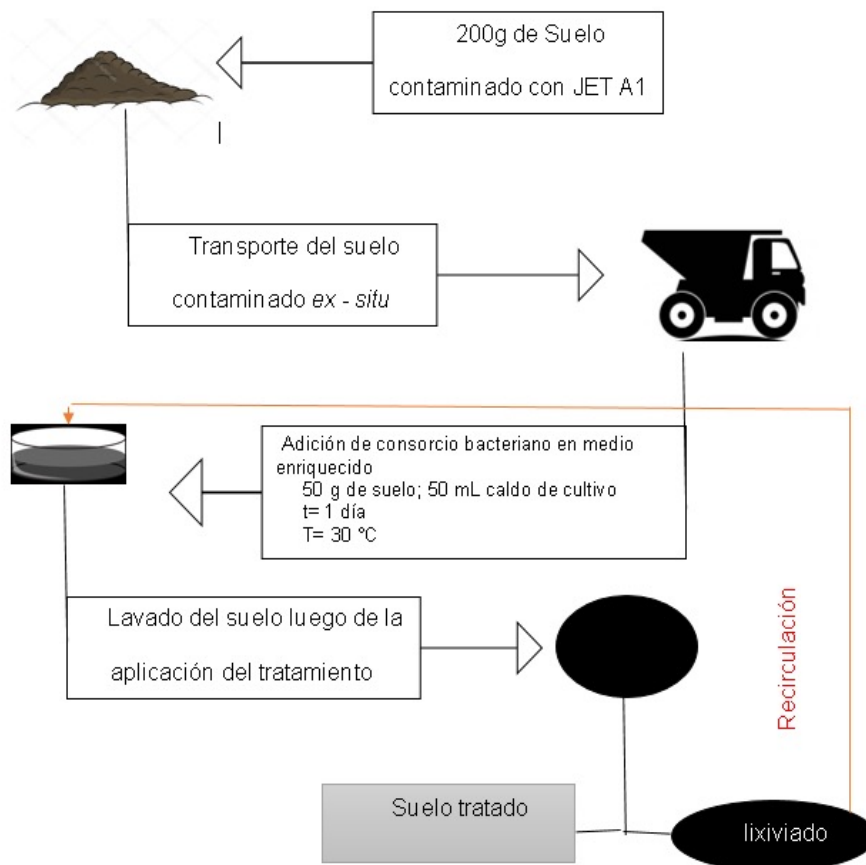
Finalmente, para la recuperación de suelos contaminados con combustible Jet Fuel A1 se propuso la aplicación de consorcios microbianos. Para esto, es necesario volver a señalar que este tipo de combustible, es altamente tóxico y al estar en contacto directo o indirecto con la población, afectan negativamente a la salud pública, ocasionando diversas enfermedades, por ser altamente carcinogénico y mutagénico (ATSDR, 2016).

Según Lafita (2016) por lo general siempre los procesos de biodegradación terminan en la mineralización en procesos aerobios, con la producción de H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>; mientras que en procesos anaerobios se obtiene CH<sub>4</sub>, especialmente del Jet Fuel A1. Se debe tomar en cuenta factores importantes como, el tipo de microorganismo y estructura química del compuesto. Además, los consorcios microbianos que se implemente para fines de depuración pueden ser nativos del sitio contaminado o a su vez exógenos.

La técnica más óptima es el medio enriquecido con altas concentraciones del contaminante ya que éste contiene los nutrientes y factores de crecimiento necesarios para bacterias, además, el uso de diluciones permite obtener colonias separadas y puras facilitando el aislamiento microbiano con métodos ex situ, y así lograr porcentajes considerables de remoción del combustible Jet Fuel A1 presentes en los suelos contaminados (Lafita, 2016).

A través de los experimentos realizados en este trabajo, se concluye que es posible aplicar metodologías biológicas al momento de recuperar suelos contaminados con hidrocarburos mediante la bioestimulación de los consorcios microbianos. Se

propone la aplicación de lixiviación de biopilas, lo cual es un proceso biológico controlado en donde los contaminantes orgánicos son biodegradados y mineralizados. El crecimiento y tolerancia de las bacterias al combustible Jet Fuel A1, ha permitido obtener datos significativos de una rápida adaptación y crecimiento, que podría traducirse esencialmente en la eliminación de los contaminantes, especialmente de hidrocarburos de bajo peso molecular. Se evidenció también que es posible aplicar metodologías biológicas al momento de remediar o recuperar pequeñas áreas (4m<sup>2</sup>) de suelos contaminados con el hidrocarburo en estudio.



**Figura 2.** Esquema de propuesta para la recuperación de suelos mediante consorcios bacterianos.

Fuente: (Guillen, 2020)

La Figura 2, representa un esquema generalizado de la propuesta de remediación de esta investigación. Se procede inicialmente a la extracción del suelo contaminado en el lugar de estudio (in situ). Hay ciertos factores ambientales no controlados que pueden representar interferencias al momento de realizar el trabajo en campo; la temperatura, por ejemplo, puede afectar indirectamente la eficiencia de la biodegradación y el crecimiento de consorcios, por lo que requiere una fuente suficiente de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo y diversos oligoelementos. Se estima que se consumen aproximadamente 150 g de nitrógeno y 30 g de fósforo para convertir 1 kg de hidrocarburos en células bacterianas. Para mitigar este tipo de interferencias, que se generan al realizar una biorremediación a gran escala, se debería hacer un estudio en planta piloto de bioaumentación (Castro et al., 2013).

Con respecto a la utilización de biopilas y consorcios, se propone aplicar el tercer tratamiento (T3) que presentó los mejores resultados dentro de la experimentación. Para

ello se debe contar con un lugar confinado en el cual se mantenga una temperatura de 30 °C. El suelo contaminado permanecerá un lapso de 24h para considerarse efectivo. Los consorcios microbianos aislados son agrupaciones naturales de dos o más especies que no solo están formados por bacterias. Además, hay consorcios nativos aislados que estimulan la degradación de hidrocarburos mediante la producción de surfactantes, estos tensoactivos hacen que el contaminante esté más biodisponible para los microorganismos (Burmolle et al., 2006). Los consorcios preparados o artificiales se consideran como opción al momento de realizar una biorremediación de suelos, los mismos que por lo general son obtenidos de la combinación con cepas exógenas, algunos consorcios de hongos, consorcios aislados de composta, consorcios halófilos, consorcio del filum Proteo bacteria (Torres et al., 2015).

Por otro lado, los consorcios nativos, son la mejor opción en la biorremediación de suelos. Sin embargo, si el consorcio hallado en el lugar de la contaminación no resulta apto se deberá proceder al ingreso de consorcios artificiales (Torres et al., 2015)

El Extracto Agar y el caldo nutritivo se emplearon en esta investigación, el cual puede ser utilizado ya que es un buen medio para el aislamiento de bacterias. Los microorganismos más utilizados son *Pseudomonas* sp., *Achromobacter* spp., *Alcaligenes* sp., *Bacillus* sp., *Rhodanobacter* spp., *Acinetobacter baumannii* (Maroto y Rogel, 2004). Para el caso del Jet Fuel A1, se debe realizar un aislamiento de microorganismos aerobios y anaerobios, por la diversidad metabólica y procesos complementarios que pudieran aumentar la eficiencia del proceso de biorremediación (Burmølle et al., 2006).

Se propone estudiar la cinética de degradación de contaminantes mediante ensayos in vitro para el tratamiento del suelo contaminado, empleando la dosis determinada en el presente trabajo (1:1) con la cantidad de suelo a tratar, de tipo arenoso-arcilloso. Al realizar ensayos in vitro es posible someter los consorcios bacterianos a condiciones extremas, para así conocer sus límites en supervivencia (Torres et al., 2015). Finalmente, en el lavado del suelo se retirarán contaminantes presentes en el mismo, y a su vez permitirá la reutilización y ahorro del recurso empleado (consorcio de bacterias). El lixiviado obtenido después del tratamiento debe ser recirculado 3 veces para garantizar que el suelo está libre del contaminante Jet Fuel A1.

## CONCLUSIONES

Se logró aislar bacterias de suelo (arcilloso-arenoso) contaminado con combustible aéreo Jet Fuel A1; a través de un cultivo de enriquecimiento y en medio Extracto de Agar en cajas Petri mediante diluciones.

En la determinación de la tolerancia de las bacterias en suelos contaminados, a través de la técnica de estriado en placas de extracto de Agar, se alcanzó un crecimiento bacteriano positivo y el Tratamiento 3 (dosis de cultivo microbiano 1,1 ml x10JF/g de suelo) fue el más eficiente con una mayor cantidad de cepas bacterianas que utilizaron el combustible aéreo como fuente de energía.

Los resultados obtenidos sugieren que microorganismos quimioorganótrofos tolerantes a combustibles de aeronaves como el Jet Fuel A1, podrían ser utilizados dentro de un proceso de biorremediación, en el contexto de aplicación de lixiviación de biopilas, para la biodegradación y/o mineralización de los contaminantes. El enriquecimiento de muestras acompañado de diversos ensayos in vitro pueden ser herramientas utilizadas para este propósito y mediante la propuesta.

