

## **Enfermedades respiratorias en menores de cinco años y contaminación atmosférica por PM10 en cuatro comunas del oriente de Cali-Colombia**

Respiratory diseases in children under five years of age and air pollution by PM10 in four communes in eastern Cali-Colombia

Título abreviado: PM10 y enfermedades respiratorias en menores de Cali.

Genny Virginia Martínez <sup>1</sup>

Jorge Alirio Holguín-Ruiz <sup>1</sup>

Martha Faride Rueda Mayorga <sup>1</sup>

Freddy Enrique Agredo-Lemos <sup>1</sup>

Mauricio Hernández-Carrillo <sup>1</sup>

1. Secretaria de Salud Distrital de Santiago de Cali.

### **Correspondencia:**

Mauricio Hernández Carrillo, Carrera 79B # 9-18, Cali, Colombia. Teléfono: 3002733699, mauriciohc@gmail.com

### **Resumen**

**Antecedentes:** Las enfermedades respiratorias agudas son una de las principales causas de morbi-mortalidad en niños menores de cinco años y el aumento notable en el número de casos está asociado principalmente a la elevada concentración de partículas contaminantes en el ambiente, entre ellos, material particulado PM10.

**Objetivo:** Describir la distribución geográfica de las enfermedades respiratorias en menores de cinco años y la concentración de material particulado PM19 en tres comunas del municipio de Cali durante el año 2015.

**Métodos:** Estudio descriptivo retrospectivo. Utilizando base de datos secundaria de la secretaria de salud pública distrital se describieron los casos de enfermedad respiratoria ERA, presentados durante el año 2015. Se elaboraron mapas de geo-referenciación.

**Resultados:** Se encontró que las estaciones de monitoreo de Compartir y Navarro son las que mayores niveles de PM10 aportan en la ciudad, con promedios de 56.98 y 50.53 respectivamente. Entre las 06:00 y hasta las 09:00 horas se presentó durante el año 2015, en total, los principales niveles promedio de PM10 en el municipio de Cali.

**Conclusión:** Se deben tomar medidas que permitan disminuir los niveles de contaminación, principalmente en Compartir y Navarro. Adicionalmente la variabilidad entre las mediciones del día es muy alta, lo cual dificulta obtener mediciones estables que permitan generar estudios analíticos que puedan establecer con mayor precisión el riesgo atribuible a la contaminación ambiental en relación con la enfermedad respiratoria en los menores de cinco años.

**Palabras clave:** Contaminantes del Aire, Material Particulado, Salud pública, Colombia, Enfermedades Respiratorias, Menores.

## **Abstract**

**Background:** Acute respiratory diseases are one of the main causes of morbidity and mortality in children under five years of age and the notable increase in the number of cases is mainly associated with the high concentration of polluting particles in the environment, including particulate matter. PM10.

**Objective:** Describe the geographical distribution of respiratory diseases in children under five years of age and the concentration of PM19 particulate matter in three communes of the municipality of Cali during 2015.

**Methods:** Retrospective descriptive study. Using a secondary database from the district public health secretary, cases of ERA respiratory disease, presented during 2015, were described. Geo-referencing maps were prepared.

**Results:** It was found that the Compartir and Navarro monitoring stations are the ones that contribute the highest levels of PM10 in the city, with averages of 56.98 and 50.53 respectively. Between 06:00 and 09:00, the main average levels of PM10 in the municipality of Cali were presented in total during 2015.

**Conclusion:** Measures must be taken to reduce pollution levels, mainly in Share and Navarro. Additionally, the variability between measurements of the day is very high, which makes it difficult to obtain stable measurements that allow

generating analytical studies that can more accurately establish the risk attributable to environmental pollution in relation to respiratory disease in children under five years of age.

**Key words:** Air Pollutants, Particulate Matter, Public Health, Colombia, Respiratory Tract Diseases, Minors.

## **Introducción**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que en el mundo ocurren cerca de 800 mil muertes prematuras cada año debido a inadecuada exposición a partículas de compuestos contaminantes del aire en exteriores (1). Gran parte de la contaminación atmosférica proviene de diferentes actividades antropogénicas, donde una variedad de fuentes fijas y móviles que liberan al aire contaminantes como: monóxido de carbono (CO), Óxidos de Azufre (SO<sub>x</sub>), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>) y Material Particulado (PM) (2). Por todo esto la contaminación atmosférica constituye un problema de salud pública ambiental, ya que afecta la supervivencia y calidad de vida de los seres humanos.

Los agentes contaminantes como el material particulado (PM) tienen una repercusión directa sobre la salud respiratoria y actualmente es uno de los principales agentes de interés por el alto riesgo que produce sobre la población expuesta. Cada día una persona respira un promedio de volumen de aire de 12000 litros (12 m<sup>3</sup>) (3). La calidad de aire que respiramos y que puede estar contaminado por el tráfico automovilístico, actividades del hogar, ventas informales, la industria y agroindustria, determinan de manera importante nuestra salud.

Las partículas de fracción respirable menores a 10 µm (PM<sub>10</sub>), las cuales se depositan exclusivamente en nariz y garganta e incluso pueden llegar a depositarse en el tracto respiratorio. Las partículas de menor tamaño correspondientes a 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>) son las que afectan en mayor grado la salud humana, al alojarse en bronquiólos respiratorios y región alveolar (Sbarato, 2009) & (Rojas & Garibay, 2009)

La medición de los efectos en salud por la contaminación debida a material particulado es un tema que cada vez cobra más vigencia y diversos estudios muestran una creciente evidencia de los efectos en morbilidad atendida y mortalidad por material particulado fino (4).

Los estudios usualmente determinan como indicador de exposición el promedio diario de material particulado respirable, lo cual según la Organización Mundial de la Salud (OMS) constituye la guía a corto plazo, y las medias anuales corresponden a las guías a largo plazo. Entonces la OMS establece como guías de calidad de aire para PM10 anual  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 24 horas (5). Esta guía de calidad de aire se fundamenta en la evidencia de otros estudios epidemiológicos donde muestran que a partir de estos valores los efectos en salud aumentan significativamente (6).

La exposición a material particulado puede producir efectos a corto y largo plazo. Se entiende por efectos a corto plazo aquellos eventos de morbilidad o mortalidad que pueden ocurrir en un periodo menor a una semana después de la exposición (7). Esto implica mediciones de exposición con intervalo inferior a una semana, es decir promedios diarios. Los efectos a largo plazo implican mediciones de exposición como las medias anuales.

Existe evidencia de que la contaminación del aire por material particulado (MP) está asociada con enfermedad respiratoria especialmente en niños menores de 5 años (8). Los niños que viven en áreas altamente contaminadas requieren más atención médica por síntomas respiratorios y crisis de asma (9). Está demostrado que la contaminación del aire, especialmente por material particulado disminuye la función pulmonar, produce exacerbaciones de crisis de asma y aumenta las tasas de hospitalización por esta causa (10).

Adicionalmente, dentro de los principales factores que están relacionados con las enfermedades respiratorias se encuentran: las condiciones climáticas como las épocas de incremento de lluvias en la región, y la contaminación atmosférica generada por fuentes móviles, fuentes fijas y por otras actividades regionales

como es el caso del Valle del Cauca en el caso de la contaminación difusa por la cercanía a cultivos de caña y la quema generada para su cosecha en los Municipios Vecinos a Santiago de Cali. La contaminación atmosférica puede ser generada por diferentes tipos de contaminantes que varían según los procesos y fuentes de generación, e influye en la exposición la ubicación de las viviendas en cuanto a la cercanía con las fuentes de contaminación (DKV, 2010).

Por lo anteriormente expuesto este estudio Describe geográficamente las enfermedades respiratorias presentadas en menores de cinco años en las localidades (denominadas comunas en Colombia) con mayores tasas de enfermedad respiratoria y establece la relación con los niveles de concentración de partículas respirables PM10, en Cali durante el año 2015.

### **Materiales y métodos**

Se realizó un estudio descriptivo observacional, utilizando información secundaria disponible de siete, de las diez estaciones de medición de PM10 con las que cuenta el municipio de Cali-Colombia. Esta base de datos se obtuvo utilizando los datos de medición del proceso rutinario que se llevó a cabo durante el año 2015 para monitorear la calidad de aire de la ciudad. El Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire de Cali – SVCASC opera bajo la coordinación y administración del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente –DAGMA, Grupo de Calidad del Aire.

Las estaciones de monitoreo empleadas para la medición de PM10 fueron: La Flora (Barrio La Flora – Zona Norte), ERA–Obrero (Barrio Obrero – Zona Centro), Transitoria EDB–Navarro (Barrio Poblado – Zona Oriente), Pance (Pance – Zona Rural o Punto Blanco), Compartir (Barrio Compartir – Zona Oriente), La Ermita (Barrio San Pedro – Zona Centro), Cañaveralejo (Estación SITM-MIO Cañaveralejo Zona Suroccidente). Fueron excluidas de esta investigación las estaciones: Base Aérea (Acuparque de la Caña – Zona Nororiente) y Univalle (Barrio Meléndez – Zona Sur), dado que no miden PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Figura 1).

De la información en salud, se tuvo en cuenta el monitoreo diario de hospitalizaciones en menores de 5 años por Enfermedades Respiratorias

Agudas – ERA del sistema de vigilancia centinela del Grupo de Salud Ambiental de la Secretaría de Salud Pública Distrital recolectada diariamente en cuatro comunas de la zona oriente de la ciudad, que se consideran las más afectadas según la calidad del aire registrado en las estaciones de monitoreo de Compartir y Navarro (también conocida como estación transitoria), se utilizó la información de seis instituciones Centinela, y los datos reportados al Sistema de Vigilancia en Salud Pública –SIVIGILA, del evento Infección Respiratoria Aguda Grave Inusitada. Se realizó una descripción espacial de los eventos mórbidos respiratorios mencionados (ERA e IRAG inusitada) en menores de cinco años residentes en las comunas 13, 14, 15 y 21 de la ciudad de Cali-Colombia.

### **Plan de análisis**

Se evaluó la normalidad en las mediciones de PM10 en cada una de las estaciones para identificar la forma de análisis de los datos. Posteriormente para la descripción y comparación de la calidad de aire por estación se realizaron gráficos radiales para describir la hora del día en donde se incrementaba el PM10 en la ciudad, se realizaron diagramas de cajas para visualizar como era el comportamiento de la dispersión y centralidad de los datos obtenidos en las siete estaciones de monitoreo, se presentan medidas de tendencia central (media y mediana), obtención de máximos y mínimos y coeficientes de variación para valorar la variabilidad relativa presentada en las mediciones de cada estación.

Para la información de salud, se tuvo en cuenta el número de casos notificados a la Secretaria de Salud Distrital de Cali con las correspondientes direcciones de residencia de los niños menores de 5 años hospitalizados, se realizó el mapa temático de frecuencia de eventos por comunas en ArcGIS y la georeferenciación de los hospitalizados por ERA y casos de IRAG en menores de 5 años con apoyo del Equipo de Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali – IDESC del Departamento Administrativo de Planeación Distrital – DAPM, que entregó la información en capas para ser trabajadas en ArcGIS 10.3 de la Secretaría de Salud Pública Distrital generándose los mapas por comunas con los eventos georeferenciados, incluyendo las capas de delimitación de barrios, comunas, manzanas, vías vehiculares principales y secundarias.

## **Consideraciones éticas**

La investigación se rigió de acuerdo con lo establecido en la resolución 8430 de 1993, del ministerio de salud en Colombia, según el artículo 11 fue una investigación con riesgo menor al mínimo, dado que se llevó a cabo mediante el uso de una base de datos secundaria. Se contó con el aval y autorización de la Secretaria de Salud Distrital de Santiago de Cali.

## **Resultados**

Se observó que, en las horas de la mañana, a partir de las 06:00 se tiene un ascenso en los niveles del promedio de PM10, entre las 08:00 y 09:00 es donde se tienen los valores más altos de PM0, luego a partir de las 10:00 horas inicia de nuevo un descenso. Entre las 22:00 y las 05:00 los valores son muy similares y se acercan a 40 PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Figura 2).

Adicionalmente se realizaron gráficos de normalidad con sus correspondientes curvas de densidad para describir el comportamiento de las mediciones de PM10 en las siete estaciones de monitoreo, la estación ERA fue la de menor densidad y la de Pance la de valores de PM10 de menor variabilidad con un nivel de apuntamiento alto (Figura 3).

Se encontró que al describir los niveles de PM10 mediante diagrama de cajas por estación, se tienen un número importante de datos atípicos en todas las estaciones, siendo las estaciones Compartir y Navarro (Transitoria) las de valores medios más altos, indicando que fue donde más contaminación por PM10 se reportó. En cuanto valores extremos, La Flora y ERA fueron las estaciones de valores más altos (Figura 3).

Se obtuvieron diferencias significativas (valor  $p < 0.001$ ) entre las medianas de PM10 en las siete estaciones de monitoreo, adicionalmente se observan tres grupos (clasificados a partir de la prueba Post Hoc de Bonferroni) para agrupar según los valores de PM10 (Tabla 1). Adicionalmente en esta Tabla se describieron las medianas de PM10 por estación; se muestra el comportamiento

de las mediciones para cada estación de monitoreo, se obtuvo que las dos estaciones que presentan la media más alta fueron Compartir y Navarro (Transitoria), ambas ubicadas en la zona oriente de la ciudad de Cali, por lo tanto, se realizó un análisis de frecuencias de las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en menores de cinco años específico en las comunas 13, 14, 15 y 21. Aunque se reportaron valores muy altos en las estaciones: La Flora (226), ERA (203,5) y La Ermita (174,8). En términos globales para la ciudad el nivel promedio de calidad de aire PM10 fue de 43,54 (Tabla 1).

Teniendo en cuenta que son estas comunas las que, según los valores obtenidos en las estaciones de monitoreo Compartir y Navarro (Transitoria), las que presentan los valores medios de PM10 más altos, se realizó una descripción a través de georeferenciación, eventos respiratorios, específicamente los casos de ERA, IRAG y ASMA en menores de cinco años, notificados en las comunas: 13, 14, 15 y 21 (Figuras 5, 6, 7 y 8 respectivamente).

## **Discusión**

En este estudio se describió mediante georeferenciación las enfermedades respiratorias en los menores de cinco años de la ciudad de Cali en las comunas: 13, 14, 15 y 21; del oriente de la ciudad con grandes dificultades socioeconómicas, y que además mostraron cifras superiores en comparación con otras comunas en donde se encontraban las otras estaciones.

En la ciudad de Cali, el mayor problema de contaminación del aire se debe al material particulado, el cual proviene principalmente del humo. Este estudio reporta una contaminación promedio para el año 2015 de 43.54 de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Adicional el Informe Anual de Calidad de Aire de 2015 reportó que ninguna de las estaciones en donde se midió este contaminante durante el 2015 sobrepasó la norma ambiental diaria de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; sin embargo, se observaron excedencias con respecto a los límites recomendados de la OMS de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , por encima del cual hay riesgo de presentar efectos en la salud humana (revisar más datos del informe y ver cuadro del final con el comparativo de normas).



Un estudio realizado por Sbarato demostro que “el material particulado agrava enfermedades respiratorias y cardíacas preexistentes, causa daño a los pulