

	REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	48
		Versión	6
		Página	1 de 18

INSTRUCTIVO: el siguiente formato es para ser registrado en este, el Documento Consolidado de PAT Colectivo que da evidencia del ejercicio investigativo desarrollado por el colectivo (docentes y estudiantes) del nivel de formación (semestre o año). En esta consideración el documento consolidado de PAT Colectivo, debe contener:

Portada

1. Ficha de Identificación

Facultad: Ciencias de la Salud		Colectivo Docente	Asignatura
Programa: Medicina			
Semestre: I	Periodo académico: 2024 - 02		
		1. Deiby Boneu Yepes 2. Renzo Berrío Morelo 3. Giovanny Diaz Beltrán 4. Indira Llanos González 5. Francisco Polanco Stand 6. Alfredo Coneo Bello 7. Ingrid González Arteta	1. Ciencias Biofísica Integradas 2. Ciencias Biológicas 3. Introducción Medicina De Emergencia 4. Tutorías
Docente Orientador del seminario			
Diana Yanet Duarte Amador			
Título del PAT Colectivo			
Implicaciones para la salud derivadas de los riesgos laborales asociados a agentes físicos y químicos.			
Núcleo Problemático			
Salud Laboral			
Línea de Investigación			
Medicina y sociedad			

2. Informe del Proyecto Académico de Trabajo Colectivo (PAT Colectivo)

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 2 de 18

- **Resumen/Abstract – Palabras Claves/Keywords**

La salud laboral es definida por la Organización Mundial de la Salud como *“una actividad multidisciplinaria que promueve y protege la salud de los trabajadores. Esta disciplina busca controlar los accidentes y las enfermedades mediante la reducción de las condiciones de riesgo”*.

En Colombia Las políticas de salud ocupacional no han logrado responder de manera efectiva a esta compleja realidad. Las normativas actuales presentan brechas significativas en la implementación de medidas preventivas y correctivas, dejando a los trabajadores en una situación de vulnerabilidad constante. Si bien se han adoptado marcos normativos como la Resolución 0312 de 2019, orientados a mejorar las condiciones de salud y seguridad en el trabajo, su cumplimiento es insuficiente en muchas instituciones.

Algunos trabajadores están expuestos a riesgos relacionados con agentes físicos asociados a condiciones ambientales como es el caso de la temperatura, el ruido y los rayos ultravioleta; asimismo, se destaca que el riesgo ocupacional a sustancias químicas como el plomo, nanopartículas de grafeno, entre otros. En ese sentido, este documento consolida una revisión narrativa de la literatura científica a partir del ejercicio de PATC primer semestre.

Palabras Claves: Calor, Ruido, Rayos ultravioleta Plomo, Nanopartícula de Grafeno.

- **Descripción del Problema**

Los trabajadores son el motor de las empresas y en sus hombros recae la economía global, por lo cual cuidar de su salud es una misión fundamental en la sociedad actual (1). La salud de los trabajadores puede verse afectada por diferentes factores entre los que se mencionan: factores físicos y químicos.

La prevención de los riesgos ocupacionales proveniente de agentes físicos y químicos van encaminados a la implementación de medidas dirigidas a minimizar la exposición, lo cual se encuentra reglamentado en una serie de normas que en ciertos casos no se cumplen. En lo que respecta a los riesgos por agentes físicos se menciona aquellos asociados a las condiciones ambientales como la exposición laboral a temperaturas extremas, lo cual se ha convertido en un asunto crítico a medida que el cambio climático intensifica la frecuencia y duración de las olas de calor. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que el 30% de las muertes relacionadas con el calor se producen en trabajadores expuestos a condiciones climáticas extremas, especialmente en sectores como la agricultura, la construcción y la minería, donde las temperaturas pueden superar los 40 °C (2). A pesar de la creciente evidencia sobre los riesgos asociados con la exposición al calor extremo, existe una falta de comprensión integral sobre cómo estos factores afectan la salud de los trabajadores en diferentes industrias. Las investigaciones previas han documentado que el estrés térmico puede llevar a una variedad de problemas de salud, que van desde el agotamiento por calor hasta el golpe

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 3 de 18

de calor, y pueden agravar condiciones preexistentes como enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Sin embargo, hay una necesidad urgente de identificar y evaluar los factores de riesgo específicos, así como las medidas preventivas efectivas que pueden implementarse para proteger a los trabajadores (3).

Por otro lado, el ruido es uno de los principales riesgos físicos para algunos trabajadores durante su jornada laboral; debido a que constantemente se encuentran expuestos a elevados niveles de estos sonidos no deseados que, dependiendo del tiempo de exposición repercuten negativamente en la salud y desempeño laboral de los trabajadores. Según la organización mundial de la salud (OMS), el ruido es un sonido desagradable y molesto, que es potencialmente nocivo para la salud y se vuelve dañino si supera los 75 decibeles y doloroso a partir de los 120 decibeles. Tal es la problemática del ruido que la OMS estima que los problemas auditivos irán en aumento de forma general y de esta forma se prevé que para 2050, una de cada diez personas sufrirá pérdida auditiva discapacitante (4). Según la organización internacional del trabajo (OIT) se considera que la exposición constante de ruido durante el trabajo puede provocar daños auditivos permanentes o incapacitantes y pueden producirse de forma gradual, a partir de la exposición al ruido a lo largo del tiempo. Otro de los factores más importantes son los rayos ultravioletas (UV). Los rayos solares que contienen radiación UV, es causante de lesiones por exposición prolongada, lesiones como: quemaduras, enrojecimiento, arrugas, manchas, pérdida de elasticidad, cáncer y dolor en la piel. A su vez, la exposición a los rayos UV puede suprimir la respuesta inmune de la piel (5).