## REFERENCIAS

- Argumedo, R., Alarcón, A., Ferrera, R., & Peña, J. (2009). El género Fúngico *Trichoderma* y su relación con contaminantes orgánicos e inorgánicos. *Internacional de Contaminación Ambiental*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v25n4/v25n4a6.pdf>
- Astudillo, E., & Vaca, M. V. (2018). Diagnóstico de la gestión de derrames de Hidrocarburos en gasolineras . *Investigation*, 7, 17. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/324580815\\_Diagnostico\\_de\\_la\\_gestion\\_de\\_derrames\\_de\\_hidrocarburos\\_en\\_gasolineras](https://www.researchgate.net/publication/324580815_Diagnostico_de_la_gestion_de_derrames_de_hidrocarburos_en_gasolineras)
- ATSDR. (2016). Resúmenes de Salud Pública - Combustibles JP-5 y JP-8 (Jet Fuels JP-5 and JP-8). Obtenido de Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs121.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs121.html)
- Burmølle, M., Webb, J. S., Rao, D., Hansen, L. H., Sørensen, S. J., & Kjelleberg, S. (2006). Enhanced Biofilm Formation and Increased Resistance to Antimicrobial Agents and Bacterial Invasion Are Caused by Synergistic Interactions in Multispecies Biofilms, 72(6), 3916–3923. <https://doi.org/10.1128/AEM.03022-05>
- Castro, Y., Castro, B., Garza, F., Rivera, P., Ortiz, L., & Heyer, Y. (2013). Adición de hidrocarburos. *Variation of Soil Microbial Populations Affected by the Addition of Hydrocarbons*, 221–230.
- Cervantes, S. A. (2019). Caracterización bioquímica de las comunidades bacterianas hidrocarburohólicas y su relación con las características fisicoquímicas del sustrato. Universidad Veracruzana, Tuxpan. Obtenido de <https://www.uv.mx/pozarica/egia/files/2014/12/2019-Sharon-Azareel-Cervantes-Angulo.pdf>
- Chevron Phillips Chemical Company LP. (2019). Jet A Aviation Fuel-Safety Data Sheet. EEUU. Obtenido de [http://www.cpchem.com/msds/100000014588\\_SDS\\_US\\_EN.PDF](http://www.cpchem.com/msds/100000014588_SDS_US_EN.PDF)
- Gomez, W., Gaviria, J., & Cardona, S. (2016). Evaluación de la bioestimulación frente a la atenuación natural y la bioaumentación en un suelo contaminado con una mezcla de gasolina. *DYNA*, vol. 76(núm. 160), 83-93. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49612068032>
- Guillen, M. (2020). Evaluación del nivel de tolerancia de los microorganismos a distintas concentraciones de jet fuel a1, provenientes de suelos contaminados. Universidad agraria del Ecuador. Retrieved from <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GUILLEN TOCTO BEXSI MERCEDES.pdf>
- Hilpert, Markus. (2015). Pequeños derrames de combustible en estaciones de servicios pueden contaminar el suelo. *Blogsphere*. Obtenido de <https://blogs.agu.org/geospace/2015/12/17/tiny-fuel-spills-at-gas-stations-can-contaminate-soil/>
- Lafita, C. (2016). Degradación de disolventes orgánicos de uso industrial en un reactor anaerobio de lecho expandido. Universitat de Valencia. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/71057916.pdf>
- Maroto, E., & Rogel, J. (2004). Aplicación de sistemas de biorremediación de suelos y aguas contaminadas por hidrocarburos. *Geocisa*, 297–305. Obtenido de <https://>

[www.academia.edu/download/59471660/028\\_120190531-124186-1yknes7.pdf](http://www.academia.edu/download/59471660/028_120190531-124186-1yknes7.pdf).

Narvaéz, S., Gómez, M., & Matínez, M. (2008). Selección de bacterias con capacidad degradadora de hidrocarburos aisladas a partir de sedimentos del Caribe colombiano. *Boletín de investigaciones Marinas y Costeras*, 37(1), 61-71.

Pacheco, M. (2019). Bacterias nativas comen el petróleo y remedian suelos contaminados en Ecuador. *El comercio*, pág. 2. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/bacterias-petroleo-contaminacion-suelos-ecuador.html>

Petroecuador. (2016). Informe Estadístico Petroecuador. Quito. Obtenido de <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/INFORME-ESTAD%C3%8DSTICO-2016.pdf>

Sanguino, A., Leal, B., & Páez, D. (2013). Contaminación microbiana en turbo-combustibles de aviación y su evaluación a través de la medición del adenosín trifosfato (ATP), 13, 155–170.

Torres, D., Acevedo, O., Romo, C., Marmolejo, Y., & Gayosso, M. (2015). Participación de consorcios microbianos en la biodegradación de hidrocarburos aromáticos policíclicos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(3), 77-86. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/296698154>