



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i3>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

*La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo:
Caso de estudio de una lubricadora*

*Soil contamination a growing activity in the Quevedo canton: Case study of a
lubricator*

*Contaminação do solo uma atividade crescente no cantão de Quevedo: Estudo de
caso de um lubrificador*

Byron Andrés Burgos-Carpio ^I
byanburcar@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2840-9997>

Carmen Elizabeth Estupiñán-Véliz ^{II}
carmita.esve@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3419-4272>

Denisse Elizabeth Carreño-Tapia ^{III}
denisse15@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7479-5550>

Carmín Aydee De Gracia-Pérez ^{IV}
carmindgp@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2079-9748>

Correspondencia: byanburcar@gmail.com

***Recibido:** 29 de octubre del 2022 ***Aceptado:** 28 de noviembre del 2022 * **Publicado:** 23 de diciembre del 2022

- I. Licenciado en Gestión Ambiental por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Egresado del Programa de Maestría en Seguridad Industrial y Medio Ambiente por la Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador.
- II. Licenciada en Gestión Ambiental por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Egresada del Programa de Maestría en Gestión Ambiental por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
- III. Licenciada en Gestión Ambiental por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
- IV. Ingeniera Petroquímica por la Universidad Politécnica de las Fuerzas Armadas de Venezuela (UNEFA), Egresada del Programa de Maestría en Gestión Ambiental por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

Resumen

El estudio tuvo por finalidad evaluar la calidad del suelo de una lubricadora ubicada en la parroquia el Guayacán del cantón Quevedo. El procedimiento metodológico aplicado consistió en lo siguiente: a) toma de tres muestras de suelo en zonas adyacentes a la lubricadora a distancias de 0, 10 y 20 metros y a profundidades de 10, 20 y 30 cm; b) análisis físico-químico de las muestras en el Laboratorio de Biotecnología de la UTEQ; c) interpretación de los resultados obtenidos y su respectiva comparación con los estándares legales de calidad establecidos para el uso de suelo residencial; d) establecimiento de la propuesta de remediación del suelo en función del tipo de contaminantes caracterizados. Los resultados de la investigación indican: a) el manejo de los aceites lubricantes usados en la lubricadora evaluada no es el adecuado, constituyéndose así en un riesgo inminente de contaminación ambiental; b) los parámetros conductividad eléctrica, densidad aparente, densidad real, humedad, materia orgánica y pH no transgreden los estándares de calidad tipificados en la normativa ambiental vigente. Se concluye que se debe trabajar para que el sitio lleve a cabo procesos más eficientes y sostenibles que impidan la contaminación del recurso suelo.

Palabras claves: Suelo; Aceites; Lubricantes; Contaminación.

Abstract

The purpose of the study was to evaluate the quality of the soil of a lubricator located in the Guayacán parish of the Quevedo canton. The applied methodological procedure consisted of the following: a) taking three soil samples in areas adjacent to the lubricator at distances of 0, 10 and 20 meters and at depths of 10, 20 and 30 cm; b) physical-chemical analysis of the samples in the UTEQ Biotechnology Laboratory; c) interpretation of the results obtained and their respective comparison with the legal quality standards established for the use of residential land; d) Establishment of the soil remediation proposal based on the type of pollutants characterized. The results of the investigation indicate: a) the handling of the lubricating oils used in the evaluated lubricator is not adequate, thus constituting an imminent risk of environmental contamination; b) the electrical conductivity, apparent density, real density, humidity, organic matter and pH parameters do not transgress the quality standards established in current environmental regulations.

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

It is concluded that work must be done so that the site carries out more efficient and sustainable processes that prevent contamination of the soil resource.

Keywords: Soil; Oils; lubricants; Contamination.

Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar a qualidade do solo de um lubrificador localizado na freguesia de Guayacán do cantão de Quevedo. O procedimento metodológico aplicado consistiu no seguinte: a) coleta de três amostras de solo em áreas adjacentes ao lubrificador nas distâncias de 0, 10 e 20 metros e nas profundidades de 10, 20 e 30 cm; b) análise físico-química das amostras no Laboratório de Biotecnologia da UTEQ; c) interpretação dos resultados obtidos e respectiva comparação com os padrões legais de qualidade estabelecidos para a utilização de terrenos habitacionais; d) Estabelecimento da proposta de remediação do solo com base no tipo de poluentes caracterizados. Os resultados da investigação indicam: a) o manuseio dos óleos lubrificantes utilizados no lubrificador avaliado não é adequado, constituindo-se em risco iminente de contaminação ambiental; b) os parâmetros de condutividade elétrica, densidade aparente, densidade real, umidade, matéria orgânica e pH não ultrapassem os padrões de qualidade estabelecidos nas normas ambientais vigentes. Conclui-se que é preciso trabalhar para que o local realize processos mais eficientes e sustentáveis que evitem a contaminação do recurso solo.

Palavras-chave: Solo; Óleos; lubrificantes; Contaminação.

