

Riesgo poblacional por desechos peligrosos: Un análisis geoespacial en establecimientos de lubricación del Cantón El Empalme

Hazardous waste and population risk: A geospatial study of lubrication facilities in El Empalme Canton

Pedro Harrys, Lozano-Mendoza¹ ; Carmen Alexandra, Sinchi-Rivas² ; Segundo Manuel, Shagñay-Rea² ; Wilmer Mario, Domínguez-Zúñiga³ ; Carlos Alberto, Nieto-Cañarte¹ 

(1) Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.

(2) Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena, Ecuador.

(3) Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

Resumen

La gestión deficiente de residuos peligrosos en establecimientos de lubricación vehicular representa un riesgo ambiental y sanitario significativo en zonas urbanas de alta densidad poblacional. La proximidad de estos establecimientos a viviendas y centros de actividad social incrementa la exposición a contaminantes como metales pesados, hidrocarburos policíclicos aromáticos y compuestos orgánicos volátiles. Se analizaron 12 establecimientos de lubricación en el cantón El Empalme mediante un enfoque geoespacial y evaluación de producción de residuos. Se registraron volúmenes de aceite usado en los meses de agosto y septiembre, con valores fluctuando entre 26,95 y 103,82 galones según la actividad operativa de cada establecimiento. Además, se identificó variabilidad significativa en la producción de residuos, con L2, L7 y L8 mostrando incrementos en septiembre, mientras que L10 y L11 mantuvieron niveles estables, lo que sugiere diferencias estructurales y operativas. La distribución geoespacial confirmó la integración de los establecimientos en zonas urbanas densamente pobladas, con puntos calientes en el núcleo central y en Vía Manabí. Se registró una proximidad extrema entre establecimientos, como L1 y L2 con 22,36 metros de distancia, lo que incrementa la exposición poblacional. todo esto indica una alta probabilidad de prácticas inadecuadas de almacenamiento y disposición, activando vías de dispersión de contaminantes hacia suelos, aguas y aire. Estos hallazgos enfatizan la necesidad de estrategias de gestión diferenciadas, regulaciones estrictas y medidas de mitigación para minimizar riesgos ambientales y sanitarios en entornos urbanos vulnerables.

Palabras clave: lubricantes, residuos, contaminación, riesgo, ambiente.

Abstract

Poor management of hazardous waste at vehicle lubrication facilities represents a significant environmental and health risk in high-density urban areas. The proximity of these facilities to homes and social activity centers increases exposure to contaminants such as heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons, and volatile organic compounds. Twelve lubrication facilities in the El Empalme canton were analyzed using a geospatial approach and waste production assessment. Used oil volumes were recorded in August and September, with values fluctuating between 26.95 and 103.82 gallons depending on the operational activity of each facility. Furthermore, significant variability in waste production was identified, with L2, L7, and L8 showing increases in September, while L10 and L11 maintained stable levels, suggesting structural and operational differences. The geospatial distribution confirmed the integration of the facilities into densely populated urban areas, with hotspots in the central core and on Vía Manabí. Extreme proximity was recorded between facilities, such as L1 and L2, with a distance of 22.36 meters, which increases population exposure. All of this indicates a high probability of inadequate storage and disposal practices, activating contaminant dispersal pathways to soil, water, and air. These findings emphasize the need for differentiated management strategies, strict regulations, and mitigation measures to minimize environmental and health risks in vulnerable urban environments.

Keywords: lubricants, waste, contamination, risk, environment.

Recibido/Received	22-04-2025	Aprobado/Approved	10-06-2025	Publicado/Published	11-06-2025
-------------------	------------	-------------------	------------	---------------------	------------

Introducción

El crecimiento acelerado de la urbanización y la expansión del parque automotor han generado un aumento significativo en la producción de residuos derivados del mantenimiento vehicular, en particular, los aceites lubricantes usados. Estos residuos, clasificados como peligrosos debido a su compleja composición química que, incluyen metales pesados, hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAPs) y otros contaminantes, representan una amenaza severa para la salud pública y la estabilidad ambiental (Bakkar et al., 2023; Cui et al., 2024).

En entornos urbanos latinoamericanos, la proliferación de establecimientos de lubricación y talleres mecánicos, frecuentemente ubicados en áreas densamente pobladas con infraestructura deficiente para la gestión de residuos, exacerba esta problemática. La proximidad de estas fuentes de contaminación a espacios habitacionales y educativos incrementa la exposición crónica de poblaciones vulnerables especialmente niños, ancianos y trabajadores del sector, a sustancias con efectos carcinogénicos, mutagénicos y tóxicos (Bruguera et al., 2018).

Desde un enfoque fisicoquímico, los aceites lubricantes usados experimentan una transformación sustancial en su composición durante su ciclo de vida. Inicialmente formulados con una base mineral o sintética y aditivos funcionales, el uso prolongado ocasiona la acumulación de impurezas, partículas metálicas producto del desgaste mecánico y derivados de la combustión incompleta (Fong et al., 2017). Comprometiendo la estabilidad del lubricante, generando residuos que en la gestión inadecuada puede acarrear liberaciones tóxicas al medio ambiente (Antamba Guasgua et al., 2021).

En términos de valorización, diversas estrategias han sido exploradas para el reciclaje y reutilización de estos residuos, incluyendo su incorporación en la modificación de betunes para infraestructura vial (Banerji et al., 2022; Liu et al., 2018; Adesina & Dahunsi, 2021; Mehmood et al., 2024) y su procesamiento para la producción de combustible alternativo (Prabakaran & Zachariah, 2016). No obstante, su implementación exige un marco regulatorio específico, y capacidades tecnológicas avanzadas, condiciones que frecuentemente son insuficientes en contextos locales.

La gestión eficiente de residuos peligrosos requiere la estricta aplicación de estándares internacionales como las normas ISO. La ISO 9001 (Gestión de la Calidad), ISO 14001 (Gestión Ambiental), ISO 45001 (Seguridad y Salud en el Trabajo) y la ISO 4406 (Código de Limpieza de Fluidos) proporcionan directrices esenciales para la manipulación segura de aceites lubricantes usados. La norma ISO 45001 cobra particular relevancia al establecer lineamientos para la protección de trabajadores expuestos a contaminantes nocivos, asegurando condiciones laborales seguras (Dueñas Valcárcel et al., 2024). Adicionalmente, la gestión adecuada de catalizadores de hidrodeshulfuración agotados, debido a su contenido de metales pesados, exige protocolos de tratamiento específicos (Liu et al., 2025). No obstante, la falta de cumplimiento normativo en muchas regiones contribuye a prácticas deficientes, incrementando los riesgos ocupacionales y ambientales. La integración efectiva de estos marcos reguladores es imperativa para minimizar la contaminación y promover entornos urbanos sostenibles, garantizando la protección de la salud pública y la seguridad industrial.