De los factores químicos se resalta la exposición al plomo desde el ámbito ocupacional ha generado serios problemas en la salud pública. La toxicidad del plomo puede manifestarse a través de diversas alteraciones moleculares, especialmente en los eritrocitos, lo que puede llevar a efectos adversos multisistémicos, incluyendo daños hematológicos y neurológicos. Las formas de entrar el plomo al organismo pueden ser oral o por la inhalación, este tiene características inoloras e incoloras que hace que persista mucho más tiempo en el medio ambiente (6). En adición, la incorporación de nanopartículas de grafeno en diversos procesos productivos debido a sus características ventajosas de resistencia, conductibilidad y versatilidad. Sin embargo, el uso de estas nanopartículas plantea riesgos potenciales para la salud de los trabajadores principalmente en el área respiratoria; ya que estas al ser inhaladas pueden penetrar en las vías respiratorias y llegar a los pulmones donde su acumulación podría producir reacciones inflamatorias, daño celular y trastornos respiratorios. Aunque no se han realizado estudios definitivos sobre los efectos a largo plazo de la exposición a estas partículas en los trabajadores de la industria manufacturera, investigaciones preliminares indican que la exposición laboral a partículas de grafeno (GFN) en trabajadores involucrados en la producción a gran escala, revelaron que los niveles de exposición en un lapso de 8 horas se mantuvieron por debajo del límite de referencia propuesto que es de 40,000 partículas/ cm³, y las concentraciones para los trabajadores expuestos variaron 909 y 6,438 partículas/cm³, así como entre 0.38 y 3.86 µg/m³. En dicho estudio, se destacó que los trabajadores no expuestos presentaron concentraciones inferiores a 100 partículas/ cm³, y menos de 0.05 µg/m³. Aunque se identificaron altas condiciones

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 4 de 18

de exposición a corto plazo durante operaciones específicas, no se espera que ocurran picos significativos de exposición. Otro estudio realizado demostró que estas nanopartículas de grafeno (GNP) pueden ser citotóxicas para las células epiteliales A549 del pulmón humano, con un aumento significativo en el nivel de muerte celular tras un aproximado de 72 horas de exposición. La concentración inhibitoria del 50% se estimó en 40.653,1 µg/ml, valor que indicaría que tanto el nivel de concentración como el tiempo de exposición son factores esenciales en los efectos tóxicos observados (7).

Considerando los agentes físicos y químicos antes mencionados y el riesgo que representa desde una perspectiva ocupacional se formula la siguiente pregunta problema:

¿Cuáles son las implicaciones para la salud derivadas de los riesgos laborales asociados a agentes físicos y químicos?

- **Justificación**

Los riesgos relacionados con el entorno laboral tienen implicaciones sobre la salud de los trabajadores conducentes a enfermedades ocupacionales. Entre los diferentes factores a los que se ven expuestos se mencionan los físicos tales como los asociados a condiciones ambientales entre estos la temperatura, los rayos ultravioleta y el ruido; de los químicos, la exposición ocupacional a nanopartículas de grafeno y plomo, que convierten el entorno laboral en un ambiente nocivo que vulneran las condiciones de salud y seguridad en el trabajo.

Enmarcados en el modelo pedagógico de la CURN y el fortalecimiento de la formación investigativa que fomenta una cultura investigativa en su comunidad académica, este documento consolida desde la interdisciplinariedad la ejecución de los PAT Colectivos obedeciendo al instructivo establecido para primer semestre.

- **Objetivos**

Objetivo General

Conocer Implicaciones para la salud derivadas de los riesgos laborales asociados a agentes físicos y químicos.

Objetivos específicos

- Describir las implicaciones en la salud por calor extremo y efecto en la productividad de los trabajadores.
- Identificar las consecuencias físicas provocadas por la exposición laboral al ruido.
- Explicar el papel del gen p53 en la protección del genoma en los melanocitos de la piel frente a la exposición de los rayos ultravioletas producidos por el sol en los trabajadores expuestos.

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 5 de 18

- Describir las implicaciones para la salud respiratoria de los trabajadores de la industria manufacturera, expuestos a las nanopartículas de grafeno.
- Conocer la relación de la plumbemia por exposición ocupacional con alteraciones moleculares eritrocitarias.

- Marco Teórico o Referente Teórico

Implicaciones en la salud por calor extremo y efecto en la productividad de los trabajadores

El aumento de las temperaturas debido al cambio climático ha generado preocupaciones sobre la salud y productividad de los trabajadores, especialmente en sectores vulnerables como la agricultura, la construcción y el transporte. El objetivo de esta revisión fue conocer las implicaciones en la salud por calor extremo y efecto en la productividad de los trabajadores. Los efectos del calor extremo son especialmente pronunciados en entornos laborales mal ventilados, donde la acumulación de calor puede impactar gravemente la salud cardiovascular y aumentar el riesgo de fatiga y errores operativos. Además, se ha documentado que el estrés térmico puede agravar condiciones preexistentes y llevar a problemas crónicos como enfermedades renales. La situación es más crítica en países tropicales y subtropicales, donde el estrés por calor puede ser severo para quienes trabajan al aire libre sin acceso a métodos de enfriamiento. Los efectos del calor extremo son variados e incluyen desde **estrés térmico** hasta enfermedades graves como insolación y problemas cardiovasculares. A temperaturas superiores a los **24-26 °C**, la productividad laboral comienza a disminuir, y al alcanzar los **33-34 °C**, los trabajadores pueden perder hasta el **50% de su capacidad** para realizar tareas (8).

