

Citar como:

Jaramillo-Aguilar DS, Cañar-Calderón AE, Feijoo-Rojas LY, Flores-Carpio DI, Guamán-Caguana TA, Cordero-Calderón AR. Enfermedades dermatológicas por exposición al petróleo: una revisión narrativa de la literatura. *Rev Méd Hered.* 2025; 36(3): 268-276. DOI: 10.20453/rmh.v36i2.5848

Recibido: 29/09/2024

Aceptado: 10/04/2025

Declaración de financiamiento y conflicto de intereses:

La revisión y elaboración del artículo fue financiada por los autores. Declaran no tener conflictos de intereses. Para los fines pertinentes se adjuntan declaraciones individuales.

Contribución de autoría

DSJA, AECC, LYFR, DIFC, TAGC, ARCC: concepción y diseño del estudio, recolección de datos, análisis e interpretación de resultados, redacción del manuscrito, y aprobación de la versión final del manuscrito. Los autores son responsables de la exactitud e integridad de todos los aspectos del trabajo publicado.

Correspondencia:

Damary S. Jaramillo Aguilar
✉ damarysjaramillo@gmail.com
Cuenca, Azuay, Ecuador



Artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

© Los autores
© Revista Médica Herediana

Enfermedades dermatológicas por exposición al petróleo: una revisión narrativa de la literatura

Dermatological diseases associated with exposure to petroleum: a narrative literature review

Damary S. Jaramillo-Aguilar^{1,a} , Adrián Esteban Cañar-Calderón^{1,a} , Lirys Yulexi Feijoo-Rojas^{2,a} , Digna Isabel Flores-Carpio^{2,a} , Tania Alexandra Guamán-Caguana^{2,a} , Adriana Raquel Cordero-Calderón^{1,a}

¹ Escuela de Medicina, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

² Escuela de Medicina, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

^a Médico (MD).

RESUMEN

Pocos estudios han profundizado en los efectos dermatológicos de la exposición al petróleo. El objetivo de esta revisión narrativa de la literatura fue describir las dermopatías más frecuentes en este contexto. Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed, Scopus, SciELO y LILACS, desde 2019 a 2024, tanto en inglés como en español. Se seleccionaron 52 publicaciones para su síntesis y revisión. El petróleo está compuesto principalmente por hidrocarburos. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos generan una serie de efectos en la piel, a través de procesos biológicos que comprenden estrés oxidativo, inflamación y defectos de la barrera cutánea. El acné, cáncer, dermatitis, quemaduras, alteraciones de la pigmentación y otros trastornos no especificados fueron las dermopatías que más se reportaron. Las patologías ungueales y del cabello también fueron identificadas. Finalmente, la exposición al petróleo da origen a condiciones patológicas específicas de la piel y exacerba otras preexistentes. Se requieren de más estudios epidemiológicos y experimentales para comprender completamente los mecanismos fisiopatológicos subyacentes.

PALABRAS CLAVE: Contaminación por petróleo; petróleo; industria del petróleo y gas; enfermedades de la piel.

SUMMARY

Few studies have explored the dermatological effects of exposure to petroleum. This narrative review aimed to identify the most common skin diseases related to this exposure. A literature search from 2019 to 2024 was performed in PubMed, Scopus, SciELO, and LILACS in both English and Spanish. Fifty-two publications were included. Petroleum mainly consists of hydrocarbons; polycyclic aromatic hydrocarbons induce skin effects through a cycle of oxidative stress, inflammation, and skin barrier dysfunction. Frequently reported conditions included acne, cancer, dermatitis, burns, pigment changes, and unspecified disorders. Nail and hair issues were also noted. Exposure to petroleum induces distinct dermatological pathologies and worsens existing conditions. More epidemiological and experimental studies are needed to fully understand the underlying mechanisms.

KEYWORDS: Petroleum pollution, petroleum, oil and gas industry, skin diseases.

INTRODUCCIÓN

La piel, al ser el órgano más grande y la primera línea de defensa del cuerpo, está expuesta a una serie de tóxicos ambientales, como los metales pesados, gases, material particulado, pesticidas, plásticos, aditivos, compuestos orgánicos y otros, incluyendo la exposición a la radiación ultravioleta, ozono troposférico, contaminación ambiental y cambio climático ⁽¹⁾. Cada uno de estos tiene efectos diferentes en la salud de la piel, pudiendo dar origen o exacerbar condiciones patológicas preexistentes. En este contexto, una serie de trastornos y enfermedades dermatológicas han sido reportadas, tales como la dermatitis, psoriasis, acné, cáncer, lentigo, melasma, entre otras. ^(1,2)

Dentro de los tóxicos ambientales señalados figuran los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), que son generados a partir de la quema de combustibles fósiles como el carbón, petróleo, gas y la pizarra bituminosa, como parte de la actividad desarrollada en plantas de energía e industrias, además de los vehículos y las actividades domésticas y agrícolas ⁽³⁾. Al entrar en contacto con las células locales, los PAH atraviesan fácilmente la piel debido a sus propiedades lipofílicas, y mediante mecanismos fisiopatológicos puntuales inician un proceso de estrés oxidativo e inflamación, cuyo resultado son los defectos de la barrera cutánea ⁽⁴⁻⁷⁾. Otros hidrocarburos aromáticos y alifáticos también inducen dichos efectos. ⁽⁶⁾

Debido a que el petróleo está compuesto principalmente por hidrocarburos y son pocos los estudios que han profundizado en los efectos dermatológicos de la exposición a éste en las poblaciones expuestas, se realizó una revisión narrativa de la literatura.

METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda bibliográfica de los artículos publicados sobre los efectos dermatológicos de la exposición al petróleo, entre enero de 2019 y abril de 2024, en las bases de datos PubMed, Scopus, SciELO y LILACS. Para ello, se emplearon los términos correspondientes a los tesauros “petróleo” y “enfermedades de la piel”. Se incluyeron revisiones no sistemáticas y sistemáticas de la literatura, artículos originales y extractos de libros. Se excluyeron los elementos duplicados, poco claros, no relacionados con el tema y de acceso pago. Al final, se seleccionaron 52 estudios para su síntesis y revisión.

Propiedades físicas y químicas del petróleo

El petróleo es una mezcla de compuestos orgánicos, predominantemente hidrocarburos, que se encuentra en estado líquido en reservorios naturales y permanece así a presión atmosférica ⁽⁸⁾. Su origen natural y composición variable dependen del tipo de materia orgánica original, las condiciones geológicas, y el tiempo de formación. Esta variabilidad influye directamente en sus propiedades físicas y químicas y, por ende, en su calidad y comportamiento ambiental.

Desde el punto de vista físico, el petróleo crudo se caracteriza por ser oleoso, de color oscuro, con olor penetrante, y de viscosidad y densidad variables. Su densidad oscila entre 0,75-0,95 kg/l, lo que permite clasificarlo según la escala de gravedad API (*American Petroleum Institute*) en: crudo liviano (>31,10 °API), medio (22,30-31,10 °API), pesado (10-22,30 °API), y extrapesado (<10 °API) ⁽⁹⁾. A su vez, presenta un punto de ebullición amplio y una solubilidad muy baja en agua, lo que dificulta su dispersión en ambientes acuáticos.

En cuanto a su composición química, el crudo está formado principalmente por hidrocarburos saturados (parafinas), cicloalcanos (naftenos), y aromáticos. Además, contiene compuestos con oxígeno (1%-1,50%), nitrógeno (<0,10%-2%), y azufre (0,2%-3%), así como sales minerales (p.ej.: cloruros de magnesio y sodio) y trazas de metales pesados, incluyendo níquel, vanadio, arsénico, plomo, entre otros ⁽⁹⁾. Esta diversidad composicional incide directamente en su comportamiento durante los procesos de refinación y combustión, ⁽¹⁰⁾ así como en su grado de toxicidad. ⁽¹¹⁾

El poder calorífico del petróleo, una de sus propiedades energéticas más relevantes, varía según el tipo de crudo y su contenido de hidrocarburos. Generalmente, el poder calorífico superior (PCS) del petróleo oscila entre 42 y 47 MJ/kg, lo que lo convierte en una de las fuentes de energía más densas y utilizadas a nivel global. Sin embargo, esta alta capacidad energética está estrechamente vinculada a su impacto ambiental, ya que su combustión incompleta genera compuestos tóxicos como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH). ⁽⁹⁾

Los PAH están compuestos por dos o más anillos aromáticos fusionados y se clasifican según su peso molecular ⁽³⁾: los de bajo peso (2-3 anillos, como naftaleno, antraceno y fenantreno) y los de alto peso molecular (más de 4 anillos, como benzo[a] pireno y criseno). Físicamente, los PAH presentan baja solubilidad en agua, alta estabilidad térmica, baja presión de vapor, y puntos de fusión y ebullición elevados ⁽³⁾. Su estructura rica en electrones π los hace persistentes en el ambiente y resistentes a la degradación química, lo que incrementa su potencial bioacumulativo y carcinogénico. ^(3,12)

Actualmente, existen 16 PAH considerados contaminantes prioritarios por su alta toxicidad y persistencia ambiental ^(3,12,13): naftaleno, acenafteno, acenaftileno, antraceno, fenantreno, fluoreno, fluoranteno, benzo[a] antraceno, criseno, pireno, benzo[a] pireno, benzo[b] fluoranteno, benzo[k] fluoranteno, dibenzo[a,h] antraceno, benzo[g,h,i] perileno e indeno[1,2,3-cd] pireno. La presencia de estos compuestos se asocia tanto a la exposición directa al crudo como al uso, combustión o manejo inadecuado de sus derivados refinados (p.ej.: gasolina, diésel, *fuel oil*, entre otros).