Por otra parte, la ineficacia en la gestión de aceites lubricantes usados constituye un problema ambiental y sanitario de alcance global. La caracterización de estos residuos es esencial para su tratamiento y reciclaje, dado que su composición química incluye hidrocarburos, metales pesados y aditivos degradados (Gherdaoui et al., 2023; Pelitli et al., 2017). La lixiviación de metales presentes en residuos de perforación a base de petróleo, por ejemplo, puede contaminar matrices geológicas, como lo evidencian estudios sobre ladrillos sinterizados (Cui et al., 2024). Asimismo, la acumulación de aceite mineral en lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales (Li et al., 2021) refleja la dimensión del impacto cuando estos residuos no son adecuadamente gestionados en su origen.

Desde una perspectiva de salud pública, la exposición a estos contaminantes por inhalación de vapores, contacto dérmico o ingestión de agua y alimentos contaminados, puede tener efectos adversos a corto y largo plazo. La proximidad de establecimientos de lubricación a zonas densamente pobladas,

combinada con la falta de mecanismos adecuados de contención, incrementa la exposición de la población a contaminantes derivados de aceites usados. La identificación de zonas de alta vulnerabilidad ambiental, donde convergen actividades generadoras de residuos peligrosos y una elevada densidad demográfica, resulta fundamental en estudios epidemiológicos orientados a la evaluación de impactos en la salud pública.

El desarrollo de estrategias de mitigación, como la implementación de centros especializados para el acopio y disposición de residuos peligrosos (Lozano-Mendoza et al., 2025), representa una alternativa viable para optimizar la gestión de aceites minerales usados. Estas iniciativas, alineadas con principios de sostenibilidad ambiental (Villanueva Conforme, 2025), contribuyen a la reducción de riesgos asociados a la contaminación de suelos y cuerpos hídricos, fortaleciendo la seguridad sanitaria en entornos urbanos.

Un enfoque estructurado como la responsabilidad extendida del productor (REP) permite que fabricantes e importadores asuman un papel activo en la gestión post-consumo de lubricantes, fomentando la recolección y reciclaje, lo que disminuiría la carga sobre pequeños establecimientos y mitigaría el riesgo ambiental. La reutilización de subproductos industriales, como aceites vegetales en fluidos de corte ecológicos (Hassan et al., 2023), evidencia la viabilidad de soluciones sostenibles. Adicionalmente, el monitoreo de contaminantes atmosféricos es indispensable; el desarrollo de sistemas de evaluación en áreas urbanas (Lozano-Mendoza et al., 2025) contribuye a la comprensión del impacto en la calidad del aire y la salud respiratoria.

La complejidad inherente a los desechos peligrosos generados en talleres y estaciones de lubricación exige un abordaje multidisciplinario. Si bien los avances en la gestión de residuos sólidos han sido significativos (Sangacha-Magarisca et al., 2024), la particularidad de estos materiales demanda metodologías especializadas. En este sentido, el uso de herramientas geoespaciales permite la identificación de patrones de riesgo, la cuantificación de exposición y el desarrollo de intervenciones focalizadas.

Materiales y métodos

El presente estudio transversal, realizado entre agosto y septiembre de 2024 en el cantón El Empalme, Ecuador, combinó un enfoque geoespacial con una evaluación integral del impacto ambiental y en la salud pública. El objetivo fue analizar el cumplimiento normativo (ISO) en expendios de aceite mineral (L1-L12) y estimar el riesgo poblacional asociado a la generación de desechos peligrosos derivados de estas operaciones.

Evaluación del cumplimiento normativo

La adherencia de los 12 establecimientos (L1-L12) a los estándares ISO (ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 e ISO 4406) fue valorada mediante una escala tipo Likert de cinco niveles, desde "incumplimiento total" hasta "cumplimiento óptimo". Los criterios de evaluación incluyeron medidas de precaución, idoneidad del área de almacenamiento, uso de equipo de protección personal (EPP), condiciones estructurales (área y tipo de piso), y disponibilidad de herramientas como tinajas y cubetas. La información se obtuvo mediante observación directa y entrevistas estructuradas a los responsables de los expendios.

Análisis de la variabilidad en la generación de desechos peligrosos

Se cuantificó la generación de aceite mineral desechado en galones para cada establecimiento (L1-L12) durante agosto y septiembre de 2024.

Recopilación y procesamiento de datos geoespaciales

Para la estimación del riesgo poblacional, se obtuvieron las coordenadas UTM exactas de cada establecimiento mediante receptores GPS de alta precisión. Se adquirieron imágenes satelitales recientes del área de estudio en el cantón El Empalme para obtener información actualizada sobre el uso y cobertura del suelo. Adicionalmente, se recopilieron datos socio-demográficos georreferenciados,

incluyendo densidad poblacional y la ubicación de grupos vulnerables, de fuentes oficiales. Esta información, junto con capas críticas como cuerpos de agua, sistemas de drenaje, pozos de agua potable, centros educativos y unidades de salud, fue integrada y estandarizada en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Análisis Espacial de distribución y proximidad

El procesamiento de los datos geográficos se realizó utilizando software SIG. Los establecimientos fueron visualizados sobre mapas urbanos y satelitales, y se calcularon densidades para identificar agrupaciones críticas o "puntos calientes". Se implementaron modelos de proximidad mediante la creación de buffers, definiendo radios de influencia específicos para estimar la exposición. Estas áreas de influencia se superpusieron con la información poblacional y de grupos vulnerables para cuantificar la exposición potencial a los desechos peligrosos. Se calcularon las distancias euclidianas entre las fuentes de peligro y los elementos de interés.

Evaluación del riesgo ambiental y de exposición poblacional

El riesgo ambiental se caracterizó mediante la identificación de los tipos de residuos generados por lubricadoras y talleres mecánicos (e.g., aceites de motor usados, filtros, líquidos de frenos, anticongelantes, baterías, disolventes y trapos contaminados), considerando su contenido de metales pesados, hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAPs) y compuestos orgánicos volátiles (COVs). Se realizó una investigación in situ para observar y documentar las prácticas de almacenamiento y disposición de residuos. Aunque el muestreo ambiental de suelo y agua no formó parte de esta fase inicial, la distribución urbana de los establecimientos y el contexto hidrológico sugirieron potenciales vías de dispersión de contaminantes, incluyendo escorrentía superficial y lixiviación a aguas subterráneas, así como la afectación de la calidad del aire por volatilización de COVs.

