

### Publicación anticipada

El comité editorial de la revista *Ingeniería y Competitividad* informa que este artículo fue aprobado para publicación en el volumen 23 número 2 teniendo en cuenta los requisitos editoriales y los conceptos emitidos por los pares evaluadores. Por lo tanto, se publica anticipadamente para su consulta, descarga y citación provisional, aclarando que esta puede diferir de la versión final, ya que no ha completado las etapas finales del proceso editorial (corrección de estilo, traducción y diagramación) y solo los títulos, datos de autores, palabras clave y resúmenes corresponden a la versión final del artículo.

### Como citar:

Becerra D, Ramírez LF, Niño MV, Oviedo CH, Plaza LF. Relación entre la Calidad del Aire y la Incidencia de Enfermedades Respiratorias en el Municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 23(2), In press 2021. <https://doi.org/10.25100/iyc.v23i2.9698>.

### Article in press

The editorial committee of the Journal *Ingeniería y Competitividad* informs that this article was approved for publication in volume 23 number 2, considering the editorial requirements and the concepts of the peer reviewers. Therefore, the preliminary version of this article is published for consultation, download and provisional citation purposes, clarifying that this version may differ from the final document, since it has not completed the final stages of the editorial process (proof-editing, translation and layout) and only the titles, authorship, keywords and abstracts will remain unchanged the final version of the article.

### How to cite:

Becerra D, Ramírez LF, Niño MV, Oviedo CH, Plaza LF. Relación entre la Calidad del Aire y la Incidencia de Enfermedades Respiratorias en el Municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 23(2), In press 2021. <https://doi.org/10.25100/iyc.v23i2.9698>.



# Relación entre la Calidad del Aire y la Incidencia de Enfermedades Respiratorias en el Municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander

INGENIERÍA AMBIENTAL

## Relationship between Air Quality and the Incidence of Respiratory Diseases in the municipality of San José de Cúcuta, Norte de Santander

Dorance Becerra<sup>1§</sup>, Luisa F. Ramírez<sup>1</sup>, María V. Niño<sup>1</sup>, Carlos H. Oviedo<sup>1</sup>, Luis F. Plaza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Universidad Francisco de Paula Santander, Departamento de Ciencias del Medio Ambiente, San José de Cúcuta, Colombia*

<sup>2</sup>*Unidad Central del valle del Cauca, Facultad de Ingeniería, Tuluá, Colombia*

<sup>§</sup>*dorancebm@ufps.edu.co, luisaframirezr@ufps.edu.co, mariavivianano@ufps.edu.co, carloshumbertoovsa@ufps.edu.co, lplaza@uceva.edu.co*

**Recibido:** 9 de mayo de 2020 – **Aceptado:** 5 de marzo de 2021

### Abstract

Air pollution is one of the most significant environmental problems regarding public health in Colombia. Therefore, the objective of this study was to analyze the relationship between air quality and the incidence of respiratory diseases in the municipality of Cucuta. Through the application of a quantitative and descriptive methodology with a correlational approach, a Citizen Perception Survey was designed. Besides, the concentrations of particulate matter (PM10) in areas from El Salado and Atalaya were analyzed, along with the analysis of the burden of disease according to the records provided by (IMSALUD) and (IDS). The results show a dependent association between the study variables. Additionally, it shows a significant trend for acute Rhinopharyngitis in vulnerable patients (children and older adults) and an unfavorable air quality status of the evaluated months (May-July/2018)

**Keywords:** *Acute rhinopharyngitis, Air quality, Morbidity, Particulate matter (PM10), Relationship.*

## Resumen

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más significativos de la salud pública en Colombia. Por ello, este estudio tuvo como objetivo realizar un análisis de la relación entre la calidad del aire y la incidencia de enfermedades respiratorias en el municipio de Cúcuta. Gracias a la aplicación de una metodología cuantitativa y descriptiva con enfoque correlacional, se diseñó una Encuesta de Percepción Ciudadana. Además, se analizaron las concentraciones del material particulado (PM10) de las zonas El Salado y Atalaya; junto con el análisis de la carga de morbilidad de acuerdo a los registros otorgados por el Instituto Municipal de Salud (IMSALUD) y el Instituto Departamental de Salud (IDS). Los resultados, muestran una asociación dependiente entre las variables de estudio. Adicionalmente, muestra una tendencia significativa por Rinofaringitis aguda en pacientes vulnerables (niños y adultos mayores) y un estado de calidad del aire desfavorable de los meses evaluados (mayo–julio/2018).

**Palabras clave:** *Calidad del aire, Morbilidad, Material particulado (PM10), Relación, Rinofaringitis aguda.*

## 1. Introducción

La contaminación atmosférica representa un problema de salud a nivel mundial, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) es un determinante directo en la salud pública, que representa un alto costo socioeconómico en términos de ausentismo laboral y escolar, así como en recursos por consultas y atención hospitalaria; de tal forma que considera a un ambiente sano como la base de la salud en la población <sup>(1)</sup>. Siendo bien establecida y justificada por diferentes estudios <sup>(2-3)</sup>, particularmente asociada en los países altamente industrializados con prevalencia durante la vida gestacional y temprana durante el embarazo, que involucran alteraciones en el desarrollo pulmonar y afecciones respiratorias negativas durante el crecimiento del niño. Pocos estudios nacionales han investigado la relación entre la exposición por material particulado (PM10 y PM2.5) y sus efectos sobre la salud, en parte debido al pobre monitoreo y seguimiento continuo de los datos.