Hambuerguer, en esta tabla una clasificación en la que de acuerdo a la intensidad del calor se identifican efectos en la salud que van desde una fatiga a insolación por golpe de calor que puede llegar producir la muerte del trabajador (9).

Clasificación	Índice de calor °C	Posibles efectos en Salud
Normal	<26	Condiciones ambientales sin efecto en la salud por Calor
Precaución	27-32	Posible fatiga debido a exposición prolongada a actividad física
Precaución Extrema	33-40	Posible riesgo de insolación, golpe de calor, calambres, exposición a altas temperaturas.
Peligro	41-53	Alto riesgo de insolación, golpe de calor,

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 6 de 18

		calambres or exposición a altas temperaturas y/o actividad física.
Peligro Extremo	>54	Muy alto riesgo de golpe de calor e insolación inminente.

La exposición al calor extremo en el entorno laboral tiene efectos significativos en la salud de los trabajadores, con implicaciones que varían según los índices de calor. Los índices de calor combinan la temperatura del aire y la humedad, proporcionando una medida más precisa del estrés térmico que enfrenta un trabajador. A continuación, se detallan los niveles críticos de temperatura y sus implicaciones para la salud (10).

Índices de Calor y sus Efectos en la Salud

24-26 °C: A partir de este rango, se comienza a observar una disminución en la productividad laboral. Los trabajadores pueden experimentar fatiga leve y una capacidad reducida para realizar tareas físicas

33-34 °C: En este punto, con una intensidad de trabajo moderada, los trabajadores pueden perder hasta un **50% de su capacidad productiva**. La exposición prolongada a estas temperaturas puede llevar a condiciones graves como el agotamiento por calor y otros problemas de salud

40.6 °C y superiores: Cuando las temperaturas alcanzan este nivel, el riesgo de **insolación** aumenta drásticamente, lo que puede resultar en daños orgánicos severos, pérdida de consciencia e incluso la muerte. Este nivel es crítico para trabajadores al aire libre y aquellos en ambientes mal ventilados

La combinación de altas temperaturas y humedad crea un entorno laboral riesgoso que puede afectar gravemente la salud y productividad de los trabajadores. Es esencial que las empresas implementen medidas adecuadas para mitigar estos riesgos, como proporcionar acceso a agua potable, programar descansos regulares y asegurar una ventilación adecuada en los espacios de trabajo (10).

El **Índice de Calor**, particularmente el **WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)**, es uno de los principales indicadores utilizados para evaluar los riesgos del calor en los entornos laborales. Este índice combina varios parámetros ambientales, como la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del viento y la radiación solar, para medir el estrés térmico experimentado por los trabajadores.

Consecuencias físicas provocadas por la exposición laboral al ruido

Las principales fuentes de exposición y niveles de ruido que suponen un riesgo para el personal de atención Prehospitalaria, están constituidos primeramente por las sirenas de las ambulancias, cuyo ruido emitido puede alcanzar hasta los 120

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 7 de 18

dB y es una de los principales generadores de disminución y daño en la audición. En segundo lugar, el ruido del tráfico en áreas urbanas puede alcanzar los 58 - 86 dB; al sumarse con el ruido emitido por las sirenas de la ambulancia, el personal de APH se expone de 178 a 206 dB. Y para finalizar, el ruido del motor que oscila desde los 80 a 100 Db.

Los efectos del ruido desembocan en enfermedades auditivas así como la la tinnitus; según la fisiopatología la tinnitus no se comprende por completo; sin embargo, debido a las diferentes investigaciones se puede definir como una interpretación errónea del cerebro o de los oídos cuando perciben sonidos externos donde no los hay (11).). De esta manera, surgen cambios patológicos en la vía auditiva, desarrollados a menudo debido a lesiones cocleares iniciales como pérdida auditiva repentina, traumatismo por ruido, presbiacusia o uso de fármacos ototóxicos (12). También, la hipoacusia es una de las enfermedades que afecta la audición del personal, en su fisiopatología se refiere que el daño en las células ciliares es la causa primaria de la pérdida auditiva inducida por ruido, estas células no tienen la capacidad de regenerarse por lo que produce una pérdida auditiva permanente (13). Por otra parte, algunas enfermedades crónicas se suman a la lista de enfermedades que pueden afectar la salud del personal de atención prehospitalaria, reduciendo así su desempeño laboral. La hipertensión y la exposición al ruido pueden provocar una cadena de respuestas fisiopatológicas vinculadas con el estrés. Estas respuestas conducen a un aumento en la frecuencia cardíaca y en los niveles de hormonas del estrés tales como el cortisol, la adrenalina y la noradrenalina. Además, el ruido puede aumentar los niveles plasmáticos de noradrenalina y angiotensina II, dos compuestos que juegan un rol crucial en la regulación de la presión arterial. Esto puede conducir a una disfunción endotelial lo que contribuye a la hipertensión (14). Así mismo encontramos la fatiga auditiva causada en consecuencia del ruido, que, según su fisiopatología, se presenta cuando el oído interno se expone al ruido durante un tiempo determinado y por encima de un cierto nivel de ruido (<85dB), se producirá un desequilibrio energético en las células cocleares, dando lugar a una menor sensibilidad de las células, el llamado fatiga auditiva, lo que resulta en una pérdida auditiva temporal (15).

