

**EXPOSICIÓN LABORAL DE AGENTES QUÍMICOS CARCINÓGENOS PRESENTES  
EN LAS EMPRESAS AFILIADAS A UNA ARL EN COLOMBIA 2011-2014.**

**Pedro Rozo Cifuentes.**

**Candidato a Maestría en salud ocupacional y ambiental**

**Escuela de medicina y Ciencias de la salud**

Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia

**Tutor técnico**

Dr. Alejandro Sanín

MD MSP MSc

**Tutor estadístico y metodológico**

Dra. María Nelcy Rodríguez

MPH

**Bogotá, Colombia**

2015

# EXPOSICIÓN LABORAL DE AGENTES QUÍMICOS CARCINÓGENOS PRESENTES EN LAS EMPRESAS AFILIADAS A UNA ARL EN COLOMBIA 2011-2014.

PEDRO J. ROZO CIFUENTES.<sup>1</sup>

## RESUMEN

**Objetivo:** Caracterizar los sectores económicos con mayor susceptibilidad de exposición a agentes químicos carcinógenos, categorizados en el grupo 1 por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer IARC (formaldehído, polvo de madera, benceno y sílice cristalina) afiliadas a una Administradora de riesgos Laborales (ARL) en Colombia entre el periodo 2011 a 2014. **Método:** Estudio de tipo descriptivo retrospectivo con datos históricos obtenidos desde 2011 hasta 2014. De acuerdo con el número de mediciones que se realizó en cada área y cargo de las empresas objeto de estudio, se utilizó la medición basal para determinar el estado inicial y evaluar de manera concurrente la exposición de estos cuatro agentes químicos. Para el muestreo y análisis de la exposición ambiental de los agentes químicos en los puestos de trabajo establecidos, se utilizaron como referencia los métodos 1501 y 3500 del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), y los valores recomendados por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) y la Administración de la Salud y de la Seguridad Ocupacional (OSHA). **Resultados:** En total se obtuvieron 201 mediciones de higiene industrial para cuatro agentes químicos carcinógenos. Los agentes más frecuentes en una población de 475 trabajadores expuestos fueron el Benceno con 155 trabajadores (32,63%); formaldehído 13 (2,73%); polvo de madera 16 (3,36%) y sílice cristalina 291 (61,26%). Los resultados mostraron que índice de riesgo de la exposición a agentes químicos carcinógenos en diferentes empresas, se encuentra en algunos casos en niveles altos o críticos dado que superar los valores máximos permisibles definidos por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales de Gobierno (ACGIH). **Conclusión:** Los trabajadores de diferentes empresas en Colombia están expuestas a diferentes tipos de concentraciones por agentes químicos cancerígenos. Las concentraciones ambientales obtenidas en el ambiente laboral en algunos casos excedieron las concentraciones máximas permitidas, por lo que se recomienda que las empresas e instituciones del país fortalezcan las medidas de prevención, vigilancia y control para minimizar los riesgos a que pueden estar expuestos sus trabajadores.

**PALABRAS CLAVE:** Agentes carcinógenos, riesgo laboral, exposición laboral, polvo de madera, formaldehído, benceno, sílice cristalina.

## ABSTRAC

**Objective:** To characterize the economic sectors with greater susceptibility to some chemical carcinogens categorized in Group 1 by the International Agency for Research on Cancer IARC (formaldehyde, wood dust, benzene and crystalline silica) from workers affiliated to ARL in Colombia between the period 2011 to 2014. **Method:** Retrospective descriptive historical data from 2011 to 2014. According to the number of measurements carried out in each area and position at the companies under study, baseline measurement was used to determine the initial state and concurrently assess the exposure of these four chemicals. For sampling and analysis of environmental exposure to chemicals at work established positions, were used as reference methods NIOSH 1501 and 3500, and the values recommended by the American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH) and the Administration Health and Occupational Safety (OSHA). **Results:** In total 201 industrial hygiene measurements to four chemical carcinogens. The samples considered for every agent in a population of 475 exposed workers in total, inferred exposure at benzene to 155 workers (32,63%); formaldehyde to 13 (2,73%); Wood dust to 16 (3,36%) and crystalline silica to 291 (61,26%). The results showed that the level of risk of exposure to chemical carcinogens in different companies, are in some cases high or critical levels as they exceed the maximum allowable TLV values defined by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). **Conclusion:** The workers of different companies in Colombia are exposed to various types of concentrations carcinogenic chemicals. Environmental concentrations obtained in the workplace in some cases exceeded the maximum allowable concentrations, it is recommended that companies and institutions in the country strengthen prevention, surveillance and control, to minimize the risks to which workers may be exposed.

**KEYWORDS:** carcinogens, occupational hazard occupational exposure to wood dust, formaldehyde, benzene, crystalline silica.

---

<sup>1</sup>Magister en Salud Ocupacional y Ambiental. Ecólogo.

Correspondencia: Pedro Rozo Cifuentes. Ciudad Bogotá. Cundinamarca. Colombia. Celulares: 3158983452 o 3202323632. Correo electrónico: rozo.pedro@urosario.edu.co – pedrojrozo@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

En el mundo se estima que cada año se presentan más de 11 millones de casos nuevos de cáncer, de los cuales cerca del 80 por ciento se presentan en países en vía de desarrollo (1). De acuerdo con las estimaciones de incidencia del Instituto Nacional de Cancerología, en Colombia durante el período de 2000-2006, se presentaron alrededor de 70.887 casos nuevos de cáncer por año, de los cuales 32.316 se presentaron en hombres y 38.571 en mujeres. En 2010, se registraron 33.450 defunciones por cáncer que representaron el 16.9 por ciento del total de defunciones, de éstas 16.381 fueron en hombres y 17.069 en mujeres, con una tasa cruda de mortalidad por cáncer de 72,9 por 100.000 y 74.1 por 100.000, respectivamente (1, 2).