Sin embargo, algunas ciudades como Bogotá y Medellín han demostrado la incidencia de los síntomas respiratorios por exposición a contaminación atmosférica en niños, así como la preocupación por exceder los límites máximos permisibles establecidos por la organización mundial de la salud <sup>(4-5)</sup>. Así mismo, se ha

determinado que sus causas dependen de las emisiones a la atmósfera emitidas por diferentes fuentes, siendo los vehículos automotores y las instalaciones industriales las fuentes primordiales de contaminantes que más inciden en la calidad del aire <sup>(6-7)</sup>. En consecuencia, se justifica el interés por organizaciones mundiales como la OMS, Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD); y del estado (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Sistema Nacional Ambiental (SINA), Ministerio de Salud y Ministerio de Transporte; que en conjunto, crean y promueven instrumentos de planificación y políticas establecidas en el marco por cumplir los objetivos para la agenda 2030, acuerdos de la COP 21 <sup>(8)</sup>, Plan Nacional de Desarrollo (PND); junto con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) <sup>(9)</sup>.

La ciudad de San José de Cúcuta reporta el Índice de Calidad Ambiental Urbano (ICAU) bajo <sup>(10)</sup>, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en su informe Nacional de Calidad Ambiental lo establece con un puntaje de 6.5; dentro del indicador se valora el estado de calidad del aire, el cual no cumple con el criterio de representatividad temporal como mínimo del 75% en el seguimiento y reporte de datos según lo definido por el IDEAM <sup>(11)</sup>. De

igual forma, se señala que la contaminación del aire es producto de fuentes fijas (fábricas de productos de arcilla, cerámica, trituradoras, tintorerías, industrias procesadoras de arroz, etc.) y fuentes móviles que constituyen un alto volumen en la flota vehicular <sup>(11)</sup>. Esta última, recobrando gran importancia en cuanto a la gran atribución que toma al representar el 80% de las emisiones <sup>(12)</sup>. Sin embargo, cabe señalar que el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 ha venido contribuyendo con el proceso de implementación del Sistema Integral de Transporte Masivo (SITM) para ciudades de más de 600.000 habitantes <sup>(13)</sup>, razón por la cual el área metropolitana de Cúcuta hizo parte de la vinculación en la política pública de transporte urbano <sup>(14)</sup>, con el objeto de atender las necesidades de movilidad bajo criterios de eficiencia operativa, económica y dirección de estudios ambientales <sup>(15)</sup>, que reduzcan de la misma forma los niveles de contaminación atmosférica y aumente la accesibilidad y movilidad de la población.

No obstante, el CONPES 3946 señala la no inclusión del municipio de Cúcuta al no cumplir con los requisitos estipulados en la Ley 310 de 1996 y el Documento CONPES 3368 de 2005 <sup>(13)</sup>, lo cual refleja como las capacidades técnicas actuales en el municipio desfavorecen la gestión ambiental urbana. Bajo esta contextualización, se plantea la necesidad de realizar un estudio de análisis que busque determinar la relación existente entre la calidad del aire y la incidencia de enfermedades respiratorias en el municipio de Cúcuta, basado en la información obtenida de la percepción ciudadana, junto con la red de monitoreo de calidad del aire de Cúcuta y la base de datos del Instituto Municipal de Salud (IMSALUD) y el Instituto Departamental de Salud (IDS).

## 2. Metodología

Este estudio se desarrolló a través del diseño e implementación de una encuesta de percepción ciudadana aplicada en el mes de junio de 2018

en el municipio de San José de Cúcuta (capital del departamento de Norte de Santander - Colombia). El enfoque de la investigación fue correlacional y descriptivo, que tuvo como variables la percepción de la calidad del aire y la percepción de la incidencia de enfermedades respiratorias; permitiendo conocer el grado de asociación entre estas variables tal como lo describe Sampieri <sup>(16)</sup>, mediante el método de análisis estadístico coeficiente Chi Cuadrado ( $X^2$ ). En adición, se realizó el levantamiento y análisis de información sobre calidad del aire e incidencia de enfermedades respiratorias a partir instituciones como la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR), el IDS e IMSALUD.

### 2.1. Encuesta de Percepción ciudadana

La Encuesta de Percepción Ciudadana diseñada se describe en el Cuadro 1.

**Tabla 1.** Encuesta de Percepción Ciudadana (variables de estudio).

Variable	N.º Pregunta	Opciones
Percepción de la incidencia de enfermedades respiratorias	(4) ¿Usted es fumador activo?	Si o No
	(5) ¿Usted ha fumado en algún momento de su vida?	Si o No
	(7) ¿En los últimos cinco años, usted o algún residente de esta casa ha padecido alguna de estas enfermedades?	Asma, Neumonía, IRA, Cáncer de pulmón, enfermedades cardíacas o ninguna
	(8) ¿En el último año usted ha sufrido de algún problema de salud con un diagnóstico médico que lo relacione a la contaminación del	Si o No

Percepción de la calidad del aire	
aire?	
(3) ¿Cuál es la fuente más importante de contaminación que usted ve a diario?	Transporte pesado, vehículos livianos o chimeneas del sector industrial
(9) ¿Usted ha sufrido alguna de las siguientes molestias en el último año?	Olores ofensivos; ruido excesivo; MP por transporte automotor; MP por vías y canchas sin pavimentar; chimeneas e industrias; polvo, ceniza y quema de basura o ninguna

Fuente de Información: Encuesta de Percepción Ciudadana 2018

El diseño de esta encuesta se realizó en el marco de la Mesa de Calidad del Aire de Norte de Santander, órgano asesor gubernamental creado por el Consejo Territorial de Salud Ambiental (COTSA) mediante el Decreto 1144 del 2016; la cual está conformada por autoridades ambientales (CORPONOR), de salud (IDS, Secretaria Municipal de Salud), públicas (Gobernación de Norte de Santander) y de la academia en la región (Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS), Universidad Simón Bolívar (USB) y SENA).