Papel del gen p53 en la protección del genoma en los melanocitos de la piel frente a la exposición de los rayos ultravioletas producidos por el sol en los trabajadores expuestos.

Los rayos UV producen diferentes efectos en biomoléculas, como lo son proteínas y ácidos nucleicos. Esta radiación puede dañar el ADN de dos formas; de forma directa (donde se daña directamente la estructura) e indirecta (donde se daña el ADN a través de otras moléculas). La exposición a los rayos UV representa una amenaza continua para la piel de los trabajadores expuestos de manera prolongada. En particular, el daño del ADN inducido por los rayos UV promueve fuertemente el cáncer de piel. Una importante línea de defensa contra dicha amenaza es la producción de melanina, la cual, se sintetiza en los melanocitos de

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 8 de 18

la piel y luego se transporta a los queratinocitos adyacentes. Allí, la melanina sirve para absorber los rayos UV, así como para neutralizar los radicales libres que estos rayos generan. Cuando este mecanismo de defensa es ineficiente, como ocurre en las personas de piel clara, es más probable que surja un daño genotóxico que promueva el cáncer (16).

La pigmentación que se da en la piel por los rayos UV (bronceado) promueve la producción de melanina, esta se activa por la α -MSH, una hormona que estimula los melanocitos. La α -MSH se forma a partir de la proteólisis; *proceso mediante el cual las proteínas se descomponen en fragmentos más pequeños o en aminoácidos*, de un polipéptido precursor codificado por el gen *pro-opiomelanocortina (POMC)*. Esta respuesta está controlada por la proteína p53 (16).

Cuando los queratinocitos se exponen a los rayos UV se activa el p53. Como factor de transcripción p53 se une directamente al promotor del gen *POMC* en dichos queratinocitos e induce la transcripción de dicho gen y la producción de α -MSH en melanocitos para producir una respuesta a los rayos UV. Esto lleva a la producción de melanina, lo que da como resultado el bronceado (16).

Por lo tanto, p53 funciona como un sensor/efector de la pigmentación(bronceado) por rayos UV, que es un factor ambiental constante en trabajadores expuestos, por lo tanto, imita la respuesta del bronceado (17).

Implicaciones para la salud respiratoria de los trabajadores de la industria manufacturera, expuestos a las nanopartículas de grafeno.

Los nanomateriales basados en grafeno (GBN) tienden a acumularse en el sistema respiratorio. Los GBN inhalados y depositados sustancialmente en el tracto respiratorio humano pueden perjudicar las defensas y la depuración pulmonar, lo que resulta en la formación de granulomas y fibrosis pulmonar. Sin embargo, la toxicidad específica del sistema respiratorio causada por diferentes GBN, sus factores influyentes y los mecanismos subyacentes siguen siendo relativamente escasos.

En la actualidad, los estudios toxicológicos sobre las GBN se han centrado en experimentos con animales de laboratorio y celulares, con una falta de datos epidemiológicos sobre las poblaciones expuestas a las GBN. Específicamente, los GBN más grandes que ingresan a través del tracto respiratorio tienden a persistir en la región no ciliada durante mucho tiempo, lo que lleva al desarrollo de inflamación pulmonar, edema, granuloma fibrosis (18).

La toxicidad respiratoria inducida por la exposición a nanomateriales a base de grafeno (GBN) in vitro, la adición de GBN, las células epiteliales basales alveolares humanas de cáncer de pulmón (A549), las células epiteliales bronquiales humanas (BEAS-2B), las células de fibroblastos pulmonares humanos (HLF), la línea celular de cáncer de pulmón

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 9 de 18

(GLC-82), el carcinoma pulmonar de Lewis (LLC) y los fibroblastos pulmonares embrionarios humanos (HELFI) exhibieron estrés oxidativo, daño al ADN, disminución de la viabilidad, forma celular irregular, fragmentación celular, apoptosis, necrosis y otros fenómenos relacionados. En los experimentos in vivo, se administraron varios tipos, tamaños, dosis y duración de exposición de GBN al organismo animal a través de inhalación nasal, instilación intratraqueal, inyección intravenosa, inyección intraperitoneal, etc. Esto resultó en la acumulación de GBN en los pulmones, causando cambios patológicos como edema pulmonar, granulomatosis y fibrosis. En el estudio se observó un aumento de la expresión de citocinas inflamatorias, entre ellas IL-6, IL-8, IL-1 β y TNF- α , así como un aumento del número de células inflamatorias, como neutrófilos y linfocitos. Además, se observó un engrosamiento de las paredes alveolares y la formación de microtrombos. Es importante señalar que los efectos tóxicos sobre los pulmones pueden variar dependiendo de las distintas propiedades físicas de las nano láminas de grafeno (GNS), como el número de capas, el tamaño lateral, la vía de exposición y la dosis, así como la especie animal. Cuando las GNS con una alta concentración o tamaño transversal entra en los pulmones, puede inducir daño inflamatorio agudo. Sin embargo, con la prolongación del tiempo, los pulmones poseen la capacidad de auto-reparación, lo que resulta en la restauración gradual de las lesiones inflamatorias a su estado normal. Sin embargo, debido al diminuto tamaño de las GNS, es difícil eliminarlos del cuerpo, por lo que podrían acumularse en los pulmones durante mucho tiempo y atravesar fácilmente la barrera gaseosa-sanguínea durante la entrada en el sistema circulatorio, causando así un desequilibrio en la inmunidad pulmonar y la aparición de inflamación crónica (18).

Relación de la plumbemia por exposición ocupacional con alteraciones moleculares eritrocitarias.