Resultados

El diagnóstico realizado reveló una deficiencia sustancial en la aplicación de las normas ISO en los establecimientos de lubricación de vehículos del cantón El Empalme, provincia de Guayas (Tabla 1). La escasa adherencia a los protocolos de seguridad, la ausencia de áreas de almacenamiento adecuadas y la deficiencia en el uso de equipos de protección personal, junto con la carencia de herramientas esenciales como tinajas y cubetas, generan condiciones laborales de riesgo y contribuyen a un impacto ambiental adverso debido a posibles derrames y una gestión ineficaz de residuos.

Para garantizar la conformidad con los estándares de la Organización Internacional de Normalización: ISO 9001 (Gestión de la Calidad), ISO 14001 (Gestión Ambiental), ISO 45001 (Seguridad y Salud en el Trabajo) e ISO 4406 (Código de Limpieza de Fluidos), es fundamental que estos establecimientos prioricen la modernización de su infraestructura, implementen protocolos rigurosos para el manejo de lubricantes y adopten un programa de capacitación continua para su personal.

El Estado debe desarrollar estrategias para incentivar la responsabilidad extendida del productor (REP) en fabricantes e importadores de lubricantes, promoviendo su participación activa en la gestión integral del ciclo de vida de sus productos. Esto incluiría la recolección y reciclaje de aceites usados, facilitando a los expendios la correcta disposición de estos residuos.

La implementación de estas medidas no solo optimizaría las condiciones operativas de los expendios de aceite mineral, sino que también reforzaría la protección ambiental, la salud pública y la seguridad laboral en la región, garantizando un manejo más sostenible y responsable de los lubricantes.

La Figura 1 evidencia una significativa heterogeneidad en la producción de desechos peligrosos entre los doce establecimientos analizados (L1 a L12), con volúmenes que oscilan entre 26,95 y 103,82 galones durante el periodo combinado de agosto y septiembre. Esta dispersión sugiere diferencias

estructurales en la escala operativa, en la eficiencia en el manejo de residuos y en la naturaleza de los servicios prestados.

Tabla 1. Evaluación de la conformidad ISO en los establecimientos de lubricación de vehículos del cantón El Empalme, provincia de Guayas

L	Medidas de precaución		Área de almacenamiento		EPP	Estructura del establecimiento (área y piso)	Cumplimiento - norma ISO
	Tina	Cubeta	Si	No			
L1	x	x	x		x	Piso plano de cemento, tiene canales pequeños para evacuar el agua cuando se limpia la superficie	Puntuación: 4 (Bueno)
L2	x	x		x	x	Si cuenta con área para realizar las actividades, el piso es plano de cemento	Puntuación: 3 (Cumplimiento Parcial)
L3		x	x			Piso plano de cemento con rampas de concreto armado para el área de lavado de vehículos y canales pequeños con filtros en la superficie para evacuar el agua residual	Puntuación: 2 (Incumplimiento Significativo))
L4		x		x	x	El espacio es muy reducido, no hay un lugar adecuado para realizar el cambio de aceite. El piso es plano de cemento	Puntuación: 1 (Incumplimiento Total)
L5		x	x		x	Tiene un espacio considerable para brindar el servicio, el piso es plano de cemento	Puntuación: 2 (Incumplimiento Significativo)
L6	x	x		x	x	No hay un área adecuada para el desarrollo de las actividades, el lugar es pequeño el cambio de aceite lo realizan en la vereda obstaculizando el paso a los transeúntes, el piso del establecimiento es plano con baldosa, el piso de la vereda es de cemento y plano	Puntuación: 1 (Incumplimiento Total)
L7	x	x	x		x	Espacio reducido, no hay un lugar adecuado para realizar el cambio de aceite, lo realiza en la vereda de la calle obstaculizando el paso. El piso es liso de cemento	Puntuación: 1 (Incumplimiento Total)
L8	x	x		x	x	Espacio reducido, no tiene área de almacenamiento, el piso donde realiza el cambio de aceite es plano de cemento	Puntuación: 1 (Incumplimiento Total)
L9						El piso es plano de cemento, las herramientas que utilizan se están dispersas por todos los lugares y no permite desplazarse con facilidad	Puntuación: 1 (Incumplimiento Total)
L10		x	x		x	Si tiene un espacio amplio para realizar las actividades, el piso es plano de cemento, en unas zonas se encuentra manchado por el derrame de aceite	Puntuación: 2 (Incumplimiento Significativo)
L11		x	x		x	Si tiene un sitio amplio, el piso es plano de cemento con canales para que fluyan los líquidos y tiene 2 rampas con hundimiento de concreto armado	Puntuación: 3 (Cumplimiento Parcial)
L12		x	x		x	Si tiene un espacio amplio, el piso es plano de cemento con rampas de concreto armado y elevadores para el lavado de vehículos, también tiene un pequeño canal	Puntuación: 3 (Cumplimiento Parcial)
% (nº/Nº)	41,67 (5/12)	58,33 (7/12)	58,33 (7/12)	41,67 (5/12)	83,33 (10/12)		

L: Establecimiento

Esta variabilidad mensual, de algunos establecimientos, como L2, L7 y L8, registraron un incremento sustancial en septiembre respecto a agosto, lo que podría atribuirse a fluctuaciones estacionales en la demanda o a modificaciones en los protocolos de gestión. En contraste, puntos de alto volumen como L10 y L11 mantuvieron niveles relativamente estables en ambos meses, lo que denota patrones de operación más consistentes. Estas divergencias en la producción de residuos destacan la necesidad de estrategias diferenciadas para su gestión. La implementación de sistemas adaptativos permitiría optimizar la disposición final, minimizando impactos ambientales y mejorando la eficiencia operativa, especialmente en aquellos establecimientos con volúmenes sostenidamente elevados.

El análisis de densidad poblacional se fundamentó en la interpretación de mapas geoespaciales del Cantón El Empalme (Tabla 2), evidenciando una alta concentración urbana en el núcleo central y a lo

largo de las principales vías. Se establecieron tres niveles de clasificación: Alta, en zonas completamente urbanizadas; Moderada, en áreas de transición con características mixtas; y Baja, en sectores periféricos. La estimación considera la población total del cantón, registrada en 29,265 habitantes en 2001, y su distribución territorial.

