



Análisis TPH:

Hidrocarburos de Carbono Total en Muestras Ambientales



Los Hidrocarburos de Petróleo son una clase de compuestos químicos formados por carbono(s) e hidrógenos comúnmente encontrados en combustibles, Queroseno, gasolina y diésel son algunos ejemplos de productos derivados de petróleo.

EN LAS PROFUNDIDADES DE LA TIERRA Y DEL TIEMPO

Si hay algo que ha acelerado el desarrollo humano, innegablemente, los derivados del petróleo poseen un lugar en el podio. Un hecho concomitante del desarrollo tecnológico por su uso son los altos niveles de contaminación y la aceleración del aumento de la temperatura de la Tierra a ritmos nunca vistos en nuestra historia. Este paralelismo entre desarrollo y daños colaterales es el gran drama que viven los líderes mundiales, junto a las agendas ambientales y económicas. En medio de toda esta discusión sobre el crecimiento sostenible y las matrices energéticas, estamos cosechando cargas y bonificaciones.

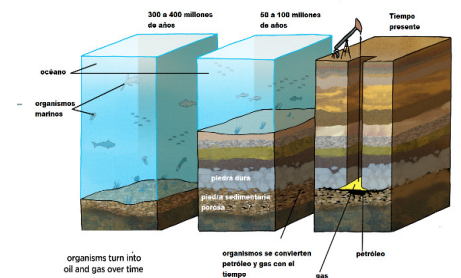


Imagen 1: Formación de petróleo a partir de sedimentos de material orgánico

Para entender mejor el tema, tenemos que remontarnos a la época de la formación de petróleo. (Imagen 1).

Viajemos en el tiempo a millones de años, a un pasado lejano en el que la tierra estaba habitada por criaturas colosales. En los océanos prehistóricos, las algas microscópicas y plantón florecían en abundancia.

“El análisis de TPH y sus variantes son análisis químicos realizados comúnmente para evaluaciones en el medio ambiente. A diferencia de la mayoría de los demás análisis orgánicos, que se presentan en el informe analítico por compuestos, el TPH se presenta en forma de productos, es decir, como una mezcla de muchos de estos compuestos.”

Después de millones de años bajo presión y calor, estos organismos se convirtieron en un enigmático líquido negro: el petróleo. Este líquido es en realidad una mezcla compleja de moléculas, hidrocarburos. Cada hidrocarburo tiene sus características y propiedades únicas y, como su nombre lo indica, están compuestos únicamente de carbono e hidrógeno.

Los alcanos, moléculas con cadenas lineales de carbono e hidrógeno, que forman la base de la composición del petróleo, son los compuestos más simples de la mezcla. Los cicloalcanos, por su parte, son las moléculas no lineales de este grupo, es decir, las cadenas cíclicas de los "alcanos". Los compuestos aromáticos son moléculas con anillos cíclicos de carbono e hidrógeno, igual que los cicloalcanos, pero estructuralmente diferentes y con propiedades particulares. Como su nombre indica, tienen un aroma peculiar, es decir, son "aromáticos". Además de hidrocarburos, el petróleo también contiene compuestos heterogéneos como azufre, nitrógeno y oxígeno, pero son, con mucho, la mayor parte de esta mezcla.

Además de todos los problemas de calentamiento global relacionados con la quema de hidrocarburos, pueden difundirse en aguas y suelos, donde la mayor preocupación está asociada a sus toxicidades

LA BÚSQUEDA DEL ORO NEGRO Y SU INFLUENCIA:

Problemas relaciones con TPH en medio ambiente.

TPH'S PROBLEMAS: FACTORES, EFECTOS, TOXICIDAD Y MEDIO AMBIENTE

- **Composición:** Los TPH con compuestos aromáticos policíclicos (PAH's) y compuestos heterocíclicos nitrogenados (NCH) tienen mayor potencial tóxico.
- **Concentración:** Niveles elevados de TPH pueden causar efectos agudos y crónicos.
- **Tiempo de exposición:** una exposición prolongada aumenta el riesgo de efectos adversos para la salud.
- **Vía de exposición:** la ingestión, la inhalación y el contacto dérmico pueden provocar la absorción de TPH y sus efectos tóxicos.
- **Cáncer:** Los HAP y los NCH presentes en los TPHS pueden provocar diversos tipos de cáncer, como leucemia, linfoma y cáncer de pulmón.