La exposición a Plomo se asoció con efectos adversos sobre la morfología de la sangre y la síntesis de hemoglobina en los eritrocitos, además, observaron que los niveles elevados de Pb se correlacionan con una menor expresión de CR1 en los eritrocitos, porcentajes de monocitos y células asesinas naturales (NK), y recuentos de basófilos y eosinófilos, así como concentraciones alteradas de interleucina (IL)-1 β , IL-6 e IL-27, que colectivamente podrían constituir una tremenda amenaza para la respuesta inmune adaptativa e innata, por lo tanto, los efectos negativos de la exposición a Pb sobre los eritrocitos y las citocinas están bien establecidos. Además la exposición prologada puede alterar la expresión de moléculas de adhesión de eritrocitos que se asocian con una disminución en la expresión de moléculas de adhesión, como la expresión CD44 y CD58 (19). La molécula de adhesión eritrocitaria CD44 pertenece a una familia de glicoproteínas de la superficie celular que participa en la adhesión celular, la migración y las interacciones célula-célula, y se ha sugerido que es un receptor de localización de linfocitos en humanos que participa en diversas funciones celulares, como la activación de linfocitos, la recirculación y localización y la hematopoyesis. En estudio poblacional se ha sugerido que el Pb en sangre puede desempeñar un papel en la etiología de la anemia, además, estos estudios observaron que los niveles elevados de Pb se correlacionan con una menor expresión de CR1 en los eritrocitos, porcentajes de

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 10 de 18

monocitos y células asesinas naturales (NK). Por lo tanto, el CD44 de los eritrocitos y el hialuronano de la superficie de las células tumorales pueden desempeñar un papel clave en la adhesión de los eritrocitos a las células tumorales y el consiguiente desarrollo de inflamación y metástasis tumoral. CD58, también conocido como antígeno 3 asociado a la función linfocitaria (LFA-3). Por lo que se encontró una asociación entre la exposición elevada a Pb y la baja expresión de CR1 eritrocitaria donde los cambios en la expresión superficial de los eritrocitos de CD44 y CD58 ofrecen un conocimiento más profundo de la toxicidad de Pb en la inmunidad de los eritrocitos (20). El plomo afecta directamente al sistema hematológico incluso a niveles muy bajos de plomo en sangre (BPb) de 10 µg/dL. Restringe la síntesis de hemoglobina al inhibir enzimas importantes involucradas en la síntesis de hemo y reduce la vida útil de los eritrocitos al destabilizar y aumentar la fragilidad de su membrana celular. Esto resulta directamente en anemia y niveles altos de plomo en sangre pueden llevar a anemia ferropénica (anemia por deficiencia de hierro). La exposición aguda al plomo conduce a anemia hemolítica, donde los glóbulos rojos se destruyen tan rápido como se producen. Una enzima clave para la síntesis de hemo es la δ-aminolevulinato deshidratasa (ALAD). La δ-ALAD, una enzima citoplasmática rica en grupos SH, cataliza la formación de porfobilinógeno a partir de δ-aminolevulinato (ALA). La inhibición de la δ-ALAD resulta en la acumulación de δ-ALA en el plasma y el exceso de δ-ALA conduce a efectos neurológicos graves. La δ-ALA en orina también se utiliza como indicador de exposición al plomo en trabajadores industriales, La ferroquelatasa es otra enzima mitocondrial que cataliza la incorporación de hierro (Fe²⁺) en el anillo porfirínico. La toxicidad del plomo inhibe esta enzima y, en caso de baja disponibilidad de Fe²⁺, se sustituye por Zn²⁺ y también interfiere con el transporte trans-mitocondrial de hierro. El 90% del plomo en la sangre se une a los glóbulos rojos, manteniendo constantes las concentraciones de plomo en plasma entre 2-3 µg/dL incluso cuando la concentración de BPb es de 10-150 µg/dL. Esto conduce a una disminución de la hemoglobina en seres humanos, seguida de anemia, pérdida de peso, complicaciones durante el embarazo, disfunción renal y cáncer en casos graves (21).

- **Metodología**

Se plantea una revisión y análisis documental de los materiales bibliográficos y estudios realizados por la comunidad científica. Para esto se realizó la búsqueda de artículos originales y de revisión, en idioma inglés y español en las siguientes bases de datos: PubMed, Science Direct, Scielo y el buscador de Google académico. Los términos Mesh usados fueron: riesgo, grafeno, ruido, plomo, calor, rayos ultravioletas. Los operadores booleanos empleados fueron AND, OR y NOT. Los criterios de inclusión fueron: artículos que incluyeran la temática abordada (revisiones y originales), así como la disponibilidad de texto completo. Los criterios de exclusión: artículos incompletos o que no incluyeran un enfoque en la temática de interés.

- **Consideraciones éticas y de propiedad intelectual**

Este es un proyecto sin riesgos por que se basó en la revisión de estudios previamente publicados. Enmarcado en lo establecido en el acuerdo No. 019 de octubre 23 de 2009,

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 11 de 18

Estatuto de Propiedad Intelectual CURN. La propiedad y los derechos patrimoniales serán distribuidos acorde a lo contemplado en el capítulo I de las disposiciones generales, capítulo II de propiedad intelectual, capítulo III de la titularidad de los derechos de propiedad intelectual artículo 14 incisos a y e, artículo 15 y capítulo V de los incentivos a la generación de conocimiento artículo 19 y los demás que en el mismo acuerdo se contemplan.

- **Resultados (análisis y discusión)**

Este trabajo corresponde a modalidad revisión narrativa de la literatura científica por lo que no aplica para desarrollar este ítem.