Desde los años 60's, se han demostrado a través de estudios epidemiológicos que sustancias químicas por ejemplo el benceno (3,4), el polvo de madera (5,6), formaldehído (7, 8), arsénico (9, 10), asbesto (11, 12), incrementan notablemente el riesgo relativo de un tipo o tipos de cáncer particular. Sin embargo, existe mucha controversia en cuanto a la proporción de cáncer que son atribuibles a la exposición laboral, con estimaciones que van de 4 a 40 por ciento (13).

El cáncer de origen laboral atribuido a sustancias químicas, puede ser responsables del 13 -18 por ciento de los cánceres de pulmón, del 2 al 10 por ciento de los cánceres de vejiga, y del 2 al 8 por ciento de los cánceres de laringe en la población de Estados Unidos (14). La contribución de estos agentes químicos carcinógenos al total de casos de cáncer es variable y particularmente la exposición de estos en el ambiente de trabajo puede ser responsable del 4 al 20 por ciento dependiendo del país y del tipo de cáncer (15). De acuerdo a Vineis y Simonato (1991), el número de casos de cáncer de pulmón y de vejiga de origen laboral, en poblaciones específicas situadas en zonas industriales, pueden incrementarse hasta el 40 por ciento (16).

El cáncer laboral es producto de la exposición acumulada a agentes carcinógenos en el lugar de trabajo, de muy graves consecuencias clínicas y que ocupa un lugar de privilegio en la historia de la investigación, ya que proporcionó los primeros ejemplos de cánceres en los que se podía reconocer su etiología inicialmente en términos de exposiciones profesionales y, más tarde, según agentes carcinógenos específicos (17, 18).

En el ambiente laboral, la principal vía de exposición es la inhalatoria, ya que las sustancias son muy volátiles (benceno, formaldehído) y por partículas pequeñas como la sílice y el polvo de madera que se pueden encontrar en el aire, y que se pueden depositar fácilmente en las vías respiratorias. Al utilizarse en disolución acuosa, también existe riesgo de absorción dérmica y de ingestión a causa de la naturaleza de la exposición, la duración de la jornada laboral, las medidas de protección y las características de los compuestos (15, 19, 20).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que al menos un 33 por ciento de los casos de cáncer podría evitarse si se controlan reconocidos agentes causales de la enfermedad (carcinógenos), agentes que se encuentran en el ambiente general o laboral, o se originan en hábitos y condiciones de vida no saludables (15).

En Colombia, la exposición laboral por agentes químicos proviene principalmente de actividades agrícolas e industriales, que consumen grandes volúmenes de productos químicos de grado variable de toxicidad. Es así, que en el año 2010 se estima que en el país se produjeron más de 24.000 toneladas y 25 millones de litros de plaguicidas, y se importaron alrededor de 53.000 toneladas de plaguicidas, además de la producción de medicamentos, cosméticos, hidrocarburos, entre otros (21).

Sin embargo, a pesar de estas cifras, en Colombia existen muy pocos casos registrados de cánceres de origen laboral por exposición a agentes químicos, teniendo en cuenta además que sus efectos se perciben tras un período de exposición relativamente largo y constante. Además, no es fácil determinar su papel específico, debido a que pueden actuar de manera aislada o conjuntamente con otros carcinógenos y a la existencia simultánea de otros factores de riesgo.

En 1969, el Instituto Nacional de Cancerología, Empresa Social del Estado (INC) creó la Sección de Epidemiología y Prevención, que incorporó las labores del Registro Nacional de Tumores y asumió la investigación epidemiológica. No obstante, sólo hasta principios de la primera década del 2000 inició el diseño y ejecución de estudios epidemiológicos sobre cáncer y exposiciones de tipo laboral (22).

Con base en las consideraciones anteriores así como en un análisis de la situación de salud colombiana, el Ministerio de Salud y Protección Social (antes Ministerio de la Protección Social) y el Instituto Nacional de Cáncer suscribieron el Convenio interadministrativo No 0294 de 2008 que incorporó, la construcción de 3 herramientas técnicas útiles en los procesos de diagnóstico, vigilancia y control de esta enfermedad profesional en el ámbito nacional:

1. Matriz de Exposición Laboral (MEL) retrospectiva a agentes carcinógenos de interés ocupacional para 10 tipos de cáncer específicos por actividad económica.
2. Sistema de información sobre la proporción de expuestos a carcinógenos laborales por actividad económica y sexo. Este corresponde a Colombia CAREX.
3. Sistema de Vigilancia Epidemiológica del Cáncer Ocupacional (SIVECAO).

Esta última herramienta (SIVECAO), busca recolectar, almacenar, procesar y divulgar información directa e indirectamente de la exposición laboral a agentes carcinógenos ocupacionales, para tomar decisiones y así contribuir a la prevención del cáncer ocupacional en Colombia (23).

### **Matriz de Exposición Laboral**

La matriz de exposición es un arreglo o configuración multidimensional definida por uno o más factores condicionantes de la exposición y por una serie de agentes (químicos, físicos o biológicos) (24) y que tiene como objetivo identificar las ocupaciones y los factores etiológicos o causales asociados a los riesgos de cáncer en los trabajadores (25).

Esta herramienta es ampliamente utilizada dentro de la epidemiología ocupacional en gran medida debido a su bajo costo para establecer la asociación entre puesto de trabajo, área o sector, y el riesgo de exposición a agentes químicos nocivos presentes en el

ambiente laboral (24), a través de la asignación de valores de orden cualitativo y cuantitativo (26, 27).

Este instrumento se centra principalmente en dos ejes: uno incluye el rango de las diversas ocupaciones de la empresa y actividades industriales; el otro establece los rangos posibles de riesgo de exposición a un agente químico; en las celdas al interior, producto de la intersección de estos ejes, se determina intensidad, frecuencia y probabilidad del riesgo de exposición a un agente en un puesto específico de trabajo (28, 29).