Introducción

El aceite residual automotriz es un agregado de elementos de hidrocarburos compuestos por productos como alifáticos, aromáticos, policíclicos, halogenados y metales pesados que al entrar en contacto directo con el suelo ocasionan daños severos, entre ellos: cambios en su composición, restringen el intercambio gaseoso con la atmosfera, inhiben la actividad microbiana nativa, mengua de la fertilidad y pérdida de cobertura vegetal (Juárez & Sánchez, 2014). Este tipo de aceite posee un efecto letal para el ambiente y la salud de las personas expuestas debido a la diversidad de elementos tóxicos que contiene (Barrera & Velecela, 2015; Breko, 2015).

En su composición alberga varios elementos de alta toxicidad, tales como: aluminio, azufre, cadmio, fósforo y plomo, los mismos que cumplen con la función de estabilización del aceite,

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

resistencia a elevadas temperaturas, durabilidad, entre otras particularidades típicas de los aceites lubricantes, dieléctricos e hidráulicos (Castellanos, Isaza, & Torres, 2015). Muchos de sus componentes evidencian características cancerígenas y descriptores endocrinos (Juárez & Sánchez, 2014). Los componentes alifáticos son emitidos al ambiente mediante atenuación natural; no obstante, los fragmentos recalcitrantes se mantienen invariables (Anza, y otros, 2016).

Los aceites lubricantes se caracterizan por ser de uso muy masivo dentro del sector industrial, de servicios y transporte. Es por ello que las fuentes y los actores involucrados en su generación son muy variados (Galindo, y otros, 2017). Las estaciones de servicio, talleres de mantenimiento vehicular (mecánicas, lubricadoras, lavadoras) y las plantas industriales son grandes generadores de residuos y contaminación para el medio ambiente (Navarro, 2014).

Los derrames de aceites usados son la principal causa de contaminación del suelo con estas sustancias; cuando el contaminante llega al suelo inhibe el intercambio gaseoso con la atmósfera e inician un proceso físico-químico de evaporación y penetración, que, según la tipología de hidrocarburo, condiciones ambientales textura del suelo y proporción vertida pueden tornarse en procesos lentos, ocasionando una mayor toxicidad (Acevedo, 2017).

Las malas prácticas en la disposición final de los aceites lubricantes usados por parte de las lubricadoras y lavadoras de autos, talleres mecánicos, autoservicios, y similares ha generado variados focos de contaminación del suelo urbano y fuentes de agua subterránea (consecuencia de la lixiviación) (González, 2018). Esto se debe a que dichos centros de mantenimiento vehicular no disponen del conocimiento, equipos y técnicas de gestión adecuadas para dichos residuos, disponiéndolos de manera inadecuada en los sistemas de drenaje (alcantarillas), quebradas, fosas o directamente en el suelo, causando así una contaminación severa del recurso, si consideramos la alta toxicidad de los componentes del aceite usado.

Esta mala práctica ambiental ha sido muy recurrente en zonas urbanas muy densas o con alto nivel comercial e industrial, en las que el parque automotor juega un rol fundamental para su desarrollo, y que en paralelo demanda de una constante renovación del aceite de motor y a su vez genera grandes volúmenes de aceite de desecho que contaminan el suelo urbano. Ante esto, los métodos de remediación disponibles son muy costosos y demandan de una determinada experticia (Cifuentes & Ramírez, 2017). Por tanto, se requiere inducir tratamientos óptimos, es decir, acordes al tipo de

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

contaminante a tratar y al medio, a fin de garantizar una reducción significativa del contaminante (Barrios, Robayo, Prieto, & Cardona, 2015).

Los propietarios de las lubricadoras del cantón Quevedo aplican procesos pocos sostenibles y amigables con el ambiente, y es palpable la carencia de técnicas adecuadas de acopio, recolección y aprovechamiento de los residuos aceitosos, ha producido severos daños en la calidad del suelo circundante a dichas instalaciones, y es más, no solo contaminan el suelo sino que deterioran las fuentes de agua superficial y subterránea, lo cual se transforma en un riesgo latente para la salud de la población humana, misma que ya comienza a sentir los estragos de la contaminación de los recursos naturales (Mendoza & Robles, 2015). Esta situación se ha potencializado debido a la falta de regulación y control por parte de las autoridades competentes (Municipio y MAE), lo cual ha facultado a los propietarios de las lubricadoras a disponer o manejar inadecuadamente los residuos aceitosos generados por sus negocios de lubricación.

En el caso particular de la Lubricadora situada, sobre el km 1 correspondiente a vía Quevedo-El Empalme, ésta ejecuta sus actividades de mantenimiento vehicular en una zona periurbana de baja densidad poblacional; sin embargo, el suelo circundante a la misma exhibe rasgos de aceite lubricante. Por tanto, se deduce que las actividades de lubricación no se están ejecutando de manera adecuada. Con la investigación se busca: Evaluar la calidad del suelo posiblemente contaminado por una lubricadora ubicada en la parroquia El Guayacán del cantón Quevedo.