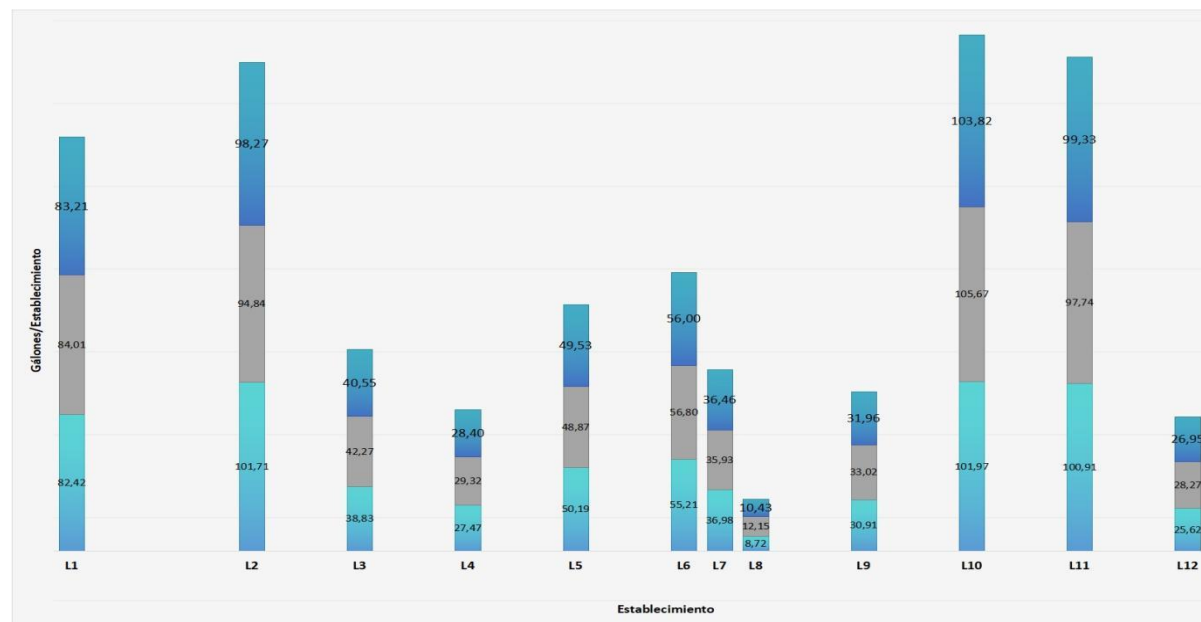


Figura 1. Cantidades de aceite usado generado por los establecimientos de lubricación de vehículos

Tabla 2. Estimación de la proximidad y contexto poblacional de lubricadoras en Cantón El Empalme

L	Coordenadas UTM (x, y)	Densidad poblacional estimada (hab/km²)	Proximidad a cuerpo de agua (distancia en m)	Proximidad a centro educativo (distancia en m)	Proximidad a centro de salud (distancia en m)	Observaciones de drenaje local
L1	(651924, 9885371)	Alta (aprox. 500-1000)	Moderada (>1000)	Moderada (aprox. 300-500)	Moderada (>500)	Canales pequeños
L2	(651944, 9885382)	Alta (aprox. 500-1000)	Moderada (>1000)	Moderada (aprox. 300-500)	Moderada (>500)	Piso plano (según descripción previa)
L3	(650289, 9884963)	Moderada (aprox. 200-500)	Cercana (aprox. 200-500)	Moderada (>500)	Moderada (>500)	Canales con filtros
L4	(650831, 9884848)	Moderada (aprox. 200-500)	Moderada (>500)	Moderada (>500)	Moderada (>500)	Desconocida
L5	(650906, 9884878)	Moderada (aprox. 200-500)	Moderada (>500)	Moderada (>500)	Moderada (>500)	Desconocida
L6	(651002, 9884855)	Moderada (aprox. 200-500)	Moderada (>500)	Moderada (>500)	Moderada (>500)	Desconocida
L7	(651825, 9884626)	Alta (aprox. 500-1000)	Moderada (>500)	Cercana (aprox. 100-300)	Cercana (aprox. 100-300)	Desconocida
L8	(652276, 9884298)	Moderada (aprox. 200-500)	Moderada (>500)	Moderada (>500)	Moderada (>500)	Desconocida
L9	(652797, 9883653)	Baja-Moderada (aprox. 100-300)	Moderada (>500)	Moderada (>500)	Moderada (>500)	Desconocida
L10	(651211, 9883205)	Alta (aprox. 500-1000)	Moderada (>500)	Moderada (aprox. 300-500)	Moderada (aprox. 300-500)	Desconocida
L11	(651312, 9883777)	Alta (aprox. 500-1000)	Moderada (>500)	Moderada (aprox. 300-500)	Moderada (aprox. 300-500)	Canales y rampas
L12	(651337, 9881821)	Alta (aprox. 500-1000)	Moderada (>500)	Moderada (aprox. 300-500)	Moderada (aprox. 300-500)	Pequeño canal

L: Establecimiento

En cuanto a la proximidad a cuerpos de agua, el análisis cartográfico identificó trazos hidrográficos que podrían corresponder a ríos o quebradas, aunque la conectividad y la topografía específica no fueron completamente discernibles. Se asumió que los establecimientos próximos a vías urbanas pueden estar asociados a sistemas de drenaje, sin implicar una conexión directa con cuerpos hídricos naturales. Se establecieron tres categorías de proximidad: Cercana, cuando la visibilidad es inmediata en el mapa; Moderada, cuando no se identifica un cuerpo de agua inmediato pero podría estar a pocos kilómetros; y Baja, en casos sin evidencia de referencias hidrográficas cercanas.

La relación entre los expendios de aceite mineral y la infraestructura educativa y sanitaria se evaluó mediante su integración en el entorno urbano. Ubicaciones como L1, L2 y L7, cercanas a la iglesia Sagrado Corazón de Jesús y al parque de las madres, presentan una fuerte vinculación comunitaria, lo que sugiere la probable cercanía de escuelas y centros de salud. Se clasificó la proximidad en dos niveles: Cercana, cuando la distancia estimada es inferior a 300 metros, y Moderada, cuando los servicios urbanos están presentes, pero con mayor separación.

Las condiciones de drenaje en los establecimientos analizados. Para aquellos puntos con información disponible, se registraron datos sobre la presencia de canales y la topografía del suelo.