Dependiendo del contexto, la matriz podría tener datos de la exposición individual retroactiva que hacen posible la realización de análisis de caso-control o estudios de cohortes, así como también podría incluir datos descriptivos provenientes de muestreos de la exposición cuando los datos individuales de trabajo proceden de una muestra representativa (25).

Dentro de las matrices de exposición se puede incluir múltiples variables condicionantes, por ejemplo, sector económico, tipo de empresa, periodo de medición, ocupación, tarea o puesto, zona geográfica, entre otros. Los indicadores en las celdas de la matriz pueden considerar la proporción de trabajadores expuestos en relación con el total de trabajadores de cada ocupación, el nivel promedio o categoría de exposición, la fracción promedio o clasificación del tiempo de exposición, el promedio de exposición acumulada o categorizada y la presencia e intensidad de exposiciones pico, entre otros (24). Además del tipo de procedimientos y medidas de control existentes en base a la información disponible.

El Sistema de Información de la ARL sobre exposición laboral (matriz de exposición) fue elaborada con información construida durante el periodo del 2011 y 2014. Esta matriz se basa en estimaciones cuantitativas de la exposición a agentes cancerígenos y contiene estimaciones laborales y específicas de tiempo de exposición a diversos agentes o factores que se producen en los lugares de trabajo de diferentes empresas en Colombia.

Sin embargo, en Colombia no se cuenta con la información necesaria para contrastar la ocurrencia de cáncer de origen laboral atribuida a sustancias químicas como formaldehído, polvo de madera, benceno y sílice cristalina, además de que no se han realizado estudios evaluando el riesgo a partir de la dosis acumulada.

De acuerdo a lo anterior, el objetivo de este estudio fue caracterizar los sectores económicos con mayor susceptibilidad de exposición a agentes químicos carcinógenos categorizados en el grupo 1 por el IARC (formaldehído, polvo de madera, benceno y sílice cristalina) afiliadas a una ARL en Colombia entre el periodo 2011 a 2014.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Esta investigación se caracteriza por ser un estudio de tipo descriptivo retrospectivo con datos históricos obtenidos desde 2011 hasta 2014.

La población de estudio estuvo comprendida por 60 empresas con 475 trabajadores expuestos de diferentes áreas de producción con exposición a agentes químicos que están dentro del grupo 1 por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y que son causales de cánceres laborales.

De acuerdo con el número de mediciones que se realizó en cada área y cargo de las empresas objeto de estudio, se utilizó la medición basal para determinar el estado inicial y evaluar de manera concurrente la exposición de estos cuatro agentes químicos.

El tamaño de la muestra correspondió al número total de registros excluyendo los datos con algún problema de localización, así como aquellos con información insuficiente respecto al área, oficio, número de trabajadores expuestos, tiempo de medición y medición de la concentración del agente químico.

Los Valores Umbral Límite - Media Ponderada en el Tiempo (TLV –TWA), están establecidos para jornadas de 8 horas diarias y 40 horas a la semana; en Colombia la jornada laboral es de 48 horas semanales por lo cual generalmente se hace el ajuste del TLV-TWA, empleando el modelo Brief & Scala. En este estudio no se aplica dicho modelo.

Para el muestreo y análisis de la exposición ambiental de los agentes químicos en los puestos de trabajo establecidos, se utilizaron como referencia los métodos 1501 y 3500 del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), y los valores recomendados por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) y la Administración de la Salud y de la Seguridad Ocupacional (OSHA).

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

La recolección y construcción de base de datos se utilizó el programa Microsoft Excel 2010 y el análisis estadístico se realizó mediante el software (SPSS) 20.0.

Se caracterizó la población de estudio mediante medidas de tendencia central como el promedio, los mínimos, medias, medianas y niveles máximos y de dispersión como la desviación estándar con sus respectivos coeficientes de variación para medir la homogeneidad de los datos.

El cálculo de las concentraciones a cada agente químico, se realizó considerando el área geográfica, la actividad económica, el área de trabajo y el cargo del trabajador por año.

## RESULTADOS

En total se obtuvieron 201 mediciones de higiene industrial para cuatro agentes químicos carcinógenos (formaldehído, polvo de madera, benceno y sílice cristalina) desde el año 2011 hasta el 2014. El grupo de mediciones estuvo constituido por 60 empresas de 17 departamentos. Los agentes más frecuentes en una población de 475 trabajadores expuestos fueron el Benceno con 155 trabajadores (32.63 por ciento de la población total); formaldehído 13 (2,73 por ciento); polvo de madera 16 (3,36 por ciento) y sílice cristalina 291 (61,26 por ciento).

Los Sectores económicos con el mayor número de exposición a sustancias químicas carcinógenas en la ARL del estudio fueron la industria manufacturera (benceno, formaldehído, polvo de madera, sílice cristalina), la educación (benceno, formaldehído, sílice cristalina), la minería (benceno, sílice cristalina), el transporte y almacenamiento (benceno, sílice cristalina), y la industria de suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado (benceno, sílice cristalina) (ver Tabla 1).

**Tabla 1. Sectores económicos expuestos a diferentes agentes químicos en una ARL en Colombia (2011-2014).**

ACTIVIDADES ECONÓMICAS	Nº EXPUESTOS	AGENTES QUÍMICOS
EXPLOTACIÓN DE MINAS Y CANTERAS	176	Benceno, Sílice Cristalina
INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	139	Benceno, Formaldehído, Polvo de Madera, Sílice Cristalina
EDUCACIÓN	36	Benceno, Formaldehído, Sílice Cristalina
CONSTRUCCIÓN	33	Sílice Cristalina
AGRICULTURA, GANADERÍA, CAZA, SILVICULTURA Y PESCA	23	Benceno
ACTIVIDADES DE ATENCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y DE ASISTENCIA SOCIAL	16	Benceno, Formaldehído
ACTIVIDADES PROFESIONALES, CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS	15	Benceno, Sílice Cristalina
SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD, GAS, VAPOR Y AIRE ACONDICIONADO	11	Benceno, Sílice Cristalina
TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	9	Benceno, Sílice Cristalina
ACTIVIDADES DE SERVICIOS	8	Sílice Cristalina
ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y DEFENSA; PLANES DE SEGURIDAD SOCIAL DE AFILIACIÓN OBLIGATORIA EDUCACIÓN	8	Benceno
MAQUINARIA, METALMECÁNICA, ELECTRODOMÉSTICOS Y EQU OTRAS	1	Sílice Cristalina

El mayor porcentaje de población trabajadora expuesta se encontró en el sector de minas y canteras con el 37 por ciento (176), seguido de la industria manufacturera con 29 por ciento (139) y del sector educativo con el 7,5 por ciento (36).

En la Tabla 2 se observan la exposición acumulada estimada para cada agente químico a nivel regional.

**Tabla 2. Concentraciones de los agentes químicos cancerígenos en aire (unidades mg/m<sup>3</sup>) por regional en una ARL en Colombia (2011-2014).**

<b>BENCENO</b>		Expuestos	Concentración				
		Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica <sup>2</sup>
Regional	Bogotá	20	0,00	1,51	0,01	26,09	5,80
	Centro	4	0,00	12,45	0,18	49,45	24,67
	Oriente	5	0,00	1,34	1,50	1,90	0,78
	SurOccidente	35	0,00	0,81	0,00	4,35	1,24
<b>FORMALDEHIDO</b>		Expuestos	Concentración				
		Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica
Regional	Bogotá	6	C 0,01	C 0,44	C 0,32	C 1,32	C 0,46
	Centro	0					
	Oriente	0					
	SurOccidente	2	C 0,17	C 0,26	C 0,26	C 0,34	C 0,12
<b>POLVO DE MADERA</b>		Expuestos	Concentración				
		Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica
Regional	Bogotá	0					
	Centro	0					
	Oriente	0					
	SurOccidente	8	0,03	0,10	0,12	0,13	0,04
<b>SÍLICE CRISTALINA</b>		Expuestos	Concentración				
		Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica
Regional	Bogotá	32	0,00	0,05	0,03	0,26	0,06
	Centro	45	0,00	0,08	0,03	0,53	0,11
	Oriente	30	0,00	0,05	0,01	0,28	0,08
	SurOccidente	14	0,00	0,10	0,01	0,62	0,19

El valor límite permisible para el formaldehído es un valor Ceiling (C). Los valores "Ceiling" como niveles de concentración, no deben ser superados en ningún momento de la jornada de trabajo.

El comportamiento de la exposición acumulada a nivel regional, en los cuatro años estudiados se presentan en la Tabla 2, donde se observa niveles significativamente altos en la tendencia media para el benceno para la zona centro con un valor de 12,45 mg/m<sup>3</sup> (máxima de 49,45 mg/m<sup>3</sup> y desviación estándar de 24,67 mg/m<sup>3</sup>); formaldehído con una media de C 0,44 mg/m<sup>3</sup> (máxima de C 1,32 mg/m<sup>3</sup> y desviación estándar de C 0,46 mg/m<sup>3</sup>) para Bogotá; y los niveles altos para sílice cristalina estuvieron presentes en todas las regiones con una media entre 0,05 y 0,10 mg/m<sup>3</sup> (máxima de 0,26 y 0,62 mg/m<sup>3</sup>; desviación estándar de 0,06 a 0,19 mg/m<sup>3</sup>).

<sup>2</sup> La desviación estándar o desviación típica es la raíz cuadrada de la varianza. En las tablas se denomina desviación típica por la utilización del Software SPSS.



**Tabla 3. Concentraciones de agentes químicos carcinógenos (unidades mg/m<sup>3</sup>) por sectores económicos en una ARL en Colombia (2011-2014).**

		BENCENO						FORMALDEHÍDO						POLVO DE MADERA						SÍLICE CRISTALINA						
		Expuestos		Concentración				Expuestos		Concentración				Expuestos		Concentración				Expuestos		Concentración				
		Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica	Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica	Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica	Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica	
Actividad	ATENCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y DE ASISTENCIA SOCIAL	2	0	0	0	0	0	6	C 0,01	C 0,44	C 0,32	C 1,32	C 0,46	0						.	.	.	.	.	.	
	ACTIVIDADES PROFESIONALES, CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS	5	0	1,34	1,5	1,9	0,78	0						0						10	0	0,01	0,01	0,02	0,01	
	ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y DEFENSA	8	0,01	3,33	0,01	26,09	9,2	0						0						.	.	.	.	.	.	
	AGRICULTURA, GANADERÍA	10	0	0,39	0	2,68	0,89	0						0						.	.	.	.	.	.	
	EDUCACIÓN	3	0	0,46	0,55	0,82	0,42	1	C 0,17	C 0,17	C 0,17	C 0,17		0						2	0	0	0	0	0	
	EXPLORACIÓN DE MINAS Y CANTERAS	6	0	0,13	0,11	0,3	0,14	0						0						68	0	0,08	0,04	0,62	0,12	
	INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	24	0	3	0,18	49,45	9,98	1	C 0,34	C 0,34	C 0,34	C 0,34		8	0,03	0,1	0,12	0,13	0,04	17	0	0,06	0,01	0,28	0,09	
	SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD, GAS	4	0,01	0,55	0,01	2,17	1,08	0						0						4	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	
	TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	2	0	0,8	0,8	1,6	1,13	0						0						4	0	0	0	0	0	
	CONSTRUCCIÓN	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11	0	0,06	0,01	0,46	0,13
	MAQUINARIA, METALMECÁNICA	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,01	0,01	0,01	0,01	.
ACTIVIDADES DE SERVICIOS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	0	0,1	0,1	0,2	0,08	