Impacto del petróleo en la salud de la piel y mecanismos fisiopatológicos

Tanto los trabajadores como los pobladores que residen cerca de las refinerías están expuestos a

compuestos, toxinas y residuos procedentes de la actividad petrolera, ya sea por contacto, inhalación o ingesta. La piel, al actuar como la primera línea de defensa del cuerpo humano, experimenta una serie de cambios. Los PAH se absorben fácilmente a través de la piel ^(6,7). Al entrar en contacto con las células locales, la mayoría de los PAH inducen la activación del receptor de hidrocarburos aromáticos (AHR) ⁽⁴⁾. El AHR es un factor de transcripción dependiente de ligandos. El complejo PAH-AHR se transloca al núcleo, donde se disocia para formar un heterodímero con la proteína ARNT, que posteriormente se une a la región genómica de respuesta a los PAH aromáticos (AHRE). Luego, una serie de genes diana son transcritos (citocromo CYP1A1, CYP1A2, CYP1B1), incluyendo los del represor del receptor de los PAH aromáticos (AHRR). Esta actividad media la generación de especies reactivas de oxígeno, modula la expresión de ARN no codificantes, induce la diferenciación de los queratinocitos y células inmunitarias de la piel, regula la síntesis de citocinas (p.ej.: factor de necrosis tumoral- α , interleucina-1 β e IL-6) y otros mediadores proinflamatorios (p.ej.: CXCL8/IL-8) ⁽⁴⁾. En consecuencia, generan un círculo vicioso de estrés oxidativo, inflamación, lesión y muerte celular, y defectos de la barrera cutánea ⁽⁴⁻⁶⁾. Además, la activación del AHR por los PAH o dioxinas genera proliferación celular, apoptosis y la expresión de genes carcinogénicos. ^(5,6)

En la misma línea, la composición y capacidad funcional de la microbiota cutánea cambia ⁽¹⁴⁾, lo que conduce a la aparición y exacerbación de problemas dermatológicos como el acné. Por tanto, la exposición aguda de la piel al petróleo puede causar irritación, dermatitis, quemaduras y otros. Mientras que, la exposición prolongada puede resultar en necrosis cutánea y cáncer de piel.

Enfermedades dermatológicas asociadas a la exposición al petróleo

Existe un rango variado de lesiones y enfermedades dermatológicas en el contexto de la exposición al petróleo. A continuación, se detallan las más frecuentes y los mecanismos fisiopatológicos subyacentes.

a) Quemaduras

El contacto de la piel con petróleo caliente o sus derivados da lugar a quemaduras de leve a severa complejidad. Alrededor del 7 a 14% de los trabajadores de la industria petrolera han reportado quemaduras durante la jornada laboral ^(15,16). Los pies, tronco y cara son las áreas anatómicas

más afectadas ^(17,18). La superficie corporal quemada (TBSA) va desde el 3% al 80% ^(17,19). En el caso de incendios en oleoductos, se ha identificado individuos con TBSA entre el 80% y 100% ⁽²⁰⁾. Las quemaduras secundarias al contacto y son tanto químicas como térmicas. Al momento del incidente, las heridas son estériles. Posteriormente, hay disolución de lípidos, lesión y muerte celular, lo que conduce a la formación de escaras. La colonización microbiana de las quemaduras con organismos, como de la flora cutánea y otros como *Serratia marcescens*, *Candida glabrata*, *Acinetobacter baumannii*, *Ralstonia pickettii* y *Chryseobacterium meningosepticum*, ha sido reportada tras las primeras 48 horas y primeros 15 días de la exposición al entorno, respectivamente ^(19,21). La tasa de mortalidad por quemaduras con petróleo oscila entre el 2,3% a 18% ^(17,18,21), siendo las quemaduras del tracto respiratorio y la sepsis bacteriana polimicrobiana las causas más comunes de muerte. Mientras que otros autores han reportado tasas de mortalidad de hasta el 70% en contextos como incendios provocados por oleoductos rotos. ^(20,22)

b) Acné

La exposición de la piel a sustancias petroquímicas, como aceites lubricantes, grasas industriales y aceites de corte, da lugar a la aparición del acné por aceite, el tipo más común de acné ocupacional. Los folículos pilo-sebáceos se impregnan progresivamente de aceites y grasas, lo que da paso a la activación del AHR, a través de la inducción y expresión del CYP1A1 a nivel local y, en consecuencia, la inducción de la comedogénesis ^(23,24), y la desregulación de la respuesta inmunitaria a nivel de la unidad pilosebácea ⁽⁵⁾. Por sus características físicas y químicas, éstas además impiden la salida normal del sebo y células muertas, lo que genera obstrucción mecánica, proliferación bacteriana, inflamación e hiperqueratinización folicular. La exposición crónica a los componentes petroleros provoca hipersensibilidad de la piel, lo que empeora el acné ocupacional y preexistente, dado el caso ⁽²⁵⁾. Estos efectos son potenciados por el constante estrés emocional y neuro psíquico, jornadas laborales extenuantes y malos hábitos del sueño y la alimentación ⁽²⁶⁾. El acné ocupacional se caracteriza por la presencia de comedones, pápulas, pústulas y lesiones quísticas, distribuidos principalmente en zonas expuestas de forma directa al petróleo y sus derivados, como antebrazos y manos ⁽²⁵⁾. La exposición conjunta con la luz solar genera hiperpigmentación, fotosensibilidad y acelera el envejecimiento de la piel ⁽¹⁴⁾. Pese a que la exposición a éstos cese, el acné por aceite persiste durante meses e incluso puede empeorar.