## 2.2. Aplicación de Encuesta de Percepción ciudadana

La encuesta fue aplicada en el mes de junio de 2018, sobre una muestra seleccionada en el municipio de San José de Cúcuta, correspondiente a un total 936 encuestas (tomando como unidad muestral la vivienda) y definida por la Mesa de Calidad del Aire de Norte de Santander. La selección de las viviendas a encuestar se realizó de forma No

Probabilística, usando como criterios la ubicación geográfica, flujo vehicular, cercanía de zonas industriales y calles sin pavimentar, atendiendo lo definido por Sampieri <sup>(16)</sup>.

Los barrios encuestados corresponden a El Cerrito, Urbanización Ríveras del Este, El Progreso, Nuevo Escobal, La Primavera y Antonia Santos. La Figura 1 proporciona información sobre la distribución de las encuestas en los barrios seleccionados.

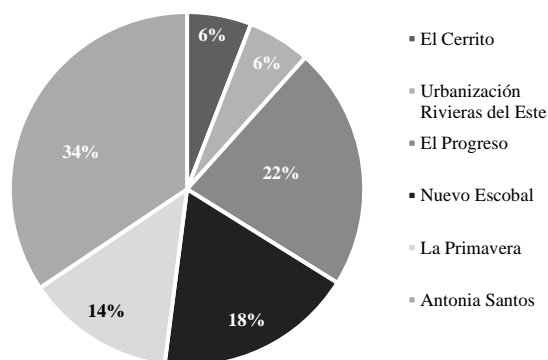


Figura 1. Distribución de encuestas por Barrios.

Fuente de Información: Encuesta de Percepción Ciudadana 2018

## 2.3. Determinación de la Relación Entre Calidad de Aire y Enfermedad Respiratoria – Percepción Ciudadana

Se calcularon las estadísticas descriptivas de las variables seleccionadas y se exploró la relación existente entre la calidad del aire y la incidencia de enfermedades respiratorias (se analizaron variables adicionales como el consumo de tabaco en la población y enfermedades cardíacas). De la misma forma, se calculó la relación entre las fuentes de contaminación y las molestias por contaminación atmosférica en la población. Para evaluar los datos se hizo un análisis de relación por el método chi-cuadrado.

Inicialmente, para evaluar la asociación entre la percepción de la contaminación atmosférica y la incidencia de enfermedades respiratorias se aplicó la metodología Coeficiente Chi-Cuadrado (X<sup>2</sup>) con un nivel de significancia del 5%, la

cual establece una tabla o tabulación cruzada como lo señala Sampieri <sup>(16)</sup>, que permite aceptar o no la hipótesis planteada: la incidencia de enfermedades respiratorias en los habitantes del municipio de San José de Cúcuta tiene una relación dependiente con la calidad del aire.

Para la creación de las tablas cruzadas se subdividieron las variables de estudio: (1) percepción de la calidad del aire: conformada por la relación entre las preguntas 3 y 9 referentes a las fuentes y molestias por contaminación atmosférica y (2) percepción en la incidencia de enfermedades, estructurada por la pregunta 7 referente a una afectación por enfermedades.

#### **2.4. Recolección y Análisis de Información Sobre Incidencia de Enfermedades Respiratorias y Calidad del Aire**

Finalmente, se realizó el levantamiento y análisis de correlación de la información sobre la carga de morbilidad de enfermedades respiratorias en el área de estudio (la cual fue suministrada por el IDS e IMSALUD) y la información sobre la calidad del aire en el municipio de San José de Cúcuta (registros suministrados por CORPONOR).

##### **2.4.1. Información Sobre Carga de Morbilidad**

El Instituto Departamental de Salud (IDS), suministró la base de datos del Sistema Integral de Información de la Protección Social (SISPRO), dentro de los cuales se analizan los Registros Individuales de Prestación de Servicios de Salud (RIPS) para el periodo 2009-2016 por carga de morbilidad en enfermedades respiratorias; y el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) que presenta el comportamiento por notificación de Infección Respiratoria Aguda (IRA) en el departamento Norte de Santander, vigencia

2016-2017. Adicionalmente, los Boletines Epidemiológicos Semanales (BES) del año 2017 permitieron analizar la carga de morbilidad para el departamento.

En cuanto a la red prestadora de servicio IMSALUD, suministró los registros del periodo 2016-2017. De ahí, se seleccionaron los institutos de prestación de servicio de salud (IPS) más cercanos a las zonas de objeto de estudio: IPS Policlínico, IPS Palmeras, IPS Belisario, IPS Los Olivos, IPS Claret, IPS El Cerrito e IPS San Martín. Así mismo, se realizó una clasificación de las enfermedades respiratorias: Rinofaringitis Aguda (J00), Faringitis Aguda (J029), Rinitis Alérgica (J034), Amigdalitis Aguda (J039), Infección Aguda de las Vías Respiratorias Superiores (J069), Bronquitis Aguda (J209), Infección Aguda de las Vías Respiratorias Inferiores (J22), Faringitis Crónica (J312) y Asma (J459); sub-clasificados por grupo etario (<1 año, 1-4 años, 5-14 años, 15-44 años, 45-59 años y ≥60 años) que permiten observar un análisis por enfermedad y grupo etario.

##### **2.4.2. Información Sobre Calidad del Aire**

Se trabajó con la información de calidad del aire correspondiente a la red de monitoreo de CORPONOR. La Figura 2 presenta la ubicación de las estaciones que conforman la red del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) de Cúcuta y las zonas de estudio.

Las concentraciones de material particulado (PM10) se obtuvieron para los meses mayo - julio 2018. La descarga de información fue obtenida para dos de las estaciones de la red del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) de Cúcuta, correspondiente a la estación Ecolba (Salado, Colegio Eustorgio Colmenares Baptista) y Policía Nacional Atalaya (Ciudadela de Juan Atalaya, Comando de Policía, sector B. Comuneros), ya que estas se encuentran cercanas a las zonas de estudio. El monitoreo de los



contaminantes se efectuó por medio de un equipo muestreador activo Hi-Vol (PM10), el cual solo permite la toma de mediciones para material particulado menor a 10 micrómetros por un periodo de 24 horas <sup>(17)</sup>. Las mediciones de concentración de PM10 fueron registradas en microgramos por metro cúbico ( $\mu g/m^3$ ) como lo exige la resolución 2254 del 2017, permitiendo valorar el índice de calidad del aire <sup>(18)</sup>. Finalmente, se evaluó el comportamiento de los meses mayo - julio 2018 con WRPLOT View- Freeware para la estación Policía Nacional Atalaya, al ser la única que soporta el registro continuo en las variables meteorológicas (dirección y velocidad del viento).