La relación encontrada entre los límites de exposición laboral y las concentraciones de los diferentes sectores económicos se encuentra en la Tabla 3. Los niveles máximos de exposición al benceno se encuentran en los sectores de la administración pública y defensa (26,0 mg/m<sup>3</sup>); y la industria manufacturera (49,4 mg/m<sup>3</sup>). En el caso del formaldehído están el sector de la asistencia humana y social (C 1,32 mg/m<sup>3</sup>). En cuanto al polvo de madera solo se encontraron las exposiciones en la industria manufacturera (0,13 mg/m<sup>3</sup>). Por último, para la sílice cristalina se encuentran en el sector de la construcción (0,46 mg/m<sup>3</sup>) y explotación de minas y canteras (0,62 mg/m<sup>3</sup>).

En la Tabla 4 se muestran las concentraciones de benceno, formaldehído, polvo de madera y sílice cristalina con su respectivo índice de riesgo, obtenido al dividir el valor de la sustancia química por su TLV-TWA (Valores Umbral Límite - Media Ponderada en el Tiempo).

**Tabla 4. Índices de riesgo del benceno, formaldehído, Polvo de madera y Sílice cristalina e índices de riesgo**

	BENCENO		FORMALDEHÍDO		POLVO DE MADERA		SÍLICE CRISTALINA	
	Media	IR	Media	IR	Media	IR	Media	IR
Actividad								
ATENCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y DE ASISTENCIA SOCIAL	0,00	0	C 0,44	1,19				
ACTIVIDADES PROFESIONALES, CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS	1,34	0,84					0,01	0,4
ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y DEFENSA	3,33	2,08						
AGRICULTURA, GANADERÍA	0,39	0,24						
EDUCACIÓN	0,46	0,29	C 0,17	0,46				
EXPLOTACIÓN DE MINAS Y CANTERAS	0,13	0,08					0,08	3,2
INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	3,00	1,88	C 0,34	0,92	0,10	0,09	0,06	2,4
SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD, GAS	0,55	0,34					0,02	0,8
TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	0,80	0,5						
CONSTRUCCIÓN							0,06	2,4
MAQUINARIA, METALMECÁNICA							0,01	0,4
ACTIVIDADES DE SERVICIOS							0,1	4

Valores límite permisibles TLV-TWA: benceno: 1,597 mg/m<sup>3</sup>, formaldehído: C 0,37 mg/m<sup>3</sup>, Polvo de madera: 1 mg/m<sup>3</sup>, Sílice cristalina: 0,025 mg/m<sup>3</sup> (Fracción respirable).

IR: El índice de riesgo se estima a partir de la división entre la concentración media por el valor límite permisible del agente químico. El resultado del cálculo de esta fórmula, se interpretará así: Si el resultado es menor o igual a 1, no se considera sobre-exposición. Si el resultado es mayor a 1, se considera sobre-exposición.

La Tabla 4 muestra la comparación entre las actividades económicas con su respectivo índice de riesgo. Es relevante registrar, que las empresas destinadas a la administración pública y defensa, e industrias manufactureras superan el índice de riesgo para el benceno; de igual forma, para el formaldehído se presentó en el sector de la atención de la salud humana y de asistencia social; y por último, para la sílice cristalina se registró en

las empresas que están dentro de los sectores de explotación de minas y canteras, industrias manufactureras, construcción y actividades de servicios con un IR superior a 1.

En la Tabla 5 se observan los cálculos de la exposición acumulada de los 4 agentes químicos calculados a partir del tipo de área. Es de resaltar que el comportamiento de la exposición acumulada de los cuatro agentes químicos está asociado al área operativa. Los sectores económicos con mayores niveles máximos de exposición al benceno fueron del área operativa.

**Tabla 5. Concentraciones de agentes químicos carcinógenos (unidades mg/m<sup>3</sup>) por tipos de área dentro de las empresas en la ARL en Colombia (2011-2014).**

BENCENO		Expuestos	Concentración				
		Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica
Área	Artes Graficas	3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
	Bodegas	3	0,00	1,01	0,47	2,55	1,36
	Laboratorios	1	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Operaciones	57	0,00	1,97	0,01	49,45	7,31
FORMALDEHIDO		Expuestos	Concentración				
		Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica
Área	Artes Graficas	0					
	Bodegas	0					
	Laboratorios	0					
	Operaciones	8	C 0,01	C 0,39	C 0,30	C 1,32	C 0,40
POLVO DE MADERA		Expuestos	Concentración				
		Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica
Área	Artes Graficas	0					
	Bodegas	0					
	Laboratorios	0					
	Operaciones	8	0,03	0,10	0,12	0,13	0,04
SÍLICE CRISTALINA		Expuestos	Concentración				
		Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica
Área	Artes Graficas	0					
	Bodegas	14	0,00	0,06	0,06	0,20	0,05
	Laboratorios	0					
	Operaciones	107	0,00	0,07	0,02	0,62	0,11

En relación con los niveles de exposición acumulada para cada uno de los cargos dentro de las empresas (Tabla 6), se encontró que la media se encuentra entre 0,0 a 2,09 mg/m<sup>3</sup> de benceno para los cuatro cargos; 0,34 – 0,40 mg/m<sup>3</sup> de formaldehído para los cargos de servicios generales y profesional respectivamente; 0,10 mg/m<sup>3</sup> la concentración media de polvo de madera para el cargo de operario y los niveles medios para sílice cristalina se encuentran entre 0,01 a 0,09 mg/m<sup>3</sup>. Se encontraron niveles de benceno por encima de los límites permisibles en tres de los cuatro cargos (excepto en servicios generales), de formaldehido en el cargo profesional y de sílice cristalina en los cuatro cargos.