Las colosales plataformas marinas son un ejemplo de lugares de obtención de este preciado "oro negro". A partir de pozos profundos de la Tierra, se extrae mediante técnicas innovadoras como la perforación y el bombeo. Una vez obtenido, el petróleo está listo para ser transformado en los productos que utilizamos a diario. El proceso es complejo. El calentamiento separa las distintas fracciones del petróleo (destilación) y produce así sus derivados: gasolina, diésel, gas de cocina y muchos otros (imagen 2). En la refinería, los

- **Problemas neurológicos:** La exposición a los TPH puede afectar al sistema nervioso central, provocando dolores de cabeza, mareos, fatiga e incluso problemas de memoria y concentración.
- **Problemas respiratorios:** La inhalación de TPH puede provocar irritación respiratoria, tos, bronquitis y neumonía.
- **Problemas reproductivos:** La exposición a los TPH puede afectar a la fertilidad y causar problemas en el desarrollo fetal.
- **Muerte de animales y plantas:** Los TPH pueden contaminar la cadena alimentaria, afectando a la salud de animales y plantas.
- **Destrucción de hábitats:** La contaminación por TPH puede hacer que el suelo y el agua no sean aptos para la vida, destruyendo los hábitats naturales.
- **Bioacumulación:** Los TPH pueden acumularse en los organismos vivos, aumentando su toxicidad a lo largo de la cadena alimentaria

hidrocarburos del petróleo se separan en las distintas fracciones. La gasolina, por ejemplo, es rica en alcanos, mientras que el asfalto lo es en aromáticos. El uso creativo de estos compuestos varía según la propuesta de desarrollo. Goma de mascar, espuma de poliestireno, plásticos, combustibles, disolventes. Una infinidad de derivados. Impulsan coches y aviones, generan energía para nuestros hogares e industrias, e incluso componen materiales como plásticos, caucho y alimentos.

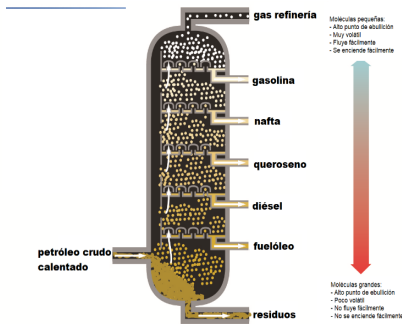


Imagen 2. Fracciones de la destilación del petróleo.

DESAFÍOS Y ESPERANZAS PARA EL FUTURO

Aunque el petróleo es un recurso esencial, su uso conlleva desafíos, como la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación ambiental. Pero no todo está perdido. La búsqueda de energías renovables y tecnologías sostenibles trae esperanza de un futuro más verde, pero si bien no camina "por sí sola", la necesidad de su detección en el medio ambiente es vital. Los productos derivados del petróleo, presentes en diversos.

Los productos que utilizamos a diario pueden ser perjudiciales para el medio ambiente cuando no se gestionan adecuadamente. Para garantizar la protección del medio ambiente y la salud humana, los organismos reguladores establecen valores orientativos para la concentración de estos compuestos en diferentes compartimentos ambientales, como el agua y el suelo. Sirven como punto de referencia para evaluar la calidad ambiental e identificar áreas que pueden estar en riesgo de contaminación. Los valores orientativos varían según el tipo de derivado del petróleo, así como el comportamiento en el medio ambiente y la legislación específica de cada país

VALORES ORIENTATIVOS PARA LOS TPH

Agua:

- Benceno: 10 µg/L (CONAMA 420/2010)
- TPH (hidrocarburos totales de petróleo): 1000 µg/L (EPA)

Suelo:

- Benzo(a)pireno: 0,06 mg/kg (CONAMA 420/2010)
- TPH: 5000 mg/kg (EPA)

Aire:

- Gases de escape de vehículos: 50 µg/m³ (OMS)
- Ozono: 100 µg/m³ (OMS)

La evaluación de la calidad ambiental debe tener en cuenta diversos factores, como la variabilidad natural de los entornos y la presencia de otros contaminantes. Es importante consultar la legislación específica de cada país para obtener valores guía actualizados y específicos para cada situación, un ejemplo de ello son los rangos de TPH, así como GRO y DRO.

SUMÉRGETE EN EL MUNDO DE LOS HIDROCARBUROS

TPH (Total Petroleum Hydrocarbons) es un término general que engloba diversos compuestos orgánicos presentes en el petróleo. Para un análisis más preciso, el TPH se divide en rangos, con base en la volatilidad y el punto de ebullición:

- **GRO (Gasolina y Aceites Ligeros):** compuestos volátiles con menor punto de ebullición, como gasolina, kerosene y aceites combustibles leves.

- **DRO (Aceites pesados y residuos):** compuestos menos volátiles con un punto de ebullición más alto, como los aceites lubricantes, las grasas y el asfalto.

Tanto para las GRO como para las DRO, dependiendo del organismo regulador, los rangos de valores pueden ser diferentes. Los valores orientativos de los rangos TPH, GRO y DRO varían según:

- **Compartimento ambiental:** El suelo y el agua tienen diferentes características y sensibilidad a la contaminación por hidrocarburos.
- **Legislación:** Cada país define sus propios valores rectores, teniendo en cuenta criterios técnicos y científicos específicos.
- **Tipo de suelo:** La textura, porosidad y materia orgánica del suelo influyen en su capacidad para retener hidrocarburos.

EXPLORANDO LAS TÉCNICAS

La preparación de la muestra para la prueba de TPH se conoce como limpieza (o clean-up) y tiene como objetivo eliminar los compuestos polares y macromoléculas que puedan interferir con el análisis, tales como:

- **Proteínas:** presentes en suelos y sedimentos, pueden enmascarar los picos de TPH en el cromatograma.
- **Ácidos húmicos:** encontrados en materiales orgánicos, pueden influir

en la retención de TPH en la columna cromatográfica.

- **Lipídeos:** presentes en aceites y grasas, pueden coeluir con compuestos de TPH, dificultando su identificación y cuantificación.

Las muestras ambientales suelen contener varios compuestos además de los TPH. El proceso de pasar la muestra por una columna de limpieza ayuda a eliminar las interferencias del cromatograma (de las que hablaremos más adelante en el texto). Estas interferencias dificultan la identificación y cuantificación de los TPH.

Para la cuantificación de los TPH por cromatografía necesitamos la etapa de extracción. Los TPHs son compuestos con una baja afinidad por el agua, mientras que el agua es un vehículo común en el medio ambiente. Dada la afinidad de los TPHs por los disolventes orgánicos, éstos son ampliamente utilizados para la extracción de estos compuestos y su posterior cuantificación. Los siguientes son ejemplos de procesos que pueden utilizarse para extraer los compuestos.

SEPARACIÓN/EXTRACCIÓN:

- **Extracción Líquido-Líquido:** se utilizan solventes inmiscibles, como el agua y el diclorometano, para separar los compuestos TPH de los interferentes polares.
- **Sólido-Líquido:** se utiliza un medio de separación para retener los compuestos de interés y eluirlos en un solvente para su posterior análisis.

TÉCNICAS CUANTITATIVAS DE CROMATOGRAFÍA PARA TPHS

La cromatografía aprovecha las diferencias en las propiedades físicas y químicas de las sustancias de una mezcla. Las separa en función del tamaño de las moléculas, su polaridad y su afinidad por las fases estacionaria y móvil del proceso de separación (columna cromatográfica y eluyente). Las moléculas más grandes se mueven más lentamente a través de la fase estacionaria, mientras que las más pequeñas lo hacen más rápidamente. Además, las moléculas polares interactúan más con la fase estacionaria polar, mientras que las moléculas no polares interactúan menos. La cromatografía es una técnica potente para analizar los hidrocarburos totales del petróleo (TPH). Las dos principales técnicas de detección de TPH por cromatografía de gases son la detección por ionización de llama (FID) y la detección por espectrometría de masas (MS):

Detección de FID

El principio de esta detección consiste en medir la cantidad de carbono unidos por hidrógeno presentes en los compuestos TPH quemándolos y detectando los iones emitidos durante la combustión. Esto nos proporciona una señal cromatográfica que tiene la ventaja de ser robusta y práctica, pero no proporciona información sobre la identidad de los compuestos TPH.

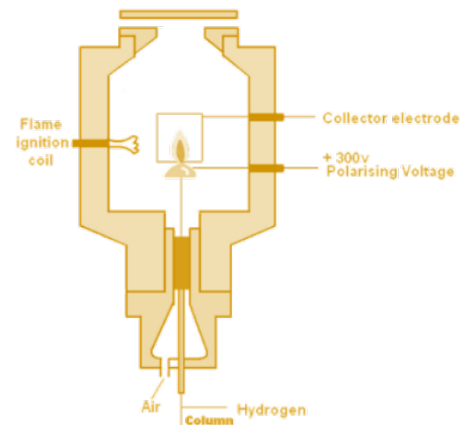


Imagen 3. Inicio del análisis por cromatografía gaseosa (Inyección - FID)

Detección por espectrometría de masas (MS)

La detección de masas es una técnica más compleja y su principio consiste en ionizar compuestos, y separarlos en función de los iones formados relacionados con sus relaciones masa/carga. Proporciona información sobre la identidad y la estructura de los compuestos. Esta técnica tiene una gran especificidad e identifica/cuantifica los compuestos de TPH. Sin embargo, es más costosa y técnicamente más compleja.

FALSOS POSITIVOS DE TPH

El detector FID es un detector no selectivo. Existe la posibilidad de identificar muchos analitos que no son de interés en las muestras que interfieren con estos análisis.

De acuerdo con las normas EN ISO 16703, EN ISO 9377-2 y EN 14039,

todos los hidrocarburos con un rango de temperatura de destilación de compuestos C10-C40, con un punto de ebullición entre 175 °C y 525 °C (n-alcenos de C10H22 a C40H82, isoalcenos, cicloalcenos, alquilbencenos, alquilnaftalenos e hidrocarburos aromáticos policíclicos), se determinan como hidrocarburos en el rango C10-C40, siempre y cuando no sean adsorbidos por la limpieza durante la purificación. Sin embargo, varios otros compuestos extraíbles también pueden ser detectados por CG-FID, siendo clasificados como de origen no petrolero. En particular, los compuestos polares del grupo de ácidos grasos, alcoholes, esteroides u otras sustancias esteroideas pueden interferir con la determinación de C10-C40 hidrocarburos de petróleo en materiales naturales o suelos orgánicos.

La turba, más precisamente compuestos húmicos, formados por la acumulación de vegetación parcialmente descompuesta o materia orgánica están presentes en muchos ecosistemas. Las muestras recogidas en estas áreas pueden superar fácilmente las normas reglamentarias locales más estrictas para C10-C40, debido a la interferencia de compuestos biogénicos característicos en sus perfiles cromatográficos. Los residuos de madera, los compost de subproductos de la descomposición, los suelos fertilizados o las agujas y astillas de madera también pueden tener un impacto significativo en los resultados falsos positivos de los hidrocarburos de petróleo C10-C40.

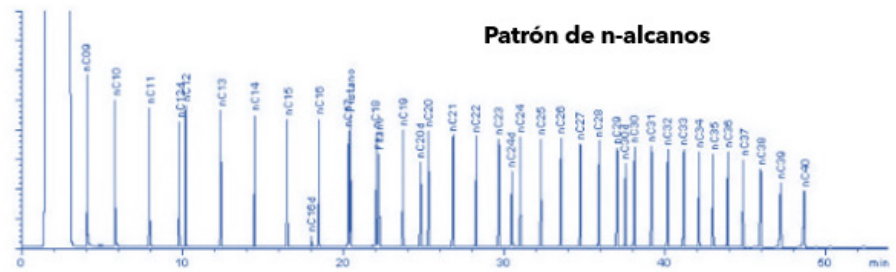


Imagen 4: Cromatograma n-alcenos.

TIPOS DE TPH

El TPH analizado por cromatografía de gases siempre estará determinado por un rango de carbonos. Esto significa que el área considerada para la cuantificación se integró por los tiempos de retención de los alcanos asignados.

Si el TPH es TPH C8-C40, significa que solo se consideró el resultado del cromatograma entre C8 y C40.

TPH – Total (C8-C40)

Hidrocarburos totales de petróleo determinados entre los marcadores del carbono C6 y del carbono C10, los marcadores C10 y C28; y los marcadores C28 y C35.

TPH Resuelto

Integración solo de los picos que presentan resolución en la cromatografía de los picos

MCNR (Mezcla compleja no resuelta)

Área del cromatograma que no muestra resolución de la cromatografía de picos.

TPH Fingerprint

Traducido del inglés, el término Fingerprint significa "huella dactilar". En el análisis de TPH, este término se utiliza para, además de medir la concentración de TPH, identificar el tipo de producto. Esta identificación se realiza comparando el cromatograma con los principales productos comerciales utilizados. Ej: Gasolina, Diesel, Queroseno, etc. Si el cromatograma

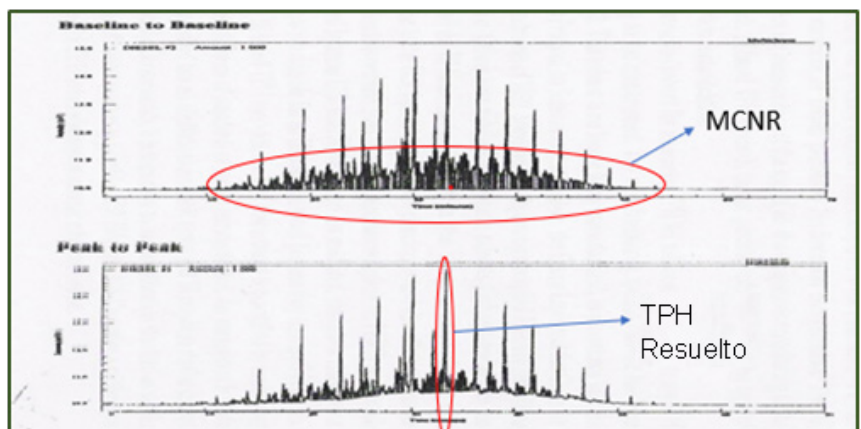


Imagen 5: MCNR y TPH Resuelto.

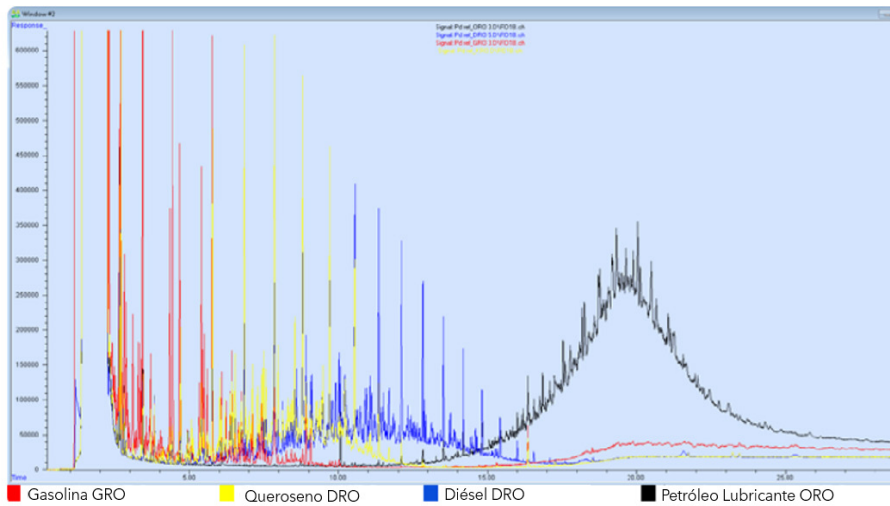


Imagen 6. Cromatogramas Gasolina, Queroseno, Diesel e Aceite Lubricante.

no se parece a ningún producto de la biblioteca del laboratorio, el resultado se notificará como: No coincide, ya que no coincide con ninguno de los productos definidos anteriormente.

En la imagen 6, se presentan cromatogramas de diferentes productos derivados del petróleo.

TPH – Pistas

El resultado de TPH se puede presentar, además de una fracción completa (C6-C40), en rangos más pequeños.

- C6 – C11; C12 – C 14; C15 – C20; C21 – C40;
- C10 – C 12; C13 – C16; C17 – C 21; C22 – C34;
- C10 – C28;
- C28 – C40;
- C10 – C36;

Los rangos mencionados anteriormente son ejemplos que pueden ser analizados. Otros rangos pueden ser analizados por diferentes laboratorios. Esa información debe ser consultada con el laboratorio.

n-Alcanos + Pristano e Fitano

Los resultados de TPH también pueden incluir los resultados de n-alcenos de C8 a C40. Los N-alcenos son hidrocarburos lineales de cadena abierta presentes en algunos productos derivados del petróleo. Pristano y Fitano son componentes comunes en el petróleo y se utilizan como indicadores para investigaciones ambientales. Se ha demostrado que se encuentra en la fracción C10-C40 es de origen biológico.

CROMATOGRAMA Y EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA CONTAMINACIÓN POR ACEITE

Los laboratorios de ALS siempre están listos para asesorar y tener un análisis para indicar el origen de una posible contaminación por aceite. Poder dirigir el resultado de una manera más asertiva, a partir de un cromatograma y una evaluación cualitativa más detallada de la contaminación (TPH FingerPrint).

Este análisis evalúa comparando el perfil cromatográfico obtenido con el perfil existente en la biblioteca interna de productos analizados por el GC.

Independientemente de la técnica elegida, el análisis de TPH es una poderosa herramienta para el análisis de hidrocarburos en varios tipos de muestras. La elección de la técnica de detección (FID o MS) depende de los objetivos del análisis, el tipo de TPH, la matriz de la muestra y el límite de detección deseado. Aunque el petróleo es un recurso valioso, su uso conlleva desafíos como las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación ambiental. La búsqueda de energías renovables y tecnologías sostenibles trae la esperanza de un futuro más armonioso.

Si necesitas ayuda para cuantificar y detectar estos hidrocarburos, no dejes de buscar ALS Ambiental, donde realizamos las principales pruebas de TPH en el mercado ambiental nacional.

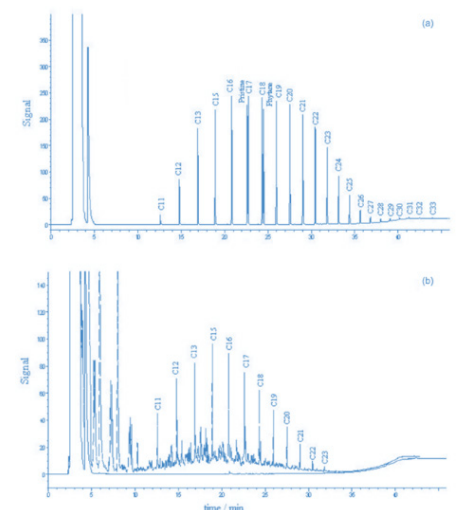


Imagen 7: Datos comparados y tratados para GC-FID en análisis de TPHs rango C10-C40



REFERENCIAS E IMÁGENES:

1. Illustration used in Siyavula Gr 7-9 Natural Sciences (Earth and Beyond strand).
2. Book Chemistry, an OpenStax resource
3. 21.12.16_What-Are-Petroleum-Hydrocarbons.pdf (hawaii.gov)
4. Flame ionization detector (FID), most popular GC detector | Agilent
5. 21.12.16_What-Are-Petroleum-Hydrocarbons.pdf (hawaii.gov)
6. <https://www.orthodyne.be/es/gc-equipment/gas-chromatographs/fid-gas-chromatograph/>
7. <https://www.ms-technologies.com/ms-detection/>
8. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Cromatografia>
9. <https://investidor.estadao.com.br/webstories/por-que-aco-es-petrobras-petr3-petr4-cairam-reducao-preco-gasolina-refinarias/>
10. Remediação de Áreas Contaminadas por TPHs: <https://es.wiktionary.org/wiki>
11. <https://novaescola.org.br/planos-de-aula/fundamental/6ano/ciencias/combustiveis-fosseis/3154>
12. <https://www.preparaenem.com/quimica/refino-petroleo.htm>
13. https://www.researchgate.net/figure/Flame-Ionization-Detector-In-the-GC-analysis-there-comes-a-term-called-retention-time_fig29_307963476https://www.informmagazine-digital.org/informmagazine/september_2020/MobilePagedArticle.action?articleId=1613768
14. https://www.abes-rs.org.br/novo/_materiais/materiais_ycxlheqmb08f.pdf
15. <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/3dsJ9hXy3GXYSL4LwTtDJ/abstract/?lang=pt>
16. https://www.informmagazine-digital.org/informmagazine/september_2020/MobilePagedArticle.action?articleId=1613768
17. https://www.abes-rs.org.br/novo/_materiais/materiais_ycxlheqmb08f.pdf
18. <https://www.linkedin.com/pulse/hidrocarbonetos-totais-do-petr%C3%B3leo-tph-renata-andr%C3%A9/?originalSubdomain=pt>
19. <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/3dsJ9hXy3GXYSL4LwTtDJ/abstract/?lang=pt>

Análisis ambientales ALS en Latinoamérica

ARGENTINA Buenos Aires

Casella Piñero 354, Avellaneda
+54 11 4265 2000

BRASIL São Paulo

Rua Galatéia, 1824, Carandirú
+54 11 4082 4300

CHILE Santiago

Av. Hermanos Carrera Pinto 159, Colina
+56 22 654 6106

COLÔMBIA Barranquilla

Carrera 41, Calle 73B N° 72
+57 31 7515 3270

EQUADOR Quito

De los Eucaliptos E 3-23 y Los Cipreses
+593 22 80 88 77

MÉXICO Monterrey

Loma de los Pinos 5505-D
Col. La Estanzuela Vieja
+52 81 8317 9150

PERU Lima

Avenida Guillermo Dansey 1801
Cercado de Lima
+51 488 9500

REPÚBLICA DOMINICANA Santo Domingo

Av. Isabel Aguiar corner Calle I
Zona Industrial de Herrera
Santo Domingo Oeste
+1 809 638-9447

Para obtener más información sobre estos y otros diversos parámetros analizados en nuestras unidades ambientales, comuníquese con Fabiana Imagawa - Gerente Técnica de ALS Ambiental para América Latina.
[✉ fabiana.imagawa@alsglobal.com](mailto:fabiana.imagawa@alsglobal.com)

ALS ofrece una amplia gama de servicios de pruebas especializados que cubren cada etapa del ciclo de vida de su proyecto. Visita alsglobal.com para más información sobre nuestros servicios y especialidades.

ALS right solutions. right partner. © Copyright 2024 ALS Limited. All rights reserved.

alsglobal.com