Metodología

Localización del área de estudio

El área de estudio correspondiente a una Lubricadora se sitúa en la parroquia urbana El Guayacán del cantón Quevedo, contiguo a la vía Transversal Central (E30), km 1 del tramo Quevedo-El Empalme (ilustración 1).

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

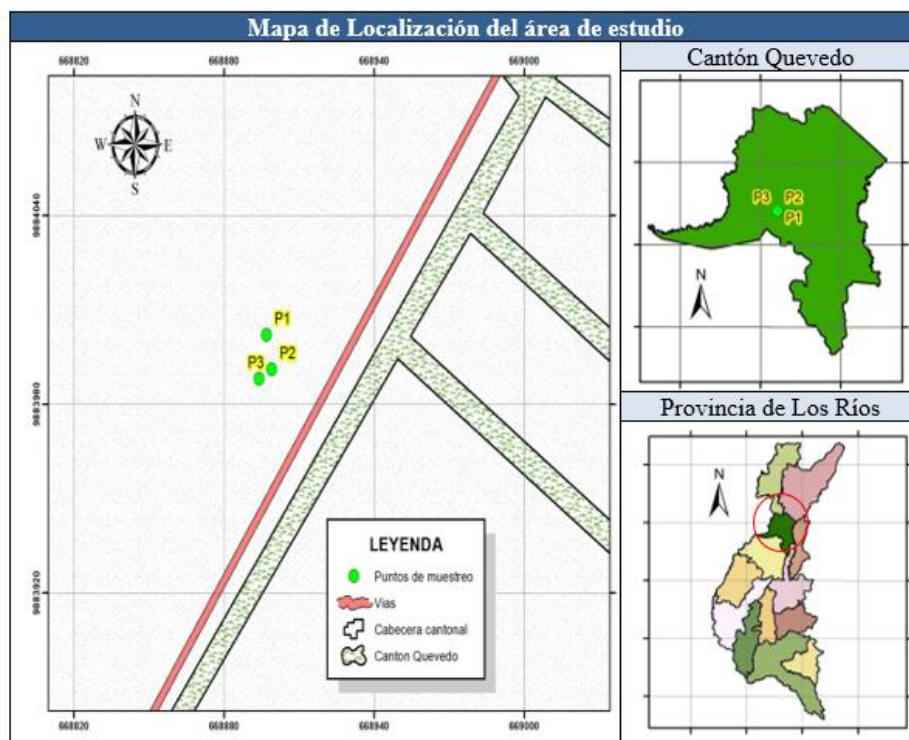


Figura 1: Mapa de localización de los puntos de muestreo de suelo.

Los puntos de monitoreo de suelo se expresan en coordenadas UTM para los tres sitios seleccionados (tabla 1).

Figura 2: Coordenadas UTM de los sitios de muestreo.

Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
P1	668897	9884002
P2	668899	9883991
P3	668894	9883988

Proceso metodológico

Consistió en la realización de una entrevista al propietario de la lubricadora, a fin de recabar información pertinente al objeto de estudio. Para ello será necesario estructurar los cuestionamientos respectivos en base a los siguientes criterios: (i) cantidad de vehículos atendidos por día, (ii) manejo y disposición final de los aceites usados, (iii) regulación y control ambiental,

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

(iv) seguridad de las instalaciones, (v) tipo de servicios brindados, (vi) tipo de vehículos atendidos, (vii) volumen de aceite usado generado por día, (viii) evidencias de contaminación ambiental, (ix) uso del suelo, (x) características del entorno. Además, se elaborará una matriz de análisis FODA a fin de identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas a las que se enfrenta la lubricadora (tabla 2).

Figura 3: Matriz ejemplo matriz FODA.

Análisis interno	Fortalezas	Debilidades
	Oportunidades	Amenazas
Análisis externo		

Proceso de estimación de las características físico-químicas del suelo

Se utilizaron varios protocolos para el análisis en laboratorio, como sigue: (i) pesaje en un recipiente con tapa seco y pre-pesado, 25 g de muestra cómo fue tomado del suelo; (ii) colocación en la estufa y secar destapado a 105±5°C hasta masa constante (24 horas); (iii) se retira de la estufa y se enfría en el equipo desecador; (iv) se retira de la estufa se tapa y se enfría en desecador; (vi) luego del proceso anterior pasa a la balanza analítica; (viii) por último se calcula el contenido de agua; según la siguiente expresión:

$$Agua (\%) = \frac{a - b}{b - c} * 100$$

Dónde:

a = masa del suelo (g) tal y como se recibió + recipiente

b = masa del suelo (g) seco a 105±5°C + recipiente

c = masa del recipiente (g)

1. Calcular el factor de corrección por humedad según la siguiente ecuación:

$$Fch = \frac{100 + Agua (\%)}{100}$$

Dónde:

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

Agua (%) = contenido de agua

Para el análisis de la densidad aparente se realizaron las siguientes actividades: (i) toma de muestra en el suelo aproximadamente unos (25 g); (ii) transvase en el capsula; (iii) procesamiento de la muestra a 105° C durante un día (24 horas); (iv) mediación del peso de la muestra resultante más la capsula; (v) se toma la capsula para las correcciones respectivas y posterior aplicación de los valores dentro de la formula.

1. Tomar peso del suelo seco más la cápsula
2. Tome el peso de la cápsula sola y realice las respectivas correcciones:

$$Volumen\ cilindro = \pi . r^2 . h$$

$$Da = \frac{Peso\ suelo\ seco\ 105\ ^\circ C}{Volumen\ del\ cilindro}$$

Para la medición del color del suelo en el campo utilizando una muestra, bajo dos condiciones: seco y húmedo, identificando la condición física de la muestra (agregado de suelo separado, friccionado, triturado o triturado y alisado).

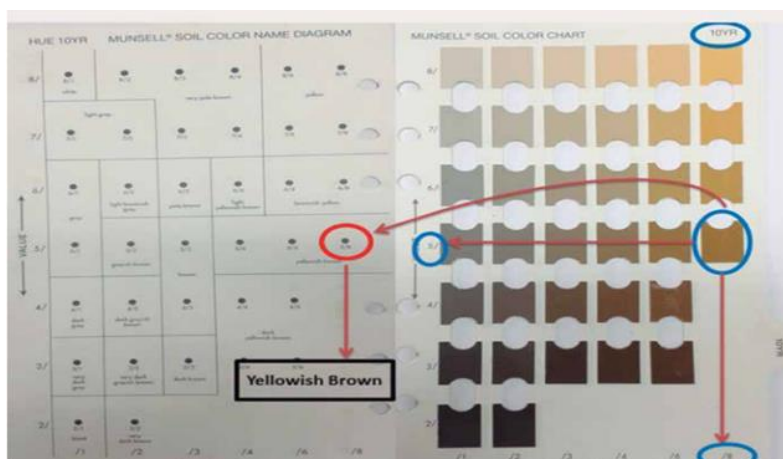


Figura 4: Carta Munsell para identificación de color de suelos.

Las actividades de densidad real extraída del trabajo de Cabrera y Montenegro (2014) consistieron en: (i) en el pesaje del picnómetro sin ningún residuo e incluyendo la tapa, luego se introduce aproximadamente 10g de suelo secado al aire; (ii) se pesa luego el picnómetro con la muestra de suelo y su tapa, se adiciona agua destilada hasta la mitad del picnómetro; se calienta hasta la

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

ebullición para la eliminación del aire; (iii) se enfría el picnómetro en el desecador y para llevar el picnómetro se agrega agua hervida hasta su llenado; (iv) se coloca la tapa del picnómetro y se ejecuta un nuevo peso donde se incluya la tapa; (v) se remueve la totalidad del contenido del picnómetro hasta completar con agua destilada; (vi) se saca la parte exterior para su secado, midiendo los °C del agua, para posterior calcular la densidad real a través de la siguiente formula.

$$Dr = \frac{dw(Ws - Wa)}{(Ws - Wa) - (Wsw - Ww)}$$

Dónde:

Dr = densidad real

Dw = densidad del agua a la temperatura observada

Ws = peso del picnómetro más el suelo

Wa = peso del picnómetro vacío

Wsw = peso del picnómetro + suelo + agua

Ww = peso del picnómetro + agua

Figura 5: Factores para la corrección de la densidad del agua

Temperatura (°C)	Densidad del agua g/ml
18	0.99897
20	0.99862
22	0.99823
24	0.99780
26	0.99732
28	0.99681

Resultados

Diagnóstico de la lubricadora evaluada

Como parte del diagnóstico situacional se elaboró una caracterización del área de influencia de la lubricadora, a fin de identificar los vínculos con la comunidad, los trabajadores y el ambiente circundante (tabla 12).

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

Figura 6: Caracterización del área de influencia de la Lubricadora “El Chavo”.

Ítem	Aspecto	Descripción
1	Condiciones ambientales del entorno	<p>→ <i>Agua</i>, el área de emplazamiento de la lubricadora dispone del servicio de agua potable, procedente de fuente subterránea.</p> <p>→ <i>Aire</i>, el entorno atmosférico es relativamente intervenido debido a la emisión de gases tóxicos procedentes del fluido tráfico vehicular en la zona.</p> <p>→ <i>Suelo</i>, corresponde a un tipo de suelo arcilloso-arenoso, medianamente profundo y con pendiente plana.</p> <p>→ <i>Flora</i>, se evidencian rasgos de vegetación arbustiva.</p>
2	Localización	<p>→ La Lubricadora se localiza en la parroquia urbana El Guayacán del cantón Quevedo, contiguo a la vía Transversal Central (E30), km 1 del tramo Quevedo-El Empalme, margen derecho.</p>
3	Uso del suelo	<p>→ El área de estudio corresponde a un uso de suelo de tipo residencial, debido a que la cabecera cantonal se extiende un poco más el exterior de la localidad estudiada, quedando esta zona enmarcada dentro de dicha categoría.</p>
4	Infraestructura	<p>→ El establecimiento dispone de un espacio físico de 2500 m² en donde se desarrollan las actividades de lubricación.</p> <p>→ Cuenta con una cubierta en la parte externa.</p> <p>→ No se dispone de un piso adecuado para la ejecución de los trabajos; éstos se efectúan en el suelo desnudo.</p> <p>→ Carece de servicios higiénicos.</p> <p>→ No existe señalización interna.</p>
5	Servicios prestados	<p>→ La lubricadora presta los servicios de lubricación y engrasada de partes móviles, cambio de aceite, reposición de filtros y pulverizada.</p> <p>→ No dispone de áreas diferenciadas para cada tipo de servicio.</p>
6	Salud y seguridad de los trabajadores	<p>→ Las personas encargadas de los trabajos no cuentan con los equipos de protección personal adecuados, esto es, gafas, guantes y botas.</p>

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

7	Manejo de residuos aceitosos	<p>→ <i>Almacenamiento</i>, gran parte de los residuos aceitosos recolectados son acopiados en reservorios de metal, dispuestos dentro de las instalaciones de la lubricadora. Es importante aclarar que no todo el residuo generado es recolectado; existe una cierta proporción que es derramado en el suelo circundante.</p> <p>→ <i>Tratamiento</i>, estos residuos no son sometidos a ningún tratamiento.</p> <p>→ <i>Disposición</i>, regularmente los desechos aceitosos recogidos son cedidos a terceras personas para su utilización en otras actividades, principalmente como combustible secundario.</p>
8	Rasgos de contaminación	<p>→ El suelo adyacente a la lubricadora evidencia rasgos de contaminación con aceites residual.</p>

A continuación, se describe la matriz FODA de la Lubricadora evaluada, en la que se hace mención a las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades (tabla 9).

Figura 7: Matriz FODA de la Lubricadora “El Chavo”.

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> Buena disposición del espacio físico. Acogida de clientes. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de infraestructura (trampas de grasa y líneas perimetrales) para prevención de derrames. Mala gestión de los residuos aceitosos. Existencia de derrames de aceites usados en suelo desnudo. Riesgo de intoxicación por el contacto directo con aceites usados.
Oportunidades	Amenazas

Análisis interno

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

- Buena localización geográfica dentro de la urbe.
- Sanciones por incumplimiento de la normativa ambiental.
- Bajo radio de acción de competidores.

Características físico-químicas de la calidad del suelo

Análisis estadístico y comparación legal

La conductividad eléctrica del suelo evidencio un promedio de 164,06 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el mismo que no supera el estándar de calidad establecido en la norma vigente (200 $\mu\text{S}/\text{cm}$); además, se identificó que el valor más representativo de conductividad se registró a una distancia de 10 metros (tabla 10).

Figura 8: Estadística Descriptiva Conductividad

Distancia	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Límite Máximo Permissible
0m	157.644	120.96	76.7299%	73.1	399.0	200 $\mu\text{S}/\text{cm}$
10m	181.633	125.761	69.2387%	82.5	435.0	
20m	152.922	90.2168	58.9952%	80.5	302.0	
Total	164.067	109.712	66.8705%	73.1	435.0	

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Conductividad entre un nivel de Distancia y otro, con un nivel del 95.0% de confianza (tabla 11).

Figura 9: Análisis de varianza del factor Distancia

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
--------	-------------------	-------	----------------	---------	---------

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

Entre grupos	4266.28	2	2133.14	0.17	0.8481
Intra grupos	308690.	24	12862.1		
Total (Corr.)	312956.	26			

Con respecto al parámetro densidad aparente se obtuvo un promedio de 61,67 gramos; además se identifica que el valor correspondiente a la distancia de 10 metros es mucho más representativo que los valores de las otras distancias (tabla 12).

Figura 10: Estadística descriptiva Densidad aparente

Distanci a	Recuent o	Promedi o	Desviación Estándar	Coficiente Variación	de Mínim o	Máxim o	Rango
0m	9	39.6389	57.7737	145.75%	1.08	118.0	116.92
10m	9	73.0367	54.1278	74.1104%	1.02	115.0	113.98
20m	9	72.3456	53.5961	74.0834%	1.01	112.0	110.99
Total	27	61.6737	55.3583	89.76%	1.01	118.0	116.99

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Densidad aparente entre un nivel de Distancia y otro, con un nivel del 95.0% de confianza (tabla 13).

Figura 11: Análisis de varianza del factor Distancia

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6556.85	2	3278.42	1.08	0.3568
Intra grupos	73121.3	24	3046.72		
Total (Corr.)	79678.1	26			

El valor promedio de la densidad real del suelo es de 84,74 gramos. Vale indicar que los datos de este parámetro fueron mayormente representativos a una distancia de 0 metros (tabla 14).

Figura 12: Estadística descriptiva Densidad real

Distancia	Recuento	Promedi	Desviación	Coficiente	de Mínim	Máxim	Rango
-----------	----------	---------	------------	------------	----------	-------	-------

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

		o	Estándar	Variación	o	o	
0m	9	79.13	45.6029	57.6304%	16.8	162.87	146.07
10m	9	115.4	72.3297	62.6774%	40.93	230.1	189.17
20m	9	59.6911	25.0896	42.0323%	35.66	98.82	63.16
Total	27	84.7404	54.7428	64.6006%	16.8	230.1	213.3

El valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Densidad real entre un nivel de Distancia y otro, con un nivel del 95.0% de confianza (tabla 15).

Figura 13: Análisis de varianza del factor Densidad real

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	14390.6	2	7195.3	2.72	0.0863
Intra grupos	63525.6	24	2646.9		
Total (Corr.)	77916.2	26			

El valor promedio de humedad del suelo es de 1,48%. Además, se identificó que a medida que se incrementa el valor de la distancia, disminuye la humedad del suelo; de este modo se interpreta como una relación inversamente proporcional (tabla 16).

Figura 14: Estadística descriptiva Humedad

Distancia	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	de Mínimo	Máximo	Rango
0m	9	1.60667	0.790237	49.1849%	1.06	2.86	1.8
10m	9	1.43333	0.494469	34.4979%	1.07	2.26	1.19
20m	9	1.40667	0.536237	38.1211%	1.01	2.25	1.24
Total	27	1.48222	0.603339	40.705%	1.01	2.86	1.85

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Humedad entre un nivel de Distancia y otro, con un nivel del 95.0% de confianza (tabla 17).

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

Figura 15: Análisis de varianza del factor Humedad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.212267	2	0.106133	0.28	0.7617
Intra grupos	9.2522	24	0.385508		
Total (Corr.)	9.46447	26			

La humedad del suelo exhibió un promedio de 0,46%. También se observó que el promedio perteneciente a la distancia de 10 metros es superior a las otras dos distancias (tabla 18).

Figura 16: Estadística descriptiva Humedad

Distancia	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	de Mínimo	Máximo	Rango
0m	9	0.424444	0.438067	103.21%	0.03	1.18	1.15
10m	9	0.543333	0.554549	102.064%	0.01	1.76	1.75
20m	9	0.426667	0.398089	93.3022%	0.01	1.18	1.17
Total	27	0.464815	0.453468	97.5589%	0.01	1.76	1.75

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Materia orgánica entre un nivel de Distancia y otro, con un nivel del 95.0% de confianza (tabla 19).

Figura 17: Análisis de varianza del factor Humedad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0832519	2	0.0416259	0.19	0.8283
Intra grupos	5.26322	24	0.219301		
Total (Corr.)	5.34647	26			

El valor promedio de materia orgánica del suelo correspondió a 0,46%. Con respecto a este parámetro se observó que éste fue más alto en la distancia de 10 metros (tabla 20).

Figura 18: Estadística descriptiva Materia orgánica

Distancia	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	de Mínimo	Máximo	Rango
-----------	----------	----------	---------------------	---------------------------	-----------	--------	-------

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

0m	9	0.42444	0.438067	103.21%	0.03	1.18	1.15
10m	9	0.54333	0.554549	102.064%	0.01	1.76	1.75
20m	9	0.42666	0.398089	93.3022%	0.01	1.18	1.17
Total	27	0.46481	0.453468	97.5589%	0.01	1.76	1.75

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Materia orgánica entre un nivel de Distancia y otro, con un nivel del 95.0% de confianza (tabla 21).

Figura 19: Análisis de varianza del factor Materia orgánica

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0832519	2	0.0416259	0.19	0.8283
Intra grupos	5.26322	24	0.219301		
Total (Corr.)	5.34647	26			

El valor promedio del pH del suelo es de 5,87. En relación a este parámetro se observó que los valores muestran una tendencia ascendente cuando la distancia se reduce a cero; de modo que se da lugar a la existencia de una relación inversamente proporcional entre las dos variables (tabla 22).

Figura 20: Estadística descriptiva pH

Distancia	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	de	Mínimo	Máximo	Rango
0m	9	6.05444	1.4876	24.5704%		3.21	7.06	3.85
10m	9	5.83556	1.88984	32.385%		2.56	7.14	4.58
20m	9	5.73333	1.26006	21.9778%		2.85	6.82	3.97
Total	27	5.87444	1.51228	25.7434%		2.56	7.14	4.58

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de Distancia y otro, con un nivel del 95.0% de confianza (tabla 23).

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

Figura 21: Análisis de varianza del factor pH

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.484422	2	0.242211	0.10	0.9065
Intra grupos	58.9776	24	2.4574		
Total (Corr.)	59.4621	26			