**Tabla 6. Concentraciones de agentes químicos carcinógenos (unidades mg/m<sup>3</sup>) por el tipo de cargo en la ARL en Colombia (2011-2014).**

BENCENO		Expuestos	Concentración				
		Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica
Cargo dentro de la empresa	Operario	51	0,00	2,09	0,01	49,45	7,72
	Profesional	9	0,00	0,42	0,21	2,17	0,71
	Servicios Generales	1	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Supervisor	3	1,40	1,60	1,50	1,90	0,26
FORMALDEHIDO		Expuestos	Concentración				
		Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica
Cargo dentro de la empresa	Operario	0					
	Profesional	7	C 0,01	C 0,40	C 0,25	C 1,32	C 0,43
	Servicios Generales	1	C 0,34	C 0,34	C 0,34	C 0,34	
	Supervisor	0					
POLVO DE MADERA		Expuestos	Concentración				
		Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica
Cargo dentro de la empresa	Operario	8	0,03	0,10	0,12	0,13	0,04
	Profesional	0					
	Servicios Generales	0					
	Supervisor	0					
SÍLICE CRISTALINA		Expuestos	Concentración				
		Recuento	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación típica
Cargo dentro de la empresa	Operario	118	0,00	0,07	0,02	0,62	0,11
	Profesional	0					
	Servicios Generales	1	0,09	0,09	0,09	0,09	
	Supervisor	1	0,05	0,05	0,05	0,05	
	Otros	1	0,01	0,01	0,01	0,01	

## DISCUSIÓN

La matriz de exposición laboral es una herramienta que nos permite un adecuado acercamiento preliminar al grado de exposición que tiene los trabajadores a diferentes sustancias químicas que podrían ser potencialmente cancerígenas, mutágenas o tóxicas para la salud humana, y que están presente en los productos que manipulan o generan en sus puestos de trabajo.

Esta matriz de exposición fue construida a partir de muestreos derivados de la exposición laboral a contaminantes químicos presentes en el aire a diferentes empresas a nivel nacional. Las mediciones fueron tomadas con el propósito de determinar las exposiciones de promedio de tiempo ponderado (TWA), que cubrieran el turno completo de trabajo.

Los resultados de los niveles de exposición a agente químicos carcinógenos a nivel nacional están asociados principalmente a empresas de los sectores manufactureros y de explotación de materiales especialmente en áreas operativas. Las exposiciones que podrían relacionarse con las actividades funcionales propias de su cargo, se deben principalmente en el caso del benceno y formaldehído a la fabricación de plásticos,

resinas y fibras sintéticas y producción de adhesivos para madera, plástico, textiles, cuero; también en la fabricación de productos químicos como lubricantes, tinturas, pesticidas, entre otras. En el caso de la sílice cristalina y polvo de madera son partículas que se pueden inhalar cuando los trabajadores manipulan diferentes tipos de elementos como hormigón, ladrillo y madera respectivamente. Es importante resaltar, que de acuerdo a investigaciones en varias fábricas de la industria maderera pueden presentar también una mayor exposición a solventes orgánicos (como el benceno) y al formaldehído (31).

Con respecto a los valores higiénicos encontrados dentro de las empresas en el período comprendido entre el año 2011 y 2014, en algunos casos sobrepasan la concentración máxima permisible ponderada en el tiempo en comparación con los valores establecidos por la ACGIH. Sin embargo, al ser un estudio de tipo transversal, no se evaluó si la frecuencia de exposición puede ser muy variable en una misma jornada por el tiempo de dedicación de los trabajadores a una misma tarea, además no se contó con la información necesaria sobre el tiempo que llevaban en el oficio, los niveles de exposición entre los individuos que llevan a cabo la misma ocupación y mediciones en el tiempo para conocer las fluctuaciones de la concentración de los contaminantes durante las jornadas laborales.

En diferentes estudios se ha demostrado que ciertas ocupaciones los patrones de exposición son homogéneos como es el caso de oficios como en la minería; sin embargo, existen otro tipo de oficios que presentan un patrón de exposición heterogénea como por ejemplo, el título del trabajo "trabajadores químicos de proceso" incluye subgrupos de diferentes industrias (fabricación de pintura, la refinación de petróleo, la industria farmacéutica y otros); además de trabajadores que laboraban en diferentes sectores como es el caso de la construcción y la maderera (25, 31).

Los datos de higiene industrial, permiten inferir que en algunos sectores económicos la presencia de benceno, formaldehído, polvo de madera y sílice cristalina, sobrepasan los valores límites ocasionando condiciones de riesgos potencialmente críticas y aún de mayor riesgo por la mezcla de estas sustancias que pueden inducir a contraer cáncer o aumentar su incidencia.

Las concentraciones promedios encontradas en el aire de las distintas zonas de trabajo de los contaminantes estaban por debajo de los límites admisibles de acuerdo con la ACGIH, sin embargo, existen valores que superan estos límites como es el caso del benceno con una concentración máxima de  $49,45 \text{ mg/m}^3$ , asociada principalmente a la manipulación de solventes líquidos (pintura); Formaldehído con una concentración máxima de  $1,32 \text{ mg/m}^3$  por la manipulación de tejidos con formol dentro de un Hospital y Sílice Cristalina por actividades de extracción de minerales y carbón (rangos que oscilan entre  $0,2$  a  $0,62 \text{ mg/m}^3$ ).

Con base en los índices de riesgo, se establece que son mayores en los trabajadores expuestos por formaldehído y sílice cristalina y en algunos casos específicos se evidencian donde las exposiciones máximas con benceno y polvo de madera merecen la atención por parte de las empresas para su evaluación y control. Al evaluar el riesgo se debe tener en cuenta las exposiciones a largo plazo, aun en bajas concentraciones, para contrastar las relaciones dosis respuesta en los trabajadores e información sobre sus

mecanismos de actuación incluyendo la genotoxicidad y la toxicocinética, lo cual se puede comprobar mediante la aplicación de modelos de riesgo.