Estimación del riesgo poblacional por desechos peligrosos: Geoespacial de la distribución y proximidad

El análisis espacial de las 12 "Lubricadoras" y "Lubrimecánicas" georreferenciadas en Cantón El Empalme reveló una distribución heterogénea, pero con claras concentraciones dentro del tejido urbano. La visualización sobre el mapa base de El Empalme (Figura 2) y el uso de las coordenadas UTM confirmaron que estos establecimientos no están aislados, sino directamente integrados en zonas de alta actividad social y residencial. Se identificaron dos principales "puntos calientes" o agrupaciones de establecimientos: un clúster central y sur que incluye la mayoría de las lubricadoras listadas (L1, L2, L7, L8, L9, L10, L11, L12), y un segundo agrupamiento más al oeste, en la Vía Manabí (L3, L4, L5, L6).

El análisis de proximidad cuantitativa resaltó la cercanía extrema entre algunas fuentes de riesgo. Por ejemplo, la L1 y L2 se encuentran a una distancia de aproximadamente 22,36 metros una de la otra, lo que configura una zona de alta densidad de generación de desechos peligrosos. Las demás ubicaciones también se encuentran en vías principales como las vías a Guayas, Quevedo y Guayaquil, indicando su inserción en arterias de alto tránsito vehicular y, consecuentemente, áreas con mayor densidad poblacional y actividad comercial. La superposición con las capas urbanas permitió inferir que estas lubricadoras están a distancias cortas de viviendas, comercios e incluso, como se mencionó previamente, de puntos de interés social como iglesias y parques (L1 y L2 cerca de la iglesia Sagrado Corazón de Jesús, y L7 frente al parque de las madres). Por ende, confirma una exposición directa y constante de la población residente y transeúnte a la proximidad de posibles fuentes de contaminación.

Evaluación del riesgo ambiental y de exposición

La evaluación del riesgo ambiental se basó en el conocimiento de los tipos de residuos generados por lubricadoras y talleres mecánicos, incluyendo aceites de motor usados, filtros de aceite, líquidos de frenos y anticongelantes, baterías, disolventes y trapos contaminados. Estos materiales contienen componentes peligrosos como metales pesados, hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAPs) y compuestos orgánicos volátiles (COVs), que representan un riesgo significativo para la salud y el ambiente.

La investigación in situ preliminar, basada en la información disponible del tipo de negocio y sin un muestreo exhaustivo de campo o análisis de laboratorio en esta fase inicial, permitió inferir que, dada la naturaleza de estas operaciones y la observación común en contextos similares, existe una alta probabilidad de que las prácticas de almacenamiento y disposición de estos desechos no siempre cumplan con los estándares ambientales óptimos. La falta de información explícita sobre la gestión de

residuos peligrosos en cada establecimiento (por ejemplo, si cuentan con áreas de almacenamiento segregadas, impermeabilizadas o si tienen convenios con gestores autorizados para la recolección y disposición final) es un factor crítico que eleva el riesgo percibido. Si bien no se tomaron muestras de suelo o agua en esta fase de análisis geoespacial, la distribución de los establecimientos en zonas urbanas densas con potencial de escorrentía superficial hacia el sistema de drenaje y posible lixiviación a aguas subterráneas, sugiere que las vías de dispersión de contaminantes están activas. La proximidad a vías principales también aumenta la probabilidad de que los derrames accidentales o la disposición inadecuada puedan afectar la calidad del aire local por la volatilización de COVs, especialmente en áreas de baja ventilación o alta congestión.

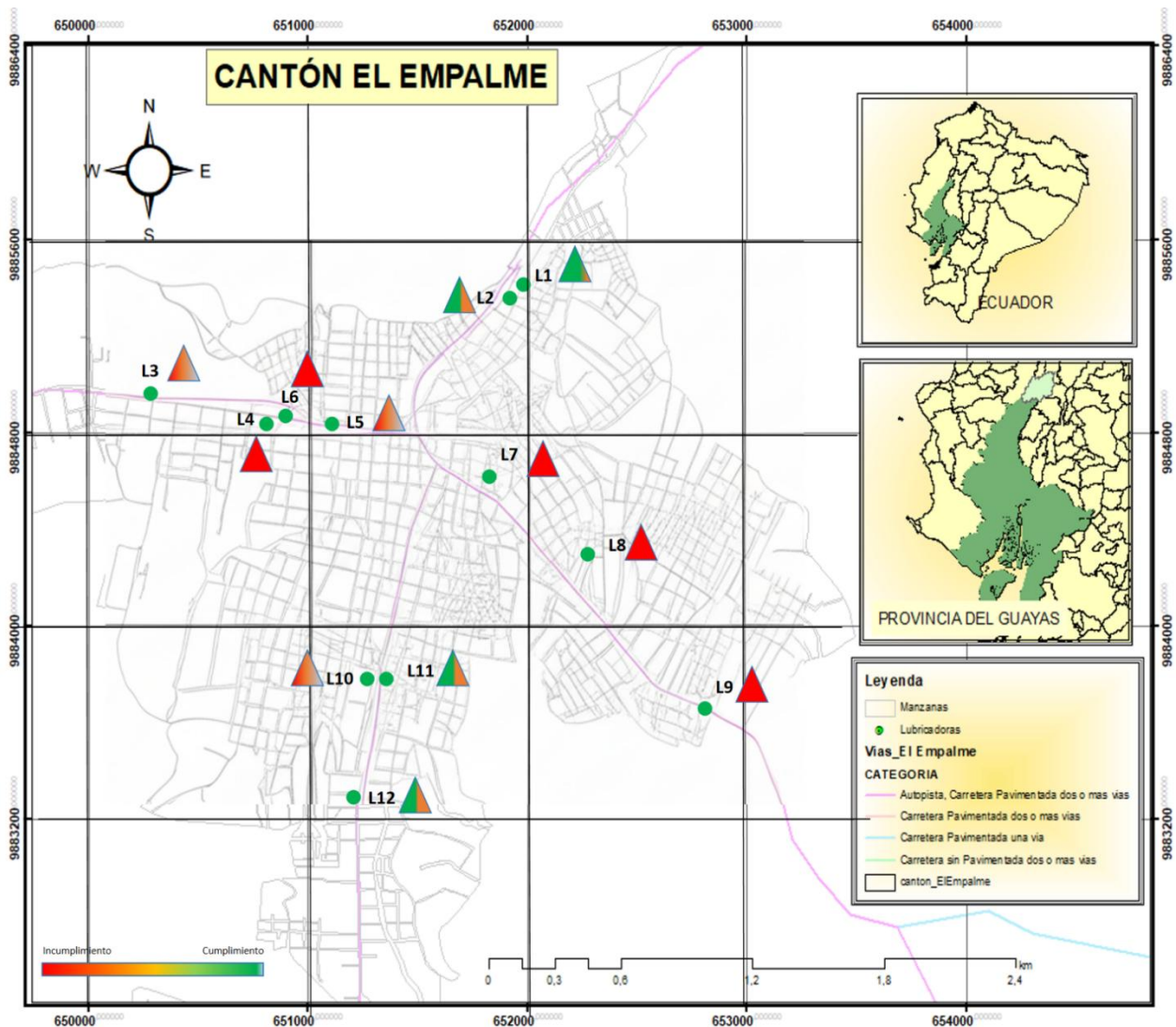


Figura 2. Análisis geoespacial y evaluación de impacto de los establecimientos de lubricación en el Cantón El Empalme