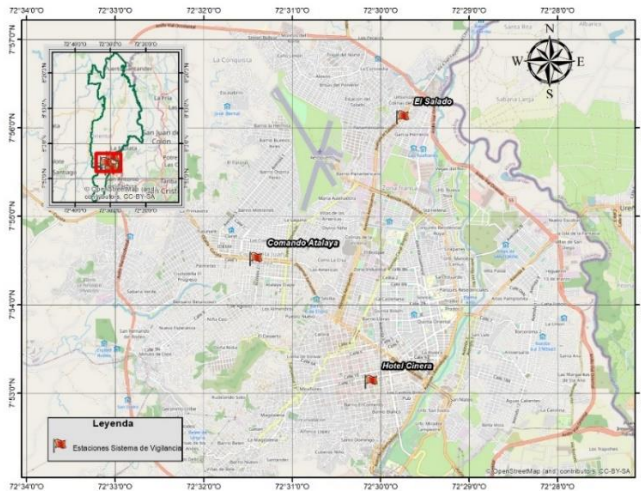


Figura 2. SVCA de Cúcuta

### 3. Resultados y discusión

Para determinar la relación entre la calidad de aire en el municipio de San José de Cúcuta y la incidencia de enfermedades respiratorias en la población, se analizaron dos tipos de información: 1) información sobre percepción ciudadana respecto a estas variables (encuesta de percepción) y 2) información sobre incidencia de enfermedades respiratorias y calidad del aire a partir de fuentes oficiales de información (autoridad ambiental y de salud).

### 3.1. Determinación de la Relación Entre Calidad de Aire y Enfermedad Respiratoria – Percepción Ciudadana

Con el fin de establecer la relación entre la calidad de aire y la incidencia de enfermedades respiratorias a partir de la encuesta de percepción ciudadana, descartando factores ajenos a la contaminación atmosférica que pueden incidir en la aparición de estas enfermedades, se inició el análisis evaluando el consumo de tabaco como una posible causa de enfermedades respiratorias, toda vez que su relación está ampliamente demostrada según Carreras et al <sup>(19)</sup> y los Países de la Unión Europea <sup>(20)</sup>.

Los resultados obtenidos en la aplicación de la Encuesta de Percepción Ciudadana indican que el 25% de la población que consume tabaco afirma presentar o haber presentado incidencia de enfermedades respiratorias derivadas del consumo de cigarrillo; resalta el barrio El Cerrito con un 73% de la población encuestada con respuesta positiva en comparación con los otros barrios que presentan un menor porcentaje (Figura 3). Estos resultados coinciden con lo encontrado por Wang et al <sup>(20)</sup>, quienes establecieron una mayor probabilidad de aparición de enfermedades respiratorias en la población de fumadores frente a los no fumadores.

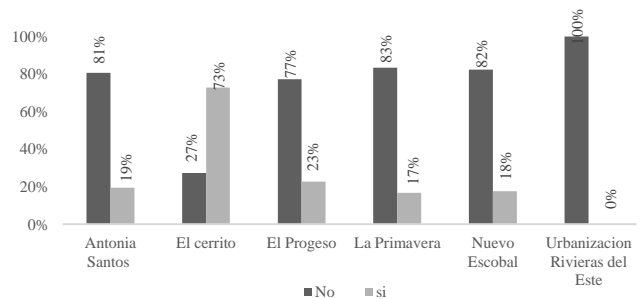
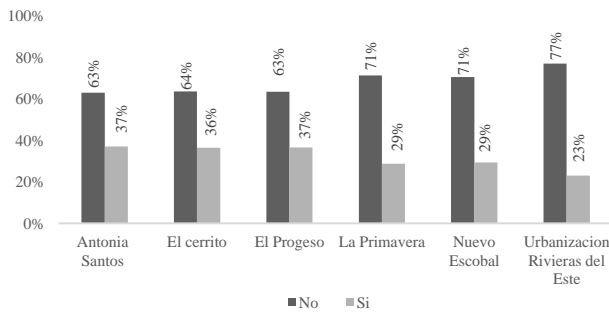


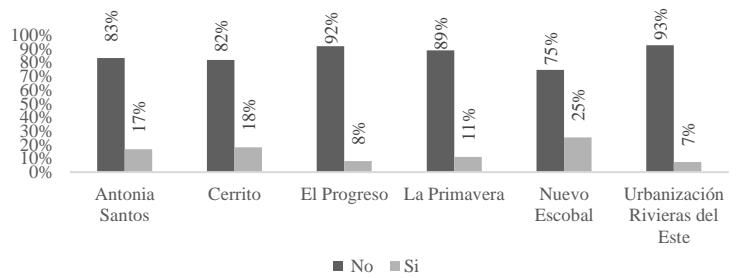
Figura 3. Percepción Relación entre Fumadores Activos y Enfermedades Respiratorias y Cardíacas. Fuente: Encuesta de Percepción Ciudadana 2018

En contraposición a este resultado, en la Figura 4 se presenta el comportamiento de morbilidad por enfermedades respiratorias en habitantes que manifestaron no ser fumadores activos, encontrándose que el 34% de la población no fumadora dice tener o haber tenido enfermedades respiratorias en los últimos cinco años. Esto evidencia que si bien el consumo de tabaco es un factor que aumenta la probabilidad de sufrir enfermedades respiratorias, existen factores adicionales que aumentan el riesgo de que se presenten, como la contaminación atmosférica según lo plantean Yang et al <sup>(21)</sup>, Wang <sup>(22)</sup> y Hachem <sup>(23)</sup>.