Entre las características importantes del análisis de la matriz laboral dentro del estudio para el periodo (2011 a 2014), se encontró que la información sobre algunos agentes químicos es escasa. Por tanto, la estimación para este periodo se utilizó principalmente con agentes químicos con datos más representativos para el estudio. Además, otra limitante es la representatividad y fiabilidad de los datos debido a la falta de documentación exacta, especialmente en la clasificación de los grupos de exposición y la falta de diligenciamiento completo de diferentes casillas para hacer un análisis más exhaustivo de los riesgos y controles existentes dentro de las empresas objeto de estudio. Así mismo, en este estudio se encontraron que unos de los grandes inconvenientes en el desarrollo de la matriz ambiental es la uniformidad de los datos en cuanto a la nomenclatura de la clasificación industrial internacional de los tipos de área y procesos dentro de las empresas y sus respectivas actividades económicas.

En conclusión, es evidente la exposición a diferentes tipos de concentraciones por agentes químicos cancerígenos en los trabajadores de los sectores industriales del país. A pesar, que existen dudas en la literatura sobre las causas o factores de riesgo pueden contribuir a la posibilidad de que una persona desencadene cáncer. El uso excesivo de estos agentes químicos puede generar efectos adversos en la salud de estos, lo que incide en forma negativa en la productividad y la eficiencia de los trabajadores.

Es importante señalar que este tipo de matrices ambientales se deben articular con estudios de prevalencia para establecer con claridad los criterios mínimos de exposición, las rutas de exposición, los determinantes de la enfermedad y la identificación de los factores de riesgo que permiten evaluar las condiciones laborales de los trabajadores expuestos a agentes químicos considerados por el IARC como carcinógenos.

Por lo tanto, es necesario que las empresas e instituciones del país fortalezcan las medidas de vigilancia epidemiológica, así como mejorar las condiciones de bioseguridad en las áreas cumpliendo todas las obligaciones en seguridad y protección de la salud contra los riesgos derivados de los agentes químicos en el trabajo. Además, es importante que el gobierno nacional adopte un marco normativo más exhaustivo que regule a nivel técnico y administrativo el manejo de estas sustancias químicas clasificadas como carcinogénicas en el país.

## **AGRADECIMIENTOS**

El Autor agradece especialmente a la Universidad del Rosario con cada uno de los tutores, que tomo parte en este estudio, la ARL quien permitió la base de datos del proyecto y a la Dra Bertha Polo.

## **CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Este estudio cumple con la norma internacional de la declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial), nacionalmente la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud (Resolución de la Ética en Investigación Médica vs s normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud), Ley 23 de 1981 (Ley de Ética de los médicos vs Normas en Materia de Ética Médica), la Resolución 1995 de 1999 (Resolución de Historia clínica en general vs normas para el manejo de la Historia Clínica) y Resolución 2346 de 2007 (Resolución de Historia clínica en accidente de trabajo y enfermedad profesional vs regula la práctica de evaluaciones médicas ocupacionales y el manejo y contenido de las historias clínicas ocupacionales.).

Para la ejecución de este estudio se solicitaron los debidos permisos institucionales. El acceso a los resultados de investigación y respectivos datos de las empresas evaluadas sólo fue destinado al autor de la investigación, garantizando la confidencialidad de la información.

## **CONFLICTO DE INTERESES**

El autor manifiesta que no existe conflicto de intereses con respecto a esta publicación.

## REFERENCIAS

1. Ministerio de Salud y Protección Social. Plan Decenal para el Control del Cáncer en Colombia 2012 – 2020. (Internet). Bogotá, D.C. Instituto Nacional de Cancerología, ESE. 2012. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/Plan%20nacional%20para%20el%20control%20del%20c%C3%A1ncer%20en%20Colombia.pdf>
2. Pardo C, Cendales R. Incidencia estimada y mortalidad por cáncer en Colombia 2002-2006. Bogotá; Instituto Nacional de Cancerología; 2010.
3. Linet MS, Cartwright RA. The leukaemias. In Cancer Epidemiology and Prevention (Schottenfeld D, Fraumeni J, editores). New York: Oxford University Press. 1996.
4. Bergsagel DE., Wong O, Bergsagel PL, Alexanian R, Anderson K, Kyle RA, Raabe GK. Benzene and multiple myeloma: appraisal of the scientific evidence. *Blood*. 1999; 94: 1174-1182.
5. Spee T, van de Rijdt-van Hoof E, van Hoof W. Exposure to Wood Dust Among Carpenters in the Construction Industry in The Netherlands. *Annals of Occupational Hygiene*. 2007; 51(3): 241-248.
6. Kauppinen T, Liukkonen T, Vincent R. Occupational Exposure to Inhalable Wood Dust in the Member States of the European Union. *Annals of Occupational Hygiene*. 2006; 50(6): 549-561.
7. Hauptmann M y col. Cancer mortality among workers in formaldehyde industries. *Annals of Epidemiology*. 2004; 14:592-624.
8. International Agency for Research on Cancer. Formaldehyde, 2- butoxyethanol and 1-tert-butoxy-2-propanol. In IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 88, IARC Scientific Publications, Lyon, France; 2004.
9. Centeno JA, Tseng CH, van der Voet GB, Finkelman RB. Global Impacts of Geogenic Arsenic – A Medical Geology Research Case. *Ambio*. 2007; 36(1):78–81. En: Maritza RM. Toxicología ambiental y Ocupacional. Editorial: Universidad del Rosario. Colombia. 2013. Págs. 526.
10. International Agency for Research on Cancer. Metals, arsenic, dusts and fibres. In IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum, 100C: PMID:18335640; 2012b.
11. International Agency for Research on Cancer. Monographs of Asbestos (Chrysotile, Amosite, Crocidolite, Tremolite, Actinolite, And Anthophyllite). Lyon: International Agency for Research on Cancer. 2012. [En línea]. Disponible en <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-11.pdf>. [2015, 19 Marzo].
12. International Agency for Research on Cancer. IARC MONOGRAPHS SUPPLEMENT 7. Lyon: International Agency for Research on Cancer. 2012. [En línea]. Disponible en <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/suppl7/Suppl7-20.pdf>. [2015, 19 Marzo].
13. Boffetta P, Kogevinas M, Pearce N. Cancer BP, Editor. Encyclopedia of Occupational Health and Safety, Jeanne Mager Stellman, Editor-in-Chief. International Labor Organization, Geneva. 2011.
14. Doll R, Peto R. The causes of cancer. *J Natl Cancer Inst*. 1981; 66:1191-1308.
15. Organización Mundial de la Salud. Salud de los Trabajadores: Plan de acción Mundial. Asamblea Mundial de la Salud. Mayo 2007. WHA60.26.
16. Vineis, P and L Simonato. 1991. Proportion of lung and bladder cancers in males resulting from occupation: A systematic approach. *Arch Environ Health*. 1991 Jan-Feb; 46(1):6-15.
17. LaDou J. Medicina laboral y ambiental. Segunda edición. México DF: El Manual Moderno; 1999: 3-7.