c) Dermatitis

Se asume que la dermatitis es el problema dermatológico más común del contacto directo con el petróleo y sus derivados; sin embargo, no hay estudios de morbilidad recientes que lo respalden. Estas sustancias, especialmente los PAH, a través de la señalización de AHR, desencadenan un ciclo vicioso de estrés oxidativo, inflamación y defectos de la barrera cutánea, lo que resulta en dermatitis o su exacerbación ^(27,28), incluyendo la dermatitis atópica ⁽⁵⁾. Aunque no se conoce exactamente el mecanismo fisiopatológico, se deduce que la exposición crónica a estos componentes desencadena hipersensibilización de la piel y, por tanto, un cuadro más grave y recurrente de la enfermedad. Los altos niveles de exposición a hidrocarburos aumentan el riesgo de dermatitis atópica en niños y adultos ^(28,29), pues se ha observado que la expresión de AHR es significativamente mayor y está involucrado en la respuesta alérgica ⁽³⁰⁾. Incluso, los antecedentes de atopía hacen que la dermatitis de contacto sea más probable y más difícil de tratar ⁽³¹⁾. Pese a que la dermatitis de contacto se subdivide en irritativa y alérgica, tras la exposición a las sustancias en mención, ésta se caracteriza por la presencia de irritación, edema, eritema e hiperplasia de la piel ⁽³²⁾, siendo la principal diferencia entre ellas el prurito. La dermatitis de manos es la presentación clínica más común, acompañada de hiperqueratosis, sequedad, onicorrexis y reducción de los lípidos en la capa cornea. ⁽³¹⁾

d) Hipo e hiperpigmentación de la piel

Los PAH inducen la liberación de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, inflamación y daño celular, lo que conduce a la activación del AHR y el sistema inmunitario ^(33,34). Como respuesta, la proteína supresora de tumores p53 estimula la transcripción del gen pro-opiomelanocortina a nivel de los queratinocitos estresados. Posteriormente, éste polipéptido se divide en alfa-MSH, que a su vez estimula la melanogénesis ⁽³⁴⁾. En la práctica clínica, este proceso patológico se expresa como manchas hiperpigmentadas a nivel de la cara ⁽³³⁾. Por otro lado, como resultado de la exposición prolongada o iterativa de la piel al benceno o sus homólogos, como el di-nitrobenceno o trinitrotolueno, la hipopigmentación de la piel de las manos, brazos, pies y cara es frecuente y es consecuencia de la reacción de los grupos nitro de estas sustancias con la melanina. ⁽³⁵⁾

e) *Cáncer*

Debido a su composición química, la exposición directa o la inhalación de hidrocarburos se ha relacionado con un aumento del riesgo del cáncer de piel en 1.34 veces en zonas de alta exposición ⁽³⁶⁾. Asimismo, el aumento de la incidencia y mortalidad del cáncer de piel tipo melanoma y no melanoma tipo carcinoma de células escamosas ha sido observada en países como Australia, Canadá, Estados Unidos, Italia, Noruega, Reino Unido, entre otros ⁽³⁶⁾. Pese a que las concentraciones de los PAH en la piel son bajas, la radiación ultravioleta A aumenta su fototoxicidad y capacidad para atravesar la piel, lo que genera un aumento significativo del estrés oxidativo y la producción de especies reactivas de oxígeno ^(7,37,38), induce mutaciones del ADN, promueve la proliferación descontrolada de las células y, en consecuencia, el desarrollo de cáncer de piel ⁽³⁹⁾. Además, se ha observado que el AHR desempeña un papel importante en la carcinogénesis y mantenimiento del cáncer de piel tipo melanoma y no melanoma tipo carcinoma espinocelular cutáneo, pues está asociado con la carcinogénesis inducida por la radiación ultravioleta y otros contaminantes atmosféricos, actuando como modulador de la inmunidad antitumoral y las señales proliferativas ⁽⁴⁰⁾. Clínicamente, estas lesiones malignas son localizadas, se encuentran a nivel del tronco, extremidades, cabeza y cuello, y son diagnosticadas en fases tardías ⁽³⁸⁾. Aunque se use protección solar, el riesgo de cáncer de piel continúa siendo elevado en comparación con aquellos individuos que nunca lo usaron o lo usaron ocasionalmente. ⁽³⁸⁾

f) *Otras lesiones cutáneas no especificadas*

Otras lesiones incluyen *rash* cutáneo a nivel de cara y cuello, además de otras no especificadas ⁽⁴¹⁻⁴³⁾. También, infecciones de la piel secundarias al contacto con el agua, suelo o arena ⁽⁴⁴⁾.