- **Conclusiones y Recomendaciones**

- La implementación de índices como el WBGT para regular las condiciones laborales puede ser una herramienta valiosa para prevenir riesgos asociados al calor. La exposición al calor extremo en el entorno laboral representa un grave riesgo para la salud de los trabajadores, con efectos que varían según los índices de calor y las condiciones ambientales. Los niveles críticos de temperatura, combinados con la humedad, pueden llevar a consecuencias inmediatas como agotamiento y deshidratación, así como a problemas de salud más serios a largo plazo, incluyendo enfermedades renales y cardiovasculares.
- Los efectos de la exposición al ruido son tan significativos que trasciende más allá de lo físico y alcanza los ámbitos psicológico y social, esto representa una gran amenaza para nuestra salud, pues al tener efectos acumulativos pueden generar consecuencias a largo plazo. Por otra parte, la exposición constante al ruido no solo provoca daños auditivos, sino que también puede generar daños en la salud no relacionados con la audición y enfermedades persistentes. Por lo tanto, es fundamental que se tomen medidas para reducir la exposición del ruido en el entorno laboral, con el fin de salvaguardar la salud de los trabajadores.
- Los trabajadores expuestos a rayos UV de manera prolongada se ven afectados de manera muy significativa si sus mecanismos de defensa fallan como el p53 el cual es denominado el “guardián del genoma” que es el encargado de brindar protección interna y molecularmente a la piel de las personas, lo cual demuestra un gran problema a la economía global, considerando que los trabajadores son el motor principal para impulsar una economía global estable.
- La acumulación de las nanopartículas de grafeno en el sistema respiratorio y su almacenamiento en el tejido pulmonar, sugiere que la exposición laboral a estos materiales podría presentar consecuencias a largo plazo para la salud de los trabajadores. Por eso es sumamente importante resaltar la necesidad de establecer límites de exposición ocupacional y realizar estudios epidemiológicos para evaluar los riesgos de toxicidad respiratoria de los trabajadores expuestos.

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 12 de 18

Ciertamente la investigación en toxicología ha avanzado en modelos experimentales, la escasez de datos en humanos representa un agujero en la literatura, lo que hace relevante la importancia de establecer protocolos de seguridad rigurosos y llevar un seguimiento de los efectos a largo plazo de estas nanopartículas en la salud humana.

- La exposición al plomo, ya sea por inhalación o ingestión afectan el proceso de la síntesis de hemoglobina y daña la estructura de los eritrocitos, lo que lleva al desarrollo de anemia y otras alteraciones hematológicas. Este metal inhibe enzimas críticas en la formación del hemo y acorta la vida útil de los glóbulos rojos, afectando su capacidad de transportar oxígeno de manera eficiente. Los efectos adversos de la intoxicación por plomo que pueden manifestarse incluso a bajos niveles de plomo en sangre, subrayan la importancia de implementar medidas de prevención y control en entornos laborales. Esto incluye el uso de equipo de protección para mejorar las prácticas de higiene y el monitoreo constante de los niveles de plomo en trabajadores expuestos para minimizar riesgos y proteger su salud.

• **Bibliografía**

1. Riobo, P. F., Bustos, M. M., Oviedo, K. M., & Cruz, G. (2022). Los efectos de las radiaciones no ionizantes (solares) en diferentes actividades económicas en Colombia a causa del cambio climático. *Ingeniería en Seguridad y Salud para el Trabajo*, 1-68.
2. Bettin SC, Ordosgoitia PP. Estrés Térmico por Calor en el Sector de la Construcción: efectos y consecuencias del Calentamiento global. [Online].; 2020. Available from: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/b0df1ee6-15ed-48b5-9979-c28e41c4c0a4/content#:~:text=Factores%20que%20inciden%20en%20el%20estr%C3%A9s> HYPERLINK
3. OPS. Ola de Calor y Medidas a Tomar Revisión Preliminar. [Online].; 2019. Available from: HYPERLINK "https://www.paho.org/es/documentos/ola-calor-salud-medidas-tomar" \l
":~:text=Este%20documento%20tiene%20el%20objetivo%20de%20sensibilizar%20sobre,mediante%20preparativos%20y%20respuesta%20con%20un%20enfoque%20multisectorial." <https://www.paho.org/es/documentos/ola-calor-salud-medidas-tomar#:~:text=Este%20documento%20tiene%20el%20objetivo%20de%20sensibilizar%20sobre,mediante%20preparativos%20y%20respuesta%20con%20un%20enfoque%20multisectorial>.

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 13 de 18

4. Cybulski M, Wiecheć K, Zieliński M, Bilski BI. How paramedics perceive internal noise in ambulance? sensory processing sensitivity (SPS) and Subjective Noise Assessment. Noise Health [Internet]. 2019;21(103):242–7. Disponible en: http://dx.doi.org/10.4103/nah.NAH_10_19
5. Fonseca Núñez, Y., & Rodríguez Rosales, S. (2024). Fotoprotección; un reto en la Cuba de hoy. *Multimed*, 28.
6. Ley 2041 de 2020 Congreso de la República de Colombia [Internet]. [citado 30 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=95030>.
7. Nasirzadeh N, Azari MR, Rasoulzadeh Y, Mohammadian Y. An assessment of the cytotoxic effects of graphene nanoparticles on the epithelial cells of the human lung. *Toxicology and Industrial Health*. 2019;35(1):79-87. doi:[10.1177/0748233718817180](https://doi.org/10.1177/0748233718817180)
8. Oliva Z,J. Prevalencia del estrés térmico por calor y sintomatologías asociadas a la salud de los trabajadores de la empresa constructora TechnoMacro S.A. [Online].; 2023. Available from: HYPERLINK "https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15310/2/PG%201684%20TRA BAJO%20DE%20GRADO.pdf" <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15310/2/PG%201684%20TRA BAJO%20DE%20GRADO.pdf>.
9. Moreno M,G, Torruella J. Impacto en la salud laboral de la exposición al calor extremo. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. 2023; 22(3): p. 22-28.
10. Hambuerguer CO, Ramirez mJ. Analisis de la vulnerabilidad y medidas de adaptación al cambio climático para el puerto de compas de Cartagena. [Online].; 2024. Available from: HYPERLINK "https://repository.universidadean.edu.co/items/e55bdf55bdf58-fb64-43de_9149-44637dcc4d21#.text=En%29sobre%20la%20vulnerabilidad" https://repository.universidadean.edu.co/items/e55bdf55bdf58-fb64-43de_9149-44637dcc4d21#.text=En%29sobre%20la%20vulnerabilidad .
11. Al-Lahham S, Nazzal Z, Massarweh A, Saymeh D, Al-Abed S, Muhammad D, et al. Prevalence and associated risk factors of tinnitus among adult Palestinians: a cross-sectional study. *Sci Rep* [Internet]. 2022;12(1):20617. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-24015-w>

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 14 de 18

12. Lewis RM, Rubel EW, Stone JS. Vista de Regeneración de las células ciliadas auditivas: Un tratamiento potencial para los problemas de oído en el horizonte [Internet]. Uanl.mx. [cited 2024 Oct 28]. Available from: <https://ingenierias.uanl.mx/index.php/i/article/view/33/31>
13. Wu F, Hill K, Fang Q, He Z, Zheng H, Wang X, et al. Traumatic-noise-induced hair cell death and hearing loss is mediated by activation of CaMKK β . Cell Mol Life Sci [Internet]. 2022;79(5):249. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00018-022-04268-4>
14. Fernandez AR, Crawford JM, Studnek JR, Wilkins JR 3rd. Hearing problems among a cohort of nationally certified EMS professionals. Am J Ind Med [Internet]. 2010;53(3):264–75. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/ajim.20785>
15. Fehrenbacher K, Apel C, Bertsch D, van der Giet MS, van der Giet S, Grass M, et al. Temporary threshold shift after noise exposure in hypobaric hypoxia at high altitude: results of the ADEMED expedition 2011. Int Arch Occup Environ Health [Internet]. 2021;94(6):1191–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00420-021-01715-w>
16. Oren M, Bartek J. The sunny side of p53. Cell. 2007 Mar 9;128(5):826-8. doi: 10.1016/j.cell.2007.02.027. PMID: 17350568.
17. Cui R, Widlund HR, Feige E, Lin JY, Wilensky DL, Igras VE, D'Orazio J, Fung CY, Schanbacher CF, Granter SR, Fisher DE. Central role of p53 in the suntan response and pathologic hyperpigmentation. Cell. 2007 Mar 9;128(5):853-64. doi: 10.1016/j.cell.2006.12.045. PMID: 17350573.
18. Kong C, Chen J, Li P, Wu Y, Zhang G, Sang B, et al. Respiratory toxicology of graphene-based nanomaterials: A review. Toxics [Internet]. 2024;12(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/toxics12010082>
19. Huo X, Dai Y, Yang T, Zhang Y, Li M, Xu X. Decreased erythrocyte CD44 and CD58 expression link e-waste Pb toxicity to changes in erythrocyte immunity in preschool children. Science of The Total Environment. 10 de mayo de 2019;664:690-7.
20. Zhao Y, Wu J, Xu H, Li Q, Zhang Y, Zhai Y, et al. Lead exposure suppresses the Wnt3a/ β -catenin signaling to increase the quiescence of hematopoietic stem cells

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 15 de 18

via reducing the expression of CD70 on bone marrow-resident macrophages. Toxicol Sci. 29 de agosto de 2023;195(1):123-42.

21. Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects on human: A review. Journal of Hazardous Materials Advances. 1 de agosto de 2022;7:100094.

3. Aporte del PAT Colectivo al DHS (Desarrollo Humano Sostenible)

La salud laboral constituye una palanca de contribución hacia el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente aquellos con los que más se relacionan como el ODS número 3 Salud y bienestar, ODS 4 Educación de calidad y el ODS 8 Trabajo decente y crecimiento económico. Sin embargo, existen acciones particulares inmersas en la salud laboral que están de algún modo relacionadas con metas, indicadores y sub – indicadores contemplados en otros ODS. En este orden de ideas, se indican los ODS número 1 Fin de la pobreza, ODS 5 Igualdad de género, ODS 9 industria innovación e infraestructura, ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles, ODS 16 Paz justicia e instituciones sólidas, ODS 17 alianzas para lograr los objetivos. Considerando lo anterior, dentro del seminario de investigación como espacio de formación y bajo la dinámica del PAT Colectivo, el desarrollo del núcleo problémico Salud Laboral brinda la oportunidad de un abordaje integral que contribuye a la formación investigativa incorporando las dimensiones de la sostenibilidad, representados por los ODS mediante la articulación del componente curricular y la investigación.

4. Aportes puntuales del PAT Colectivo al plan de estudios del programa académico

A través del ejercicio de la dinámica del PAT colectivo se fomenta en los estudiantes una cultura investigativa, desarrollándose contenidos curriculares pertinentes para la reflexión a través de la formulación y resolución de un problema relacionado con las implicaciones de los riesgos laborales asociados a agentes físicos y químicos para el saber propio de la disciplina.

5. Impacto del PAT Colectivo en la producción del Programa. De acuerdo con la apreciación del Colectivo Docente, indique como valor agregado, si desde el PAT Colectivo desarrollado entre otros: a) se generará *un artículo, o una presentación en evento (divulgación)*, b) se derivará *un trabajo de grado, o una intervención comunitaria*; c) se convertirá en insumo para Investigación estricta.

Este PATC se convertirá en insumo para Investigación estricta en torno a la salud laboral.

Nota: Adjuntar la lista de estudiantes participantes en el desarrollo del PAT Colectivo.

CASASBUENAS PEREZ MITCHELLE SOFIA
CUMPLIDO LARA FABRICIO

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 16 de 18

GUERRERO VARGAS JESUS ALBERTO
 MARTINEZ LONDOÑO VALERIA
 OCHOA GARCIA JAVIER ENRIQUE
 ORTIZ DE ARMAS ANY SHARYCK
 OTALORA QUIROZ KATHIANA
 OVIEDO BETANCOURT KEYNER JOSE
 SALAZAR COGOLLO JHON DEIVID
 SANDOVAL DAZA ISABELA SOFIA
 VELANDIA ROSADO GEORHANA MARCELA
 CASTRO VELASQUEZ VALENTINA DEL JESUS
 BOHORQUEZ MARTINEZ ANDREA CAROLINA
 DIAZ ARREGOCES LUIS DAVID
 FONSECA DE ARMAS TAYANETH VALERIA
 JARAMILLO JIMENEZ JULIANA
 MARTINEZ LOPEZ MARIANELA
 MONTALVO SALGUERO MARIA PAZ
 PEREZ RUIZ DANNA MICHEL
 POLO DE LOS REYES ISAAC MOISES
 URZOLA FAJARDO PEDRO JOSE
 VALERO LOPEZ VALENTINA
 VILLARREAL OLIVARES KARINA
 BERNAL PERALES MIGUEL FERNANDO
 BUVOLI VASQUEZ LUIGINA
 DIAZ ORTEGA VALERY ANDREA
 TRESPALACIOS TORRES JUAN DAVID
 FRANCO NAIZZIR LOREDT ELINA
 NAVARRO MARTINEZ DANIEL JOSE
 PEREZ CARO DILIANYS MARGARITA
 RESTREPO RESTREPO MATEO DAVID
 SALAZAR DURAN JHOYKELYN CAROLINA
 VELLOGIN ATENCIA ANDREA PAOLA
 CHAVEZ CARDOZO DANIEL FELIPE
 ACUÑA MENDOZA JESUS MANUEL
 CABARCAS MONTES VALENTINA
 CARO MARTINEZ NATALIA SOFIA
 DIAZ GUTIERREZ YORYED SOFIA
 DIX BURGOS KEYTLIN VITTORIA
 DUARTE SERRANO MARIA JOSE
 GARAVITO OROZCO VALERIE
 HOYOS SOTO SOLANGIE
 MARTINEZ MEZA VALENTINA MARIA
 PAYARES SIERRA JUAN JOSE
 TATIS ALMANZA KEREN SOFIA
 TOVIO BELEÑO MARY ANGEL DE JESUS

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 17 de 18

BELTRAN AGUAS GABRIELA
 CALDERON DIZ MARIA CELESTE
 LLAMAS CASTAÑO ASTRID CAROLINA
 PEREZ CARDONA DANNA MICHELLE
 PEREZ BOBADILLA ISABELA MARIA
 CUELLO CASAS MAIDETH PAOLA
 MAZA BARRIOS MARIA ANGEL
 ARELLANO ANGULO WALLYS
 MARTINEZ MATUTE JUAN HESTEBAN
 OSUNA MEZA NICOL MARIA
 SARMIENTO DE VEGA RICARDO ANTONIO
 MARTINEZ GONZALEZ DANNA SOFIA
 MENDOZA PRADA DANNA SOPHIA
 PADILLA BUELVAS ANDRES DAVID
 PEREZ MEDINA ANGELA MARIA
 AGUADO URZOLA MARIA ANGEL
 BELTRAN VILLA GILMA CATALINA
 DE ORO LEGUIA JUAN PABLO
 DIAZ CARRILLO KALETH DE JESUS
 LOZANO CORREA LEDYS GINETH
 RUIZ DIAZ SANTIAGO ENRIQUE
 ARIZAL ACOSTA MARIA PAULINA
 GALEANO GUZMAN MARIA CAMILA
 BAENA REYES MARIA FERNANDA
 CUADRO PEREZ ERVIN BREINER DE JESUS
 MIRANDA HERRERA ALAN DAVID
 URECHE HERRERA ALEXANDER JUNIOR
 BOHORQUEZ ABELLO SARA JIRETH
 QUIROGA MARTINEZ MARIA PAULA
 ROJAS MELGAREJO ANDRES SEBASTIAN
 GUERRERO HERRERA XILENA MARGARITA
 TUÑÓN MERCADO JONATHAN EMILIO
 ARCE LEAL RAFAEL ANDRES
 SIERRA SORIANO LUISA FERNANDA
 ECHEVERRIA CALLE JOSHUA KHALIL

	FORMATO REGISTRO DOCUMENTO CONSOLIDADO PAT COLECTIVO	Código	FT-IV-015
		Versión	4
		Fecha	05/02/2024
		Página	Página 18 de 18