Discusión

Las deficiencias críticas en la gestión de desechos peligrosos generados en los establecimientos de lubricación vehicular del cantón El Empalme, ha evidenciado las vulnerabilidades tanto ambientales como sanitarias. Los resultados destacan tres factores fundamentales: el incumplimiento sistemático de normativas ISO, la heterogeneidad en la generación de residuos peligrosos y la integración de estos

riesgos en la dinámica urbana, lo que resulta en una exposición directa de la población a contaminantes de alta toxicidad. De aquí, la necesidad de intervenciones específicas y la alineación con estándares internacionales para mitigar impactos ambientales y de salud pública (Bruguera et al., 2018).

El diagnóstico del cumplimiento de las normas ISO (ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 y ISO 4406) en estos establecimientos pone de manifiesto una insuficiencia estructural en la aplicación de protocolos de seguridad, almacenamiento de residuos y uso de equipos de protección personal (EPP). La ausencia de herramientas esenciales, como tinajas y cubetas para la contención de derrames, agrava las condiciones laborales y facilita la liberación incontrolada de contaminantes, aumentando el riesgo ambiental. La conformidad con la ISO 45001 es particularmente crítica, dado que establece directrices para minimizar la exposición ocupacional a agentes tóxicos y mejorar la seguridad industrial, tal como lo enfatizan Dueñas Valcárcel et al. (2024).

La falta de implementación de estos marcos regulatorios compromete no solo la seguridad de los trabajadores, sino que también amplifica el impacto ambiental y sanitario, requiriendo mecanismos de control más eficientes en la gestión de residuos peligrosos. Para garantizar la conformidad con los estándares de la Organización Internacional de Normalización, resulta imperativo que los establecimientos modernicen su infraestructura, adopten protocolos de manejo riguroso y establezcan programas de capacitación continua para el personal involucrado en la manipulación de aceites lubricantes usados.

La heterogeneidad en la generación de desechos peligrosos entre los establecimientos analizados refleja diferencias estructurales en la escala operativa, la eficiencia en la gestión de residuos y la naturaleza de los servicios prestados. En algunos casos, el incremento en la producción de aceite usado responde a fluctuaciones estacionales en la demanda o modificaciones en los protocolos internos de gestión (Pelitli et al., 2017), mientras que, en otros, la estabilidad en los volúmenes sugiere procesos operativos más consistentes. Estas variaciones evidencian la influencia de factores operacionales en la dinámica de residuos peligrosos y requieren intervenciones diferenciadas para su control.

La gestión ineficaz de estos materiales puede intensificar la contaminación ambiental, especialmente por la falta de infraestructura adecuada para su almacenamiento y disposición. La ausencia de sistemas de contención, áreas impermeabilizadas y protocolos de almacenamiento seguro incrementa el riesgo de infiltración de contaminantes en el suelo y cuerpos hídricos, facilitando su migración hacia ecosistemas sensibles (Cui et al., 2024). La composición química de estos residuos, caracterizada por metales pesados, hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAPs) y compuestos orgánicos volátiles (COVs), les confiere un alto potencial de toxicidad y persistencia ambiental (Fong et al., 2017) y junto con el comportamiento de sus aditivos, influye en las propiedades de los aceites residuales (Antamba Guasgua et al., 2021).

Investigaciones sobre migración de contaminantes en suelos y aguas han evidenciado la lixiviación de metales pesados en residuos de perforación a base de petróleo (Cui et al., 2024), mientras que estudios sobre lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales han identificado la presencia de aceites minerales y fenoles volátiles con alto impacto ambiental (Li et al., 2021). La adsorción y movilidad de estos contaminantes en suelos arcillosos constituye un factor clave para predecir su dispersión y efectos a largo plazo (Hedayati et al., 2025), lo que refuerza la necesidad de medidas preventivas y de mitigación temprana.

Dado el creciente impacto ambiental de los aceites usados, la implementación de estrategias de gestión diferenciadas se vuelve imperativa. La integración de protocolos adaptativos permitiría reducir la carga contaminante y optimizar los procesos de disposición final. La adopción de mecanismos de monitoreo y control permitiría prevenir la liberación incontrolada de sustancias peligrosas, minimizando los riesgos para la salud pública y los ecosistemas urbanos (Villanueva Conforme, 2025).

La distribución espacial de los establecimientos de lubricación vehicular en El Empalme muestra una concentración significativa en áreas de alta densidad poblacional, lo que incrementa la exposición de

la comunidad a contaminantes derivados de aceites usados y otros residuos peligrosos. Este patrón refleja una integración directa de fuentes de contaminación en el tejido urbano, evidenciando la ausencia de planificación estratégica en la ubicación de estos establecimientos y el manejo de sus desechos.

El análisis de proximidad destaca casos de cercanía extrema entre fuentes de riesgo, como la ubicación de L1 y L2 a aproximadamente 22,36 metros de distancia, generando una zona de alta generación de residuos peligrosos con un potencial significativo de impacto ambiental y sanitario (Lozano-Mendoza et al., 2025). Este escenario es aún más crítico al considerar la ubicación de varias lubricadoras en arterias urbanas de alto tránsito, como las vías hacia Guayas, Quevedo y Guayaquil, donde la combinación de actividad comercial, movilidad vehicular intensa y generación de residuos incrementa los riesgos de contaminación.

Además, la superposición con capas urbanas revela la proximidad de estos puntos de contaminación con viviendas, comercios y espacios de interés social, incluyendo iglesias y parques. Esta cercanía es especialmente preocupante, ya que potencia la exposición directa y constante de la población, afectando tanto a residentes como a transeúntes. La presencia de contaminantes como metales pesados, hidrocarburos policíclicos aromáticos y compuestos orgánicos volátiles en estos residuos agrava los riesgos de salud pública, particularmente en poblaciones vulnerables (Li et al., 2021; Hedayati et al., 2025).