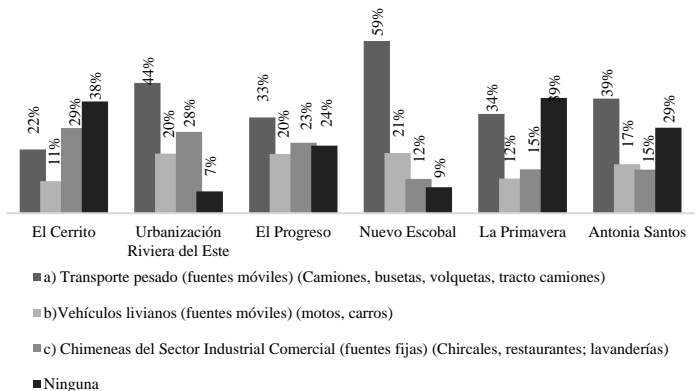
**Figura 4.** Percepción Morbilidad Enfermedades Respiratorias en NO fumadores. Fuente: Encuesta de Percepción Ciudadana 2018

Ahora, al preguntar a la población sobre problemas de salud (enfermedades respiratorias) padecidos en el último año con un diagnóstico médico que se pueda asociar a una deficiente calidad del aire, el 15% de la población manifiesta presentar algún diagnóstico médico relacionado con condiciones de contaminación atmosférica, tal como se muestra en la Figura 5. Esto coincide con Bonyadi et al <sup>(24)</sup>, quienes encontraron que la exposición a corto plazo a los contaminantes del aire ambiental está estrechamente relacionada con las enfermedades respiratorias agudas.



**Figura 5.** Diagnóstico médico problemas de salud relacionado con la contaminación del aire. Fuente: Encuesta de Percepción Ciudadana 2018

Una vez identificada la relación entre la percepción de la deficiente calidad del aire y la incidencia de enfermedades respiratorias en la población evaluada, se consultó sobre la percepción de las personas sobre la fuente más importante de contaminación en su entorno. Los resultados indican que el 40% de la población considera que el transporte pesado y las fuentes móviles son la fuente de contaminación más importante que ven a diario (Figura 6). Esta preocupación frente al transporte pesado y las fuentes móviles de contaminación puede deberse a que los barrios evaluados se encuentran ubicados cerca de vías troncales (principales).



**Figura 6.** Percepción Principales Fuentes de Contaminación Atmosférica. Fuente: Encuesta de Percepción Ciudadana 2018.

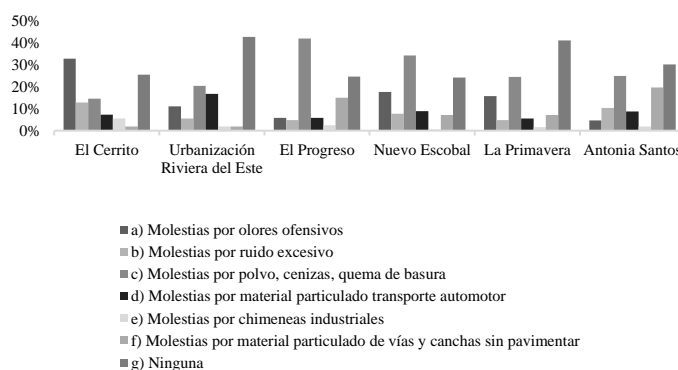


Otra fuente de contaminación que se destaca como generadora de molestias en la población corresponde a las chimeneas del sector industrial y comercial, que en el caso de San José de Cúcuta corresponde a chircales (nombre dado en la población a industrias dedicadas a la producción de derivados de materiales arcillosos), restaurantes y lavanderías, que son las actividades que prevalecen en la ciudad. Adicionalmente, se menciona que una porción de la población manifiesta no tener problemáticas de contaminación atmosférica, pero se debe a condiciones particulares de los sectores que habitan.

Así mismo, se indago sobre los contaminantes atmosféricos que generan mayores molestias entre la población, encontrándose que el polvo, las cenizas y la quema de basura son los motivos más recurrentes de queja en la ciudadanía (29%), por generarse de forma indiscriminada en cercanías a los sitios de vivienda y no lograrse una dispersión efectiva de los mismos antes de la exposición de las personas. Otros causantes de molestias identificados por la población son las vías sin pavimentar y canchas de fútbol para los barrios Antonia Santos, el Progreso y la Primavera (asociados a las condiciones de viento que se presentan en la ciudad y que generan re-suspensión de polvo); y olores ofensivos el barrio el Cerrito, ocasionado posiblemente por la actividad de curtido de cuero que se realiza en las cercanías (Figura 7).

De esta manera, la encuesta de Percepción Ciudadana evidencia que entre la población encuestada se presentan molestias de polución por fuentes de contaminación atmosférica (73%) y que los habitantes relacionan estas condiciones con enfermedades respiratorias en un 25% para la población que consume tabaco y en un 34% para la población no fumadora. Estos resultados indican una relación entre deficiencias en la calidad de aire y la incidencia de enfermedades respiratorias, concordando con lo encontrado por

diferentes investigaciones Hachem et al <sup>(23)</sup>, Chen et al <sup>(25)</sup> y Brito et al <sup>(26)</sup>.



**Figura 7.** Percepción Causas de Molestias por Contaminación Atmosférica. Fuente: Encuesta de Percepción Ciudadana 2018.