Discusión de resultados

Las labores ejecutadas dentro de los centros de lubricación vehicular, o comúnmente denominadas lubricadoras, son de alto riesgo para la salud de la sociedad civil y el deterioro de los recursos naturales, debido a la constante manipulación de sustancias tóxicas. La Lubricadora evaluada de la ciudad de Quevedo no dista mucho de aquella realidad, de hecho, durante las visitas efectuadas hasta sus instalaciones se pudo divisar que las personas encargadas de brindar el mantenimiento vehicular, carecen del uso de Equipos de protección personal (EPP) que ayuden a ser una protección en los riesgos laborales ya que manejan químicos altamente tóxicos y perjudiciales para la salud. Como prueba de ello se destaca la investigación de Fong, Quiñonez, & Tejada (2017), en la que se hace mención que los agentes químicos concentrados en los residuos aceitosos procedentes del parque automotor, son capaces de penetrar los tejidos humano y animal, y ocasionar severas lesiones, y hasta cáncer (Fong, Quiñonez, & Tejada 2017). Otro de los aspectos a destacarse en el diagnóstico es la carencia de infraestructuras adecuadas que faciliten el desarrollo de las actividades de la lubricadora evaluado, así como el deficiente manejo otorgado a los residuos aceitosos; dichas deficiencias pueden ser fatales para el entorno circundante. En este sentido, el estudio de Játiva (2013) pone de manifiesto que cerca de un tercio del aceite lubricante generado es desperdicia durante su utilización, principalmente por pequeñas fugas en el motor (Játiva, 2013).

Los parámetros físico-químicos analizados en laboratorio tales como: conductividad eléctrica, densidad aparente, densidad real, humedad, materia orgánica y pH no evidenciaron incumplimiento legal con respecto a la normativa ambiental vigente; es decir, que sus valores promedios se ajustan al estándar de calidad fijado para usos de suelo residencial. La conductividad eléctrica ostento un valor promedio de 164,06 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor que se sitúa por debajo de los 203 $\mu\text{S}/\text{cm}$ reportado por Nápoles, y otros (2005) en suelos contaminados con petróleo. El valor de pH obtenido fue de 5,87, mientras que Cabrera (2014) identifico valores de pH dentro del rango de 7,21-7,90 en suelos

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

adyacentes a piscinas contaminadas con petróleo (Cabrera & Montenegro, 2014). La humedad del suelo reportada fue de 1,48%, misma que dista mucho del valor obtenido por Cabrera (2014), el cual oscila entre 14,90-31,83%. El valor promedio de materia orgánica fue de 0,46%, mismo que discrepa mucho con el 11,6% identificado por Nápoles, y otros (2005). Los valores de densidad aparente y real fueron de 61,67 g y 84,74 g, respectivamente. La variabilidad observada entre los valores calculados y los referidos se debe a que estos últimos corresponden a sitios previamente regenerados; es decir, sometidos a algún tipo de remediación.

Conclusiones

- Las condiciones de manejo de productos derivados de hidrocarburos (aceites lubricantes) usados no es la adecuada, debido a que no se emplean los equipos de protección para su manipulación; además las instalaciones de la lubricadora no garantizan un correcto acopio de los mismos, lo cual se constituye en un riesgo latente de derrame.
- Los parámetros conductividad eléctrica, densidad aparente, densidad real, humedad, materia orgánica y pH no evidenciaron incumplimiento legal; sin embargo, es esencial mantener un adecuado monitoreo de los mismos, sobre todo el pH, contenido de humedad y materia orgánica, ya que de su estabilidad penden la funcionalidad del recurso.
- Por tratarse de un tipo de contaminación en la que se involucra una gran variedad de metales pesados, es necesario disponer de métodos y técnicas de remediación preferentemente biológicos, debido a su gran eficiencia en la extracción de dichos contaminantes.

Referencias

1. Acevedo, R. (2017). Análisis comparativo de la viabilidad técnica y económica de las técnicas de remediación de suelos contaminados por hidrocarburos caso específico de una estación de servicio combustible. Tesis, Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Bolívar.
2. Anza, H., Orantes, P., González, R., Ruíz, A., Espinoza, E., Martínez, R., . . . Vera, P. (Mayo de 2016). Biorremediación de suelos contaminados con aceite automotriz usados mediante sistema de biopilas. *Innovación más Desarrollo*, 5(12).

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

3. Barrera, L., & Velecela, F. (2015). Diagnóstico de la contaminación ambiental causada por aceites usados provenientes del sector automotor y planteamiento de soluciones viables para el GAD Municipal de Azogues. Tesis, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
4. Barrios, L., Robayo, J., Prieto, S., & Cardona, S. (Agosto de 2015). Biorremediación de suelos contaminados con aceites usados de motor. *Revista CINTEX*, 20(1).
5. Breko, K. (2015). Gestión Sostenible de los Residuos de la Construcción. Proyecto, Escola Politécnica Superior d' Edificació de Barcelona, Barcelona.
6. Cabanillas, L., Carstens, G., Lovecchio, J., Marshall, P., Rebori, L., Soldo, J., . . . Vergani, G. (Agosto-Septiembre de 2013). Hidrocarburos convencionales y no convencionales. *Revista Asociación Argentina de Geólogos y Geofísicos del Petróleo*, 23(134).
7. Cabrera, M., & Montenegro, L. (Octubre de 2014). Estudio de dos tratamientos a escala piloto para la biodegradación de suelos contaminados por hidrocarburos por el método de Landfarming . *Revista EPN*, 34(1).
8. Calderón, L., & Herrera, R. (2016). Índice de calidad del suelo en fincas convencionales y semi-ecológicas productoras de plátano hartón dominico (*Musa AAB simmonds*). Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Bogotá.
9. Castellanos, M., Isaza, R., & Torres, J. (Noviembre de 2015). Evaluación de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) sobre suelos urbanos en Maicao, Colombia. *Revista Colombiana de Química*, 44(3).
10. Chan, J., Jarquín, A., Ochoa, S., Martínez, P., López, L., & Lázaro, A. (enero-junio de 2015). Directrices para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos. *Revista Teoría y Praxis*, 1(17), 123-144.
11. Cifuentes, M., & Ramírez, M. (2017). Ensayo preliminar para la recuperación microorganismos biotransformadores de aceite usado de automóvil. *Boletín Semillas Ambientales*, 11(2).
12. Cuvi, N., & Bejarano, M. (junio de 2015). Los halos de inhibición en la remediación de suelos amazónicos contaminados con petróleo. *História, Ciências, Saúde*, 22(1).
13. Doria, C. (Enero-Junio de 2018). Degradación de residuos aceitosos provenientes de actividades mineras en la Guajira, Colombia. *Revista Politécnica*, 14(26).

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

14. Galindo, E., Ocaña, R., Chávez, B., Naranjo, F., Martínez, M., Campos, J., & García, F. (Octubre de 2017). Evaluación de la fitotoxicidad de aceite automotriz usado con *Vicia faba* y *Phaseolus coccineus*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(3).
15. Gavilanes, R., & Calle, L. (2013). Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en suelos contaminados por la industria petrolera. Tesis, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Quito.
16. Gonzáles, J. (2018). Estudio de la contaminación de suelos por residuos de hidrocarburos y propuesta de manejo ambiental de los talleres de mecanica automotriz del Distrito de San Jerónimo-Cusco. Tesis, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ciencias Naturales y Formales, Arequipa.
17. Guerra, C. (2016). Efectos de la contaminación del suelo por tres productos diferentes de hidrocarburos sobre la germinación y crecimiento de dos especies vegetales. Tesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Ciencias del Suelo, Coahuila.
18. Guevara, M. (2012). Análisis de los efectos ambientales, provocados por el manejo de aceites provenientes de las lubricadoras de la ciudad del Puyo, cantón Pastaza. Tesis, Universidad Estatal Amazónica, Escuela de Ingeniería Ambiental, Puyo.
19. Játiva, F. (2013). Diseño, construcción y puesta en marcha de una planta piloto para la conversión de aceite usado en diésel #2. Tesis, Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería, Quito.
20. Juárez, G., & S. J. (Noviembre de 2014). Biorrestauración de suelo contaminado con aceite residual automotriz por bioestimulación con lombricomposta y fitorremediación con *Sorghum vulgare* inoculado con *Bacillus cereus* y *Rhizobium etli*. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 2(1).
21. Jumbo, J. (2015). Análisis de los efectos ambientales, provocados por los aceites provenientes de las lubricadoras de la ciudad de Zamora, cantón Zamora. Tesis, Universidad Nacional de Loja, Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, Loja.

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

22. Loya, D. (2013). Tecnologías para la restauración de suelos contaminados por hidrocarburos. Tesina, Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Tuxpan.
23. Mendoza, E., & Robles, R. (Octubre de 2015). Reciclaje de aceites usados para transmisión de potencia en las industrias y talleres de servicio de la ciudad de Milagro, Ecuador. Universidad, Ciencia y Tecnología, 19(77).
24. Meza, M., Castro, C., Pereira, K., & Puga, G. (Agosto de 2017). Indicadores para el monitoreo de la calidad del suelo en áreas periurbanas Valle de Quillota, Cuenca del Aconcagua, Chile. Revista Interciencia, 42(8).
25. Mosquera, S. (2015). Biorremediación de lodos de una planta regeneradora de Aceites Lubricantes Usados, recuperando el suelo para uso industrial. Artículo, ESPOL, Guayaquil.
26. Muskus, A., Santoyo, C., & Plata, L. (Agosto de 2013). Evaluación de las técnicas de atenuación natural, bioventing, bioaumentación y bioaumentación bioventing, para la biodegradación de diésel en un suelo arenoso, en experimentos en columna. Revista Gestión y Ambiente, 16(2).
27. Nápoles, J., Marañón, A., Cumbá, F., Anllo, Y., & Abalos, A. (2005). Tratabilidad de suelos contaminados con petróleo aplicando microcosmos. Revista Cubana de Química, 17(1), 179-188.
28. Narváez, K., & Luna, M. (Abril de 2016). Elaboración de un plan mínimo de prevención de riesgos laborales para una microempresa ecuatoriana del sector servicio. Publicaciones en Ciencia y Tecnología, 10(2).
29. Navarro, W. (2014). Estado situacional del manejo del aceite lubricante usado en la ciudad de Ayacucho y propuesta de disposición final. Tesis de Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales, Universidad de Piura, Piura.
30. Velásquez, J. (octubre de 2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 8(1), 151-167.

La contaminación del suelo una actividad en crecimiento en el cantón Quevedo: Caso de estudio de una lubricadora

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|