Ante esta situación, es evidente la necesidad de infraestructura especializada para la gestión de residuos peligrosos, con el objetivo de contener y minimizar la dispersión de contaminantes en áreas urbanas. Una propuesta viable es la implementación de centros de acopio especializados, como el modelo desarrollado para el cantón La Maná (Lozano-Mendoza et al., 2025), lo que permitiría una recolección segura y centralizada, evitando la dispersión descontrolada de desechos y mejorando el manejo ambiental de estos establecimientos.

Este análisis refuerza la importancia de desarrollar estrategias de planificación urbana y gestión ambiental más rigurosas, garantizando que la ubicación y operación de estos establecimientos no comprometan la calidad ambiental ni la salud pública en comunidades densamente pobladas.

La falta de información explícita sobre la gestión de residuos peligrosos (almacenamiento segregado, impermeabilización, convenios con gestores autorizados) eleva significativamente el riesgo percibido. Los derrames accidentales o la disposición inadecuada, potenciados por la infraestructura deficiente, pueden afectar directamente la calidad del aire local por la volatilización de COVs, especialmente en áreas con baja ventilación o alta congestión vehicular. Los estudios sobre la recuperación de metales valiosos de residuos, como el proceso libre de ácido para el molibdeno de catalizadores gastados desarrollado por Liu et al. (2025) o la recuperación de vanadio y níquel de cenizas de aceites pesados por Bakkar et al. (2023), ofrecen perspectivas para reducir el volumen de residuos peligrosos y fomentar una economía circular. Asimismo, la separación eficiente de mezclas de aceite mineral y otros contaminantes (Gherdaoui et al., 2023) es crucial para un tratamiento y reciclaje adecuados, mitigando el riesgo de contaminación. La valorización de aceites usados como modificadores del asfalto (Liu et al., 2018; Adesina & Dahunsi, 2021; Mehmood et al., 2024) y su transformación en combustible (Prabakaran & Zachariah, 2016) demuestran su potencial de reutilización, reduciendo el volumen final de desecho. El monitoreo de contaminantes atmosféricos es crucial, como lo demuestra el diseño e implementación de sistemas en áreas urbanas (Lozano-Mendoza et al., 2025 en Quevedo), para evaluar el impacto real de las emisiones de estos establecimientos en la calidad del aire local y la salud respiratoria de la población.

La heterogeneidad en la generación de residuos peligrosos en los establecimientos de lubricación vehicular del cantón El Empalme y el incumplimiento sistemático de normativas resaltan la necesidad de implementar mecanismos de Responsabilidad Extendida del Productor (REP). Los fabricantes e importadores de lubricantes deben asumir un papel más activo en la gestión post-consumo

de sus productos, garantizando la recolección y el reciclaje adecuado de aceites usados. Este enfoque permitiría alinear las prácticas locales con estrategias de sostenibilidad ya validadas en otros sectores, como la reutilización de subproductos de manufactura de aceite vegetal en fluidos de corte ecológicos (Hassan et al., 2023).

Un aspecto crítico en la mitigación del impacto ambiental es la capacitación continua del personal, orientada a la aplicación de protocolos de manejo seguro. La ausencia de normativas estrictas sobre almacenamiento y disposición ha facilitado la exposición directa de la población a contaminantes peligrosos, como metales pesados e hidrocarburos policíclicos aromáticos (Li et al., 2021; Hedayati et al., 2025). En este contexto, la REP es clave para descentralizar la carga de gestión sobre pequeños establecimientos y promover una estructura regulatoria más eficiente.

Si bien este estudio se ha enfocado en residuos generados por lubricadoras, es imperativo adoptar una visión sistémica sobre la gestión de desechos urbanos. Investigaciones en residuos sólidos domiciliarios han demostrado la complejidad inherente en su disposición adecuada (Sangacha-Magarisca et al., 2024), al igual que la gestión de residuos peligrosos en centros de salud (Lozano-Mendoza et al., 2025). La interacción entre estos diferentes flujos de desechos subraya la necesidad de un enfoque integrado y multifacético, donde las autoridades actúen como mediadoras en la implementación de estrategias coordinadas de manejo de residuos.

Un aspecto fundamental a considerar en futuras investigaciones es la cuantificación directa de la contaminación ambiental, dado que la ausencia de muestreos exhaustivos de suelo y agua impide determinar los niveles reales de dispersión de contaminantes. Estudios más avanzados deben incorporar análisis de laboratorio para evaluar la concentración de metales pesados, HAPs y COVs, así como el desarrollo de modelos de dispersión basados en topografía y condiciones climáticas locales para predecir la propagación de contaminantes con mayor precisión.

La integración de establecimientos generadores de residuos peligrosos en el tejido urbano de El Empalme subraya la urgencia de desarrollar soluciones regulatorias y estructurales inmediatas. La proximidad a zonas residenciales y comerciales amplifica el riesgo de exposición poblacional, lo que exige acciones correctivas en la planificación y operación de estos establecimientos. La implementación de protocolos de cumplimiento normativo, la modernización de infraestructura, la adopción de mejores prácticas de manejo de residuos y la consolidación de sistemas de Responsabilidad Extendida del Productor son pilares esenciales para una transición hacia una gestión más sostenible y segura para la comunidad.

Consideraciones finales

El incumplimiento de normativas ISO en los establecimientos de lubricación vehicular del cantón El Empalme, junto con una gestión fragmentada de desechos peligrosos, configura un riesgo ambiental y sanitario crítico, dada la integración de estas fuentes de contaminación en zonas urbanas de alta densidad poblacional. La proximidad de estos establecimientos a viviendas, centros educativos y de salud incrementa la exposición directa de la población a contaminantes tóxicos, lo que subraya la urgencia de implementar medidas correctivas en infraestructura, seguridad operativa y capacitación del personal.

La Responsabilidad Extendida del Productor (REP) emerge como una estrategia clave para mitigar estos efectos, promoviendo la participación activa de fabricantes e importadores en la gestión post-consumo de lubricantes. La creación de centros de acopio especializados y el fortalecimiento de mecanismos para la recolección y reciclaje de aceites usados son esenciales para garantizar una disposición más controlada y sostenible.