### 3.1.1. Asociación Entre las Variables Percepción de la Calidad del Aire e Incidencia de Enfermedades Respiratorias

Con el fin de establecer la asociación entre las variables de percepción de incidencia de enfermedades respiratorias y de percepción de la calidad del aire, se aplicó una prueba de Coeficiente Chi-Cuadrado ( $X^2$ ) con un nivel de significancia del 5%. Se contrastaron los resultados obtenidos sobre percepción de las fuentes y molestias por contaminación atmosférica y percepción por afectación de enfermedades respiratorias. La Tabla 2 presenta la relación entre las variables de estudio obtenidas de la Encuesta Percepción Ciudadana.

**Tabla 2.** Prueba Chi-Cuadrado ( $X^2$ ).

Barrio	Prueba Chi ( $X^2$ )	%
Antonia Santos	0,034	3,4
El Cerrito	0,061	6,1
El Progreso	0,001	0,1
La Primavera	0,121	12,1
Nuevo Escobal	0,622	62,2
Urb. Rivieras del este	1,000	100
<b>TOTAL</b>	<b>0,000</b>	<b>0</b>

De acuerdo a la asociación establecida y con un valor de significancia por debajo del 5%, es aceptada la hipótesis de que la incidencia de enfermedades respiratorias en los habitantes del municipio de San José de Cúcuta tiene una relación dependiente con la calidad del aire.

Esta prueba permitió determinar que la percepción de incidencia de enfermedades respiratorias es significativamente mayor en personas que perciben la presencia de alguna fuente o molestia por contaminación atmosférica cerca de su lugar de vivienda. Los resultados son estadísticamente significativos en mayor proporción para los barrios Antonia Santos y el Progreso, y en menor proporción para los barrios restantes. Esto se ajusta nuevamente a lo reportado por Hachem et al <sup>(23)</sup>, Chen et al <sup>(25)</sup> y Brito et al <sup>(26)</sup>.

### 3.2. Análisis de Información Sobre Incidencia de Enfermedades Respiratorias y Calidad del Aire

A partir de la información sobre la carga de morbilidad de enfermedades respiratorias en el área de estudio (suministrada por el IDS e IMSALUD) y sobre la calidad del aire en el municipio de San José de Cúcuta (suministrada por CORPONOR), se hizo un análisis de correlación con el fin de verificar la hipótesis de que la incidencia de enfermedades respiratorias en los habitantes del municipio de San José de

Cúcuta tiene una relación dependiente con la calidad del aire.

En tal sentido, la Figura 8 presenta los registros de consulta externa por grupo etario (con Rinofaringitis Aguda - J00 como principal fuente de atención por consulta externa), en donde se observa una tendencia significativa por atención en pacientes de 15 a 44 años y mayores de 60 años durante el 2016. En cuanto al 2017, las notificaciones por atención predominaron en pacientes de 1 a 14 años, de 5 a 14 años y de 15 a 44 años. Destaca el hecho de que las IPS que reportaron un mayor número reportes fueron IPS los Olivos y Comuneros, que se encuentran ubicadas en los barrios en los que la población manifestó mayores problemáticas de contaminación atmosférica en la encuesta de percepción ciudadana.

Ahora, respecto a los registros por material particulado menor a 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para las estaciones PONAL Atalaya y Ecolba (Figura 9), se compararon los valores reportados frente a la Resolución 2254 del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, observándose que el contaminante  $\text{PM}_{10}$  se encuentra por debajo del nivel máximo permisible ( $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para un tiempo de exposición de 24 horas. Seguidamente, se estableció el índice de calidad del aire (ICA) para las estaciones evaluadas, mostrando un estado de calidad del aire bueno

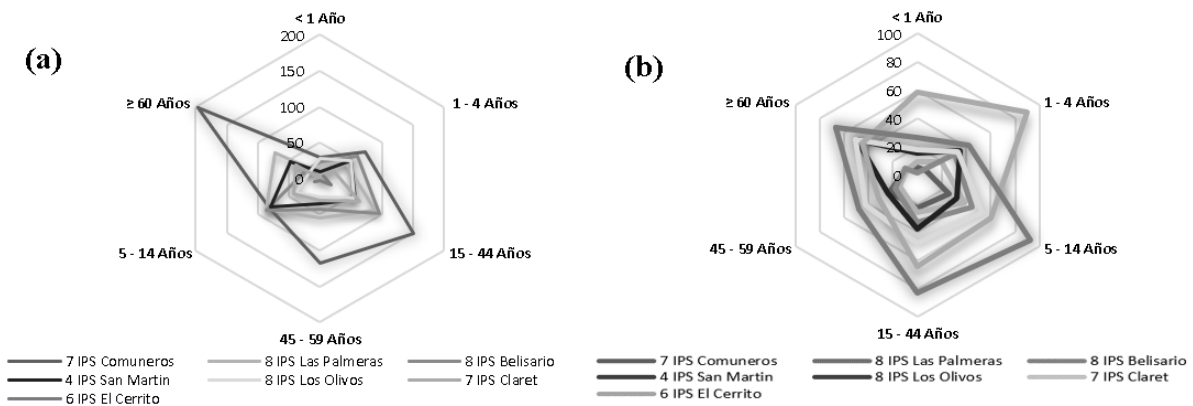
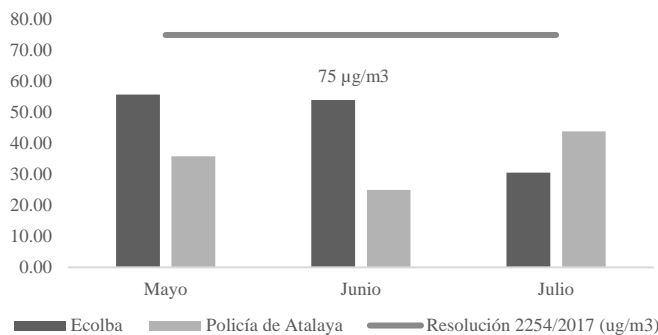


Figura 8. Registro de enfermedades respiratorias de consulta externa por grupo etario ESE IMSALUD, para enero-diciembre en (a) 2016 y (b) 2017. Fuente: Encuesta de Percepción Ciudadana 2018.

según el parámetro de  $PM_{10}$ , lo que fija un riesgo bajo para la salud. No obstante, se aclara que el SVCA de San José de Cúcuta no cumplía para la fecha de los registros con los criterios de parámetros mínimos de medición ( $PM_{2.5}$  y  $O_3$ ) y frecuencia de las mediciones, por lo que se considera que existe incertidumbre al momento de estimar el riesgo para la comunidad frente a la contaminación atmosférica.