Si bien es cierto que la activación de la señalización del AHR desempeña un papel importante en la aparición y exacerbación de la hidradenitis supurativa, psoriasis y vitíligo ⁽⁵⁾, no se encontraron estudios recientes en el contexto de la exposición al petróleo.

g) *Patología del cabello*

Algunos PAH son foto reactivos, por tanto, generan un mayor estrés oxidativo a nivel local ⁽⁴⁵⁾. A ello se

suma el efecto de otros factores ambientales como la temperatura, humedad relativa y contaminación del aire ^(45,46), y el efecto de trazas de elementos como cobalto, cobre, hierro, yodo, manganeso, selenio y zinc ⁽⁴⁷⁾. Lo anterior compromete el crecimiento del cabello, aumenta la porosidad y rugosidad de la fibra capilar y disminuye la resistencia mecánica de la misma, a través de la oxidación de los lípidos, degradación de aminoácidos como el triptófano y cisteína, ruptura de enlaces disulfuro, degradación del córtex y delaminación de la cutícula capilar ^(45,46). Clínicamente estos hallazgos incluyen sequedad y fragilidad del cabello, alopecia, irritación, prurito e hipersensibilidad del cuero cabelludo ⁽⁴⁸⁾. No se encontraron estudios relacionados con la aparición o exacerbación de dermatitis seborreica; sin embargo, se asume que la exposición al petróleo puede dar paso a una serie de alteraciones a nivel del folículo piloso, generando obstrucción, desregulación de la producción de sebo y proliferación microbiana. ⁽⁴⁹⁾

h) *Patología de las uñas y anexos*

El benceno y sus homólogos dan lugar a dermatitis de contacto, misma que genera fisuras en los dedos y palmas, y distrofia ungueal crónica ⁽³⁵⁾. Además, la exposición a ácido fluorhídrico da lugar a quemaduras en los dedos y lechos ungueales ⁽³⁵⁾. También, la coiloniquia es una manifestación frecuente ⁽⁵⁰⁾. Adicionalmente, estos cambios facilitan la entrada de microorganismos y desencadenan onicomycosis y otras micosis superficiales, a ello se suman los efectos de la temperatura y humedad ambiental. ⁽⁵¹⁾

Medidas de promoción de la salud y prevención de enfermedades relacionadas con la exposición al petróleo

Es imperativo implementar medidas preventivas efectivas para reducir los efectos adversos de la exposición a la actividad petrolera. La seguridad y bienestar de los trabajadores y la población aledaña al área de extracción es una responsabilidad mancomunada entre las refinerías petroleras y cada uno de los actores en mención ⁽⁵²⁾. En la tabla 1 se detallan las medidas a considerar por parte éstos. Por último, la evaluación y seguimiento médico especializado es fundamental para el abordaje de los problemas de la piel y de otros aparatos y sistemas.

Tabla 1. Medidas preventivas y de control frente a la exposición a petróleo y el riesgo de enfermedades cutáneas: empresas petroleras, trabajadores y población general.

	Medidas	Especificaciones
Empresas petroleras	Cumplimiento de regulaciones y normativas nacionales e internacionales	- Ventilación de las instalaciones. - Contención de materiales o áreas de trabajo. - Señalización de áreas y servicios. - Manejo seguro del petróleo, sus derivados, desechos y otros. - Procedimientos que limiten la exposición de los trabajadores. - Vigilancia de materiales y procedimientos poco seguros.
	Capacitación continua y promoción de la salud y seguridad laboral	- Riesgos, enfermedades, medidas de seguridad y prevención. - Familiaridad con instalaciones, actividades y productos. - Implementación de pausas activas.
	Evaluación de riesgos para la salud	- Valoración periódica por especialidad a los trabajadores. - Monitoreo de ausencias por enfermedades ocupacionales.
Trabajadores y población general	Uso de EPP	- Guantes, gafas, mascarilla y ropa resistente.
	Autoexploración y control médico rutinario de salud	- Cada seis meses. - Observar aparición y evolución de nevos, manchas, etc.
	Otros cuidados	- Evitar la exposición solar prolongada. - Evitar contacto con químicos siempre que sea posible. - Lavar y secar la piel luego de la exposición. - Aplicar cremas o ungüentos hidratantes para aliviar síntomas.

Elaboración: los autores. Fuente: bibliografía consultada. Abreviaturas: EPP: equipos de protección personal.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta revisión recoge la evidencia disponible de los efectos de la exposición al petróleo sobre la salud de la piel y sus anexos. Entre los trastornos de la piel se encontraron reportes en relación con acné, cáncer, dermatitis, quemaduras, alteraciones de la pigmentación y otros trastornos no especificados. La patología ungueal y del cabello también se identificó, pero de forma muy puntual. En la mayoría de los estudios revisados se destaca el rol de la activación de la señalización del AHR como consecuencia de la exposición a los PAH, en la aparición y exacerbación de ciertas dermatopatías.

La principal limitación de esta revisión fue la falta de publicaciones sobre el tema, especialmente de las enfermedades del cabello y las uñas. Se plantea la necesidad de estudios epidemiológicos con énfasis en la morbilidad y mortalidad de la patología dermatológica, no solo de los trabajadores de las refinerías petroleras, si no en las poblaciones que se encuentran en áreas geográficas de alta exposición. Además, estudios experimentales para dilucidar los mecanismos

fisiopatológicos de las enfermedades de la piel descritas. Para ello será imperativo plantear acuerdos internacionales y elaborar protocolos de estudio y evaluación, mismos que permitan agilizar el trabajo de investigación y guiar la producción de evidencia.

Finalmente, dado que la exposición a estas sustancias es permanente, es importante concientizar a los trabajadores de las refinerías petroleras sobre estas y otras enfermedades ocupacionales, así como a las poblaciones aledañas. Pero, sobre todo, se debe instar a y asegurar que las empresas petroleras cumplan con los estándares, regulaciones y normativas nacionales e internacionales para disminuir el impacto de estos tóxicos en la salud humana y del medioambiente.

Agradecimientos:

Nos gustaría agradecer al Ing. Iván Rogelio Gootman Jadán (Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México. CDMX, México) por su apoyo durante la elaboración de este trabajo, particularmente en lo que a los aspectos técnicos del petróleo y sus derivados refiere.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abolhasani R, Araghi F, Tabary M, Aryannejad A, Mashinchi B, Robati RM. The impact of air pollution on skin and related disorders: A comprehensive review. *Dermatol Ther.* 2021;34(2):e14840. doi: 10.1111/dth.14840.
2. Roberts W. Air pollution and skin disorders. *Int J Womens Dermatol.* 2020;7(1):91-7. doi: 10.1016/j.ijwd.2020.11.001.
3. Abdel-Shafy HI, Mansour MSM. A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egypt J Pet.* 2016;25(1):107-23. doi: 10.1016/j.ejpe.2015.03.011.
4. Jin H, Lin Z, Pang T, Wu J, Zhao C, Zhang Y, et al. Effects and mechanisms of polycyclic aromatic hydrocarbons in inflammatory skin diseases. *Sci Total Environ.* 2024; 925:171492. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.171492.
5. Dec M, Arasiewicz H. Aryl hydrocarbon receptor role in chronic inflammatory skin diseases: a narrative review. *Postepy Dermatol Alergol.* 2024;41(1):9-19. doi: 10.5114/ada.2023.135617.
6. Lin L, Dai Y, Xia Y. An overview of aryl hydrocarbon receptor ligands in the Last two decades (2002–2022): A medicinal chemistry perspective. *Eur J Med Chem.* 2022; 244:114845. doi: 10.1016/j.ejmech.2022.114845.
7. Hopf NB, Spring P, Hirt-Burri N, Jimenez S, Sutter B, Vernez D, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) skin permeation rates change with simultaneous exposures to solar ultraviolet radiation (UV-S). *Toxicol Lett.* 2018; 287:122-30. doi: 10.1016/j.toxlet.2018.01.024.
8. Selley RC, Sonnenberg SA. The Physical and Chemical Properties of Petroleum. En: Selley RC, Sonnenberg SA, editores. *Elements of Petroleum Geology.* 4ta Edición. Boston, EE.UU Academic Press; 2022. p. 15-42.
9. Chaudhuri UR. Crude Petroleum Oil. En: Chaudhuri UR, editor. *Fundamentals of Petroleum and Petrochemical Engineering.* Boca Raton, EE.UU: CRC Press, Taylor and Francis Group. 2011. p. 24.
10. Coutinho DM, França D, Vanini G, Gomes AO, Azevedo DA. Understanding the molecular composition of petroleum and its distillation cuts. *Fuel.* 2022;311:122594. doi: 10.1016/j.fuel.2021.122594.
11. Vandana, Priyadarshane M, Mahto U, Das S. Mechanism of toxicity and adverse health effects of environmental pollutants. En: Das S, Dash HR, editores. *Microbial Biodegradation and Bioremediation.* 2da Edición. Chennai, India: Elsevier Inc.2022. p. 33-53. doi: 10.1016/C2020-0-01871-2.
12. Patel AB, Shaikh S, Jain KR, Desai C, Madamwar D. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Sources, Toxicity, and Remediation Approaches. *Front Microbiol.* 2020; 11:562813. doi: 10.3389/fmicb.2020.562813.
13. Hussar E, Richards S, Lin ZQ, Dixon RP, Johnson KA. Human Health Risk Assessment of 16 Priority Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils of Chattanooga, Tennessee, USA. *Water Air Soil Pollut.* 2012;223(9):5535-48. doi: 10.1007/s11270-012-1265-7.
14. Leung MHY, Tong X, Bastien P, Guinot F, Tenenhaus A, Appenzeller BMR, et al. Changes of the human skin microbiota upon chronic exposure to polycyclic aromatic hydrocarbon pollutants. *Microbiome.* 2020;8(1):1-17. doi: 10.1186/s40168-020-00874-1.
15. Nwankwo C, Arewa A, Theophilus S, Esenowo V. Analysis of accidents caused by human factors in the oil and gas industry using the HFACS-OGI framework. *Int J Occup SafErgon.* 2022;28(3):1642-54. doi: 10.1080/10803548.2021.1916238.
16. Parasram V. Severe Work-Related Injuries in the Oil and Gas Extraction Industry — 32 Federal Occupational Safety and Health Administration Jurisdictions, United States, January 2015–July 2022. *Morb Mortal Wkly Rep.* 2024; 73:104-9. doi: 10.15585/mmwr.mm7305a3.
17. Savage N, Doherty Z, Singer Y, Menezes H, Cleland H, Goldie SJ. A Review of Petrol Burns in Australia and New Zealand. *J Burn Care Res.* 2023;44(5):1162-8. doi: 10.1093/jbcr/irad008.
18. Sreedharan S, Menezes H, Cleland H, Goldie SJ. Petrol-related burn injuries presenting to the Victorian Adult Burns Service. *Australas J Plast Surg.* 2019;2(2):45-9. doi: 10.34239/ajops.v2n2.153.
19. Lin TC, Wu RX, Chiu CC, Yang YS, Lee Y, Lin JC, et al. The clinical and microbiological characteristics of infections in burn patients from the Formosa Fun Coast Dust Explosion. *J Microbiol Immunol Infect.* 2018;51(2):267-77. doi: 10.1016/j.jmii.2016.08.019.
20. Fadeyibi I, Jewo P, Opoola P, Babalola O, Ugburo A, Ademiluyi S. Burns and fire disasters from leaking petroleum pipes in Lagos, Nigeria: An 8-year experience. *Burns.* 2011;37(1):145-52. doi: 10.1016/j.burns.2010.06.012.

21. Kelly D, Rizzo J, Yun H, Blyth D. Microbiology and clinical characteristics of industrial oil burns. *Burns*. 2020;46(3):711-7. doi: 10.1016/j.burns.2019.10.007.
22. Carlson LC, Rogers TT, Kamara TB, Rybarczyk MM, Leow JJ, Kirsch TD, et al. Petroleum pipeline explosions in sub-Saharan Africa: A comprehensive systematic review of the academic and lay literature. *Burns*. 2015;41(3):497-501. doi: 10.1016/j.burns.2014.08.013.
23. Fabbrocini G, Kaya G, Silverio PC, De Vita V, Kaya A, Fontao F, et al. Aryl Hydrocarbon Receptor Activation in Acne Vulgaris Skin: A Case Series from the Region of Naples, Italy. *Dermatology*. 2015;231(4):334-8. doi: 10.1159/000439402.
24. Napolitano M, Fabbrocini G, Martora F, Picone V, Morelli P, Cataldo P. Role of Aryl Hydrocarbon Receptor Activation in Inflammatory Chronic Skin Diseases. *Cells*. 2021;10(12):3559-3559. doi: 10.3390/cells10123559.
25. Demir B, Çiçek D. Occupational Acne. En: *Acne and Acneiform Eruptions de Kartal SP & Gönül M*. IntechOpen; 2017. doi: 10.5772/64905.
26. Karpova A, Filimonov S, Semenikhin V. Industrial ecology and skin diseases. *Russ J Occup Health Ind Ecol*. 2022;62(11):781-4. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-6-387-391.
27. Kemp J, Luckett-Chastain LR, Calhoun KN, Frempah B, Schartz TR, Harty LE, et al. Evaluation of skin irritation following weathered crude oil exposure in two mouse strains. *Toxicol Ind Health*. 2020;36(10):788-99. doi: 10.1177/0748233720944354.
28. Tang KT, Chen PA, Lee MR, Lee MF, Chen YH. The relationship between exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and adult atopic dermatitis. *Asian Pac J Allergy Immunol*. 2020;7. doi: 10.12932/AP-210720-0926.
29. Wang C, Tsai JD, Wan L, Lin CL. Association of Exposure to Hydrocarbons Air Pollution with Incidence of Atopic Dermatitis in Children. *Ital J Pediatr*. 2021;47(1):202. doi: 10.1186/s13052-021-01157-7.
30. Hu Y, Zhang Y. Unbalanced Aryl Hydrocarbon Receptor Expression in Peripheral and Lesional T Cell Subsets of Atopic Dermatitis. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2023;(16):3661-71. doi: 10.2147/CCID.S430915.
31. Contestable JJ. Jet Fuel-Associated Occupational Contact Dermatitis. *Mil Med*. 2017;182(3):e1870-3. doi: 10.7205/MILMED-D-16-00217.
32. Milam EC, Nassau S, Banta E, Fonacier L, Cohen DE. Occupational Contact Dermatitis: An Update. *J Allergy Clin Immunol Pract*. 2020;8(10):3283-93. doi: 10.1016/j.jaip.2020.08.004.
33. Furue M, Tsuji G. Chloracne and Hyperpigmentation Caused by Exposure to Hazardous Aryl Hydrocarbon Receptor Ligands. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(23):4864. doi: 10.3390/ijerph16234864.
34. Chan TK, Bramono D, Bourokba N, Krishna V, Wang ST, Neo BH, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons regulate the pigmentation pathway and induce DNA damage responses in keratinocytes, a process driven by systemic immunity. *J Dermatol Sci*. 2021;104(2):83-94. doi: 10.1016/j.jdermsci.2021.09.003.
35. Niu S, Colosio C, Carugno M, Adisesh A. Diagnostic and exposure criteria for occupational diseases. Guidance notes for diagnosis and prevention of the diseases in the ILO List of Occupational Diseases (revised 2010). Ginebra, Suiza: International Labour Organization (ILO); 2022. p. 8-327.
36. Onyije FM, Hosseini B, Togawa K, Schüz J, Olsson A. Cancer Incidence and Mortality among Petroleum Industry Workers and Residents Living in Oil Producing Communities: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(8):4343. doi: 10.3390/ijerph18084343.
37. Misra N, Marrot L. In Vitro Methods to Simulate Pollution and Photo-Pollution Exposure in Human Skin Epidermis. *Methods Mol Biol*. 2020;2150:227-41. doi: 10.1007/7651_2020_279.
38. Liu FC, Grimsrud TK, Veierød MB, Røsbahm TE, Ghiasvand R, Babigumira R, et al. Ultraviolet radiation and risk of cutaneous melanoma and squamous cell carcinoma in males and females in the Norwegian Offshore Petroleum Workers cohort. *Am J Ind Med*. 2021;64(6):496-510. doi: 10.1002/ajim.23240.
39. Kriech AJ, Schreiner CA, Osborn LV, Riley A. Assessing cancer hazards of bitumen emissions - a case study for complex petroleum substances. *Crit Rev Toxicol*. 2018;48(2):121-42. doi: 10.1080/10408444.2017.1391170.
40. Hidaka T, Fujimura T, Aiba S. Aryl Hydrocarbon Receptor Modulates Carcinogenesis and Maintenance of Skin Cancers. *Front Med*. 2019;6:194-194. doi: 10.3389/fmed.2019.00194.
41. Khatatbeh M, Alzoubi K, Khabour O, Al-Delaimy W. Adverse Health Impacts of Living Near an Oil Refinery in Jordan. *Env Health Insights*. 2020;14:1178630220985794. doi: 10.1177/1178630220985794.

42. D'Andrea MA, Reddy GK. Crude Oil Spill Exposure and Human Health Risks. *J Occup Environ Med.* 2014;56(10):1029-41. doi: 10.1097/JOM.0000000000000217.
43. Orisakwe OE. Crude oil and public health issues in Niger Delta, Nigeria: Much ado about the inevitable. *Environ Res.* 2021;194:110725. doi: 10.1016/j.envres.2021.110725.
44. Ferguson A, Solo-Gabriele H, Mena K. Assessment for oil spill chemicals: Current knowledge, data gaps, and uncertainties addressing human physical health risk. *Mar Pollut Bull.* 2020;150:110746. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110746.
45. De Vecchi R, da Silveira Carvalho Ripper J, Roy D, Breton L, Germano Marciano A, Bernardo de Souza PM, et al. Using wearable devices for assessing the impacts of hair exposome in Brazil. *Sci Rep.* 2019;9(1):13357. doi: 10.1038/s41598-019-49902-7.
46. Naudin G, Bastien P, Mezzache S, Trehu E, Bourokba N, Appenzeller BMR, et al. Human pollution exposure correlates with accelerated ultrastructural degradation of hair fibers. *Proc Natl Acad Sci U A.* 2019;116(37):18410-5. doi: 10.1073/pnas.1904082116.
47. Umarova G, Batyrova G, Tlegenova Z, Kononets V, Balmagambetova S, Umarov Y, et al. Essential Trace Elements in Scalp Hair of Residents across the Caspian Oil and Gas Region of Kazakhstan. *Toxics.* 2022;10(7):364. doi: 10.3390/toxics10070364.
48. Bamber AM, Hasanali SH, Nair AS, Watkins SM, Vigil DI, Van Dyke M, et al. A Systematic Review of the Epidemiologic Literature Assessing Health Outcomes in Populations Living near Oil and Natural Gas Operations: Study Quality and Future Recommendations. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(12):2123. doi: 10.3390/ijerph16122123.
49. Wikramanayake T, Borda L, Miteva N, Paus R. Seborrheic dermatitis—Looking beyond *Malassezia*. *Exp Dermatol.* 2019;28(9):991-1001. doi: 10.1111/exd.14006.
50. Rathod DG, Sonthalia S. Spoon Nails. En: *StatPearls*. Treasure Island, EE. UU:StatPearls Publishing; 2023.
51. Yazdanirad S, Mousavi S, Moradirad R, Zeiniodini M. Investigating the Prevalence of Fungal Infections among Operating Personnel at a Petroleum Refinery Complex on Warm and Humid Conditions. *Int J Occup Hyg.* 2019;11(4):312-22.
52. Abor P, Naab F, Daniels A, Abuosi A. Occupational Health and Safety in the Oil and Gas Industry. En: Abor JY, Karimu A, editores. *Sustainability Management in the Oil and Gas Industry: Emerging and Developing Country Perspectives*. Nueva York, EE. UU:Routledge; 2023. p. 17. doi: 10.4324/9781003309864.