Dado que la problemática abordada no es un caso aislado, sino parte de una dinámica más amplia de manejo de residuos en entornos urbanos, es imprescindible adoptar un enfoque integrado y

multifacético. La regulación, el desarrollo de infraestructura adecuada y la concientización pública deben converger en un modelo de gestión eficiente que minimice la contaminación, proteja la salud pública y garantice la sostenibilidad en la gestión de desechos peligrosos en El Empalme.

Agradecimientos

A los integrantes de esta investigación.

Conflicto de intereses

No se reporta conflicto de intereses.

Referencias

- Adesina, P. A., & Dahunsi, B. I. (2021). Blended waste utilization in road construction: physical characteristics of bitumen modified with waste cooking oil and high-density polyethylene. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 14(1), 98–104. <https://doi.org/10.1007/s42947-020-0040-1>
- Antamba Guasgua, J., Remache Chimbo, A., Vallejo Moreno, V., & Corrales Zurita, F. (2021). Salud del lubricante y comportamiento de los aditivos en vehículos tipo turismo. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 8(2), 33–39. <https://doi.org/10.26423/rctu.v8i2.620>
- Arijit Kumar Banerji, D., Chakraborty, A., Mudi, P., & Chauhan, A. (2022). Characterization of waste cooking oil and waste engine oil on physical properties of aged bitumen. *Materials Today: Proceedings*, 59(3), 1694–1699. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.401>
- Bakkar, A., El-Sayed Seleman, M. M., Zaky Ahmed, M. M., Harb, S., Goren, S., & Howsawi, E. (2023). Recovery of vanadium and nickel from heavy oil fly ash (HOFA): a critical review. *RSC Advances*, 13(10), 6327–6345. <https://doi.org/10.1039/d3ra00289f>
- Bruguera, N., Gallardo, D., Barrios, D., García, V., Amalfi, R., & Díaz, J. (2018). El manejo de los productos químicos y desechos peligrosos en la gestión ambiental responsable de la Empresa Geominera de Pinar del Río, Cuba. *ECOVIDA*, 8(1), 94–114. <https://revistamedica.com/gestion-desechos-peligrosos-lubricadoras/>
- Cui, C., Yan, D., Chen, C., Liu, M., Li, L., & Wang, J. (2024). Investigation of the emission and leaching behavior of characteristic heavy metals in sintered bricks prepared from oil-based drill cutting residues. *Waste Management*, 190, 217–226. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.09.026>
- Dueñas Valcárcel, C. E., Gómez Karpenko, C. C., Rojas Flores, J. C., De la Cruz Huerta, O. L., Chau Lam, J. A., & Muña Mariscal, C. J. (2024). La norma ISO 45001 y su relación con la ley de seguridad y salud en el trabajo. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 28(123), 18-30. <https://doi.org/10.47460/uct.v28i123.798>
- Fong, W., Quiñonez, E., & Tejada, C. (2017). Physical-chemical characterization of spent engine oils for its recycling. *Prospect*, 15(2), 135–144. <https://www.redalyc.org/journal/4962/496254902015/496254902015.pdf>
- Gherdaoui, C. E., Boubarka, Z., Delbarre, J. P., Hutin, O., Sansano, R., Leclercq, L., Supiot, P., & Maschke, U. (2023). A simple and reliable method for separation of mineral oil/polychlorobiphenyl

- p mixtures.
- Waste Management & Research*
- , 41(1), 182–194.
- <https://doi.org/10.1177/0734242X221105436>
- Hassan, T., Kandeel, E. M., Taher, M. S., Badr, E. E., & El-Tabei, A. S. (2023). Sustainable utilization of the vegetable oil manufacturing waste product in the formulation of eco-friendly emulsifiable cutting fluids. *Scientific Reports*, 13(1), 21406. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46768-8>
- Hedayati, M., Herbert, R., Tsang, Y., Niemi, A., & Hu, Q. (2025). Reactive solute transport simulation of multicomponent cation exchange and diffusion processes in column experiments with clay-rich rock. *Journal of Contaminant Hydrology*, 272, 104579. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2025.104579>
- Li, J., Li, J. X., & Yang, Y. Y. (2021). Huan jing ke xue= Huanjing kexue, 42(4), 1956–1966. <https://doi.org/10.13227/j.hj.kx.202005332>
- Liu, H., Wang, X., Zhang, W., Wen, J., Wang, J., Ye, J., Zhan, Y., Huang, G., & Xu, S. (2025). Acid-free process for selective and efficient recovery of molybdenum from spent hydrodesulfurization catalysts. *Journal of Environmental Management*, 380, 125029. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125029>
- Liu, S., Peng, A., Wu, J., & Zhou, S. B. (2018). Waste engine oil influences on chemical and rheological properties of different asphalt binders. *Construction and Building Materials*, 191, 1210–1220. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.126>
- Lozano-Mendoza, P. H., Nieto-Cañarte, C. A., Santos, J. C. D., García-Gallirgos, V. J., Ruiz-Sánchez, C. I., & Bosquez-Mestanza, A. L. (2025). Diseño de un potencial centro de acopio para residuos peligrosos de talleres mecánicos del cantón La Maná, Cotopaxi, Ecuador. *Brazilian Journal of Business*, 7(1), e77963. <https://doi.org/10.34140/bjbv7n1-057>
- Mehmood, R., Jakarni, F. M., Muniandy, R., Hassim, S., Daud, N. N. N., & Ansari, A. H. (2024). Waste engine oil as a sustainable approach for asphalt rejuvenation and modification: A review. *Heliyon*, 10(23), e40737. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40737>
- Pelitli, V., Doğan, Ö., & Köroğlu, H. (2017). Waste oil management: Analyses of waste oils from vehicle crankcases and gearboxes. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 3(1), 1-8. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2017.03.01.002>
- Prabakaran, B., & Zachariah, Z. (2016). Production of Fuel from Waste Engine oil and Study of performance and emission characteristics in a Diesel engine. *International Journal of ChemTech Research*, 9(5), 474-480.
- Sangacha-Magarisca, I. K., Nieto-Cañarte, C. A., Vélez-Ruiz, M. C., & Guamán-Sarango, V. M. (2024). Análisis de la gestión de residuos sólidos domiciliarios en guapara, cantón Pangua, Ecuador. *International Journal of Professional Business Review*, 9(12), e05174. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2024.v9i12.5174>
- Villanueva Conforme, G. (2025). Sostenibilidad en la gestión del aceite mineral usado en establecimientos de lubricación vehicular: Sustainable in the management of mineral oil used in vehicle lubrication establishments. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 6(1), 1333 – 1347. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i1.3420>