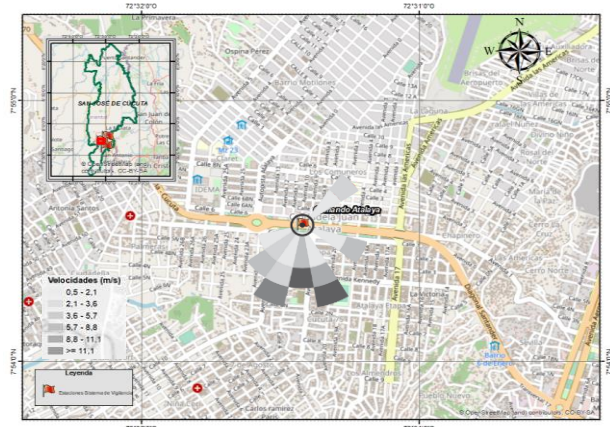


**Figura 9.** Concentración de  $PM_{10}$  en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  estaciones de Monitoreo Cúcuta. Fuente de Información: Registros CORPONOR

Así mismo, se hizo el análisis de las variables meteorológicas que afectan la dispersión y el comportamiento ambiental de este contaminante para la estación PONAL Atalaya (velocidad y dirección del viento). Los resultados evaluados mostraron una asociación inversa entre la velocidad del viento y la concentración de material particulado ( $PM_{10}$ ), donde se demostró que en velocidades altas la dispersión del contaminante es mayor y la concentración del agente contaminante es menor, lo cual coincide con lo reportado por Reiminger et al <sup>(28)</sup> y Tsai et al <sup>(28)</sup>.

Con esta información se estimó la rosa de los vientos para el periodo de análisis (Figura 10), encontrando que los vientos y el arrastre del agente contaminante  $PM_{10}$  estuvieron direccionados hacia los barrios Claret, Comuneros, Palmeras, Atalaya, Doña Ceci, Los Alpes y Cúcuta 75, presumiéndose una mayor

concentración final en estos barrios (el SVCA de San José de Cúcuta no permite confirmar esta apreciación). Se destaca que las velocidades del viento variaron entre 0,5-5,7 m/s, que conduce a un desplazamiento bajo del agente contaminante  $PM_{10}$  y una acumulación en los barrios receptores, según lo describe Reiminger et al <sup>(28)</sup> y Tsai et al <sup>(28)</sup>.



**Figura 10.** Rosa de los vientos, estación Comando Atalaya (mayo-julio/2018).

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos del análisis de información sobre incidencia de enfermedades respiratorias y calidad del aire para el municipio de San José de Cúcuta, se encontró que existe una coincidencia entre las zonas en donde hubo un mayor número reportes de enfermedades respiratorias en los habitantes, con los barrios en los cuales las condiciones meteorológicas promueven una mayor concentración de  $PM_{10}$  (rosa y dirección de vientos). Este resultado coincide en términos generales con lo encontrado en los análisis de percepción ciudadana sobre estas variables para la zona de estudio y con lo reportado por Yang et al <sup>(21)</sup>, Wang <sup>(22)</sup> y Hachem <sup>(23)</sup>, en lo que se refiere a la relación entre enfermedades respiratorias y calidad del aire.

#### 4. Conclusiones

El estudio de la relación entre la calidad del aire y la incidencia de enfermedades respiratorias en el municipio de Cúcuta, a partir de información de percepción ciudadana y de fuentes oficiales de información para estas variables, permitió establecer que la incidencia de enfermedades respiratorias en los habitantes del municipio si tiene una relación dependiente con la calidad del aire.

Así mismo, se determinó que la percepción de incidencia de enfermedades respiratorias es significativamente mayor en personas que perciben la presencia de alguna fuente o molestia por contaminación atmosférica cerca de su lugar de vivienda. Siendo los mayores causantes de molestias las fuentes móviles por transporte automotor pesado, polvo, ceniza, quema de basura y material particulado de vías y canchas sin pavimentar.

Finalmente, se encontró que las zonas en donde hubo un mayor número reportes de enfermedades respiratorias en los habitantes coinciden con los barrios en los cuales las condiciones meteorológicas promueven una mayor concentración de PM<sub>10</sub> (rosa y dirección de vientos), con lo cual se reafirma que la incidencia de enfermedades respiratorias tiene una relación dependiente con la calidad del aire.

## 5. Declaración de Financiación

La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de ninguna entidad.

## 6. Referencias

(1) Valls JM. Actualizaciones Efectos de la calidad del aire sobre la salud. Formación Médica Continuada en Atención Primaria. 2017;24(9):511-514. <https://doi.org/10.1016/j.fmc.2017.03.004>

- (2) Deng Q, Deng L, Lu C, Li Y, Norbäck D. Parental stress and air pollution increase childhood asthma in China. *Environ. Res.* 2018;165: 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.04.003>.
- (3) Cruz MJ, Romero-Mesones C, Muñoz X. ¿Puede la contaminación ambiental causar asma? *Arch. Bronconeumol.* 2018;54(3):121–122. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2017.08.008>.
- (4) Ortiz-Durán EY, Rojas-Roa NY. Estimación de los beneficios económicos en salud asociados a la reducción de PM<sub>10</sub> en Bogotá TT. *Rev Salud Publica.* 2013;15(1):90–102.
- (5) Rodríguez-Moreno N, Martínez-Morales V, Sarmiento-Suarez R, Medina-Palacios K, Hernández L. Factores de riesgo para enfermedad respiratoria en población de 5 a 14 años de una Localidad de Bogotá, 2012-2013. *Rev. Salud.* 2013;15(3):408–420.
- (6) OMS. Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. 2018 [citado 23 de abril de 2018]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- (7) Ubilla C, Yohannessen K. Contaminación Atmosférica Efectos En La Salud Respiratoria En El Niño. *Rev. Médica Clínica Las Condes.* 2017;28(1):111–118. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.12.003>.
- (8) Arbeláez CG, López GV, Higgins M Lou, Escobar EM. El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático. 1ed. Cali, Colombia: WWF-Colombia; 2016. 52 p. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/images/>