18. Rom WN. Environmental and occupational medicine. 3rd. ed. Philadelphia: Lippincott Raven Publishers; 1998. 1 vol. XXXIX-1880 p.
19. Bond GG., McLaren EA., Baldwin CL. Cook RR. An update of mortality among chemical workers exposed to benzene. *Br. J. ind. Med.*, 1986; 43, 685-691
20. Tsai SP., Wen CP., Weiss NS., Wong O, McClellan WA, Gibson RL. Retrospective mortality and medical surveillance studies of workers in benzene areas of refineries. *J. occup. Med.* 1983; 25: 685-692
21. Instituto Nacional de Salud. Protocolo de Vigilancia en Salud Pública. Intoxicaciones por Sustancias Químicas. Bogotá. 2014. [consultado 19 Marzo de 2015]. Disponible en: <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/sivigila/Protocolos%20SIVIGILA/PRO%20Intoxicaciones.pdf>.
22. Rojas M, Vecino A. Fracción de cáncer atribuible a la ocupación en países desarrollados. *Rev Colombiana Cancerología.* 2008;12(2):89-105
23. Ministerio del Trabajo. 2015. [consultado 20 jul 2015]. Disponible en: <http://sivecao.cancer.gov.co/que.php>.
24. Espinosa MT, Partanen T, Piñeros M, Chaves J, Posso H, Monje P, Blanco L, Wesseling C. Determinación del historial de exposiciones en la epidemiología ocupacional. *Rev Panam Salud Pública.* 2005; 18(3):187–96
25. Kauppinen T, Heikkila P, Plato N, Woldbaek T, Lenvik K, Hansen], et al. Construction of job-exposure matrices for the Nordic Occupational Cancer Study (NOCCA). *Acta Oncologica.* 2009; 48: 791-800.
26. Mwaiselage J, Bratveit M, Moen B, Yost M. Variability in Dust Exposure in a Cement Factory in Tanzania. *Annals of Occupational Hygiene.* 2005. 1-9. En: Hernández G, Arias E, Mata C, Medina M, Rodríguez G. Exposición ocupacional a agentes químicos en la construcción de edificios. *Tecnología en Marcha.* Vol. 25, N° 3. Julio-Septiembre 2012. Pág 81-95.
27. Haro-García L, Celis-Quintal G, López-Rojas P, Sánchez-Román F, Juárez-Pérez C. Matriz de exposición ocupacional genérica. Consistencia y validez al aplicarla en una pequeña empresa. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc* 2007; 45 (3): 255-263
28. Dickel H, Kuss O, Schmidt A, Diepgen TL. Occupational relevance of positive standard patch-test results in employed persons with an initial report of an occupational skin disease. *Int Arch Occup Environ Health* 2002; 75(6):423-434. En: Haro-García L, Celis-Quintal G, López-Rojas P, Sánchez-Román F, Juárez-Pérez C. Matriz de exposición ocupacional genérica. Consistencia y validez al aplicarla en una pequeña empresa. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc* 2007; 45 (3): 255-263
29. Bouyer J, Hemon D. Studying the performance of a job exposure matrix. *Int J Epidemiol* 1993; 22(Suppl 2):S65-S71. En: Luis Haro-García, Germán Celis-Quintal, Pablo López-Rojas, Francisco Raúl Sánchez-Román, Cuauhtémoc Arturo Juárez-Pérez. Matriz de exposición ocupacional genérica. Consistencia y validez al aplicarla en una pequeña empresa. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc* 2007; 45 (3): 255-263
30. Yadiris E, Vargas-Ramos, Marrugo-Negrete J. Exposición a COVs en fábricas de muebles de dos poblaciones del norte de Colombia; *Revista de Salud Pública* 2014, 16 (6): 834-846, 2014
31. De Vicente MA, Zimmermann M, Kauppinen T, Vincent R, Liukkonen T, Grzebyk M, Kauppinen A, Welling I. Exposición en el trabajo al polvo de madera en España. Instituto Finandés de Salud Laboral (FIOH). Institut National de Recherche et de Sécurité. EU/WOOD-RISK. WOODDEX. 2004. [consultado 23 octubre de 2015]. Disponible en: <http://www.oect.es/Observatorio/Contenidos/InformesPropios/Desarrollados/Ficheros/Informecastellano.pdf>