- cambioclimatico/pdf/colombia\_hacia\_la\_COP21/el\_acuerdo\_de\_paris\_frente\_a\_cambio\_climatico.pdf.
- (9) DNP. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático [Internet]. Bogota; 2020 [citado el 12 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://www.dnp.gov.co/programas/ambiente/CambioClimatico/Paginas/Plan-Nacional-de-Adaptacion.aspx#:~:text=Plan Nacional de Adaptación,-Contenido de la&text=El Plan Nacional de Adaptación,la transformación gradual del clima.&text=El DNP es coordinador del,de Ambiente y Desarrollo Sostenible.>
- (10) Arteaga AD, Granados S, Barahona AS. Informe Nacional De Calidad Ambiental Urbana. Bogota; MINAMBIENTE. 2015. Disponible en: [http://capacitacion.siac.ideam.gov.co/SIAC/INFORME\\_CALIDAD\\_AMBIENTAL\\_URBANA.pdf](http://capacitacion.siac.ideam.gov.co/SIAC/INFORME_CALIDAD_AMBIENTAL_URBANA.pdf).
- (11) Acosta PA. Informe Del Estado de los recursos Naturales y del Medio Ambiente Municipio San Jose De Cúcuta. Control Fisc. Efec. y Proac. 2017. 8 p.
- (12) IDEAM. Informe Del Estado De La Calidad Del Aire En Colombia 2017. 1<sup>ra</sup> ed. Bogotá D.C.: IDEAM; 2018.
- (13) Consejo Nacional de Política Económica y Social. República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación. [CONPES 3946] Bogotá D.C.; 2018.
- (14) Departamento Nacional de Planeación. [DNP]. Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. 636 p. [citado el 12 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/PND%202014-2018%20Tomo%201%20internet.pdf>.
- (15) Carrillo G. Sistemas Integrados de Transporte Masivo en Colombia: Avances, Retos y Perspectivas en el Marco de la Política Nacional de Transporte Urbano. Bogotá D.C; Contraloría General de la República. 2010.
- (16) Sampieri R, Collado C, Lucio P. Metodología de la investigación. 4ta ed. McGraw Hill. México D.F.; 2006.
- (17) Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. 2010 [citado 23 de abril de 2018]. Disponible en: [https://oab.ambientebogota.gov.co/?post\\_type=dln\\_download&p=3768](https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dln_download&p=3768).
- (18) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. “Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones” [Resolución 2254 de 2017] Bogotá D.C.; 2017.
- (19) Carreras G, Lachi A, Cortini B, Gallus S, López MJ, López-Nicolás Á. Castillo EG. Burden of disease from second-hand tobacco smoke exposure at home among adults from European Union countries in 2017: an analysis using a review of recent meta-analyses. Preventive Medicine. 2021;145(June 2020):106412. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2020.106412>.
- (20) Wang J, Janson C, Jogi R, Forsberg B, Gislason T, et. al. A prospective study on the role of smoking, environmental tobacco smoke, indoor painting and living in old or new buildings on asthma, rhinitis and respiratory symptoms. Environmental Research. 2021;192:110269. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110269>.



- (21) Yang H, Yan C, Li M, Zhao L, Long Z, et. al. Short term effects of air pollutants on hospital admissions for respiratory diseases among children: A multi-city time-series study in China. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2021;231(September 2020): 113638. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113638>.
- (22) Wang Z, Zhou Y, Zhang Y, Huang X, Duan X, et. al. Association of change in air quality with hospital admission for acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease in Guangdong, China: A province-wide ecological study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021; 208(November 2020): 111590. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111590>.
- (23) Hachem M, Loizeau M, Saleh N, Momas I, Bensefa-Colas L. Short-term association of in-vehicle ultrafine particles and black carbon concentrations with respiratory health in Parisian taxi drivers. *Environment International* 2021;147: 106346. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106346>.
- (24) Bonyadi Z, Arfaeinia H, Fouladvand M, Farjadfard S, Omidvar M, et. al. Impact of exposure to ambient air pollutants on the admission rate of hospitals for asthma disease in Shiraz, southern Iran. *Chemosphere*. 2021;262:128091. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128091>.
- (25) Chen YT, Liu CL, Chen CJ, Chen MH, Chen CY, et. al. Association between short-term exposure to air pollution and sudden infant death syndrome. *Chemosphere*. 2021;271:129515. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129515>.
- (26) Brito J, Bernardo A, Zagalo C, Gonçalves LL. Quantitative analysis of air pollution and mortality in Portugal: Current trends and links following proposed biological pathways. *Science of the Total Environment*. 2021;755(Part 1):142473. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142473>.
- (27) Reiminger N, Jurado X, Vazquez J, Wemmert C, Blond N, et. al. Methodologies to assess mean annual air pollution concentration combining numerical results and wind roses. *Sustainable Cities and Society*. 2020;59(April):102221. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102221>.
- (28) Tsai CW, Hsiao YR, Lin ML, Hsu Y. Development of a noise-assisted multivariate empirical mode decomposition framework for characterizing PM 2.5 air pollution in Taiwan and its relation to hydro-meteorological factors. *Environment International*. 2020;139(April):105669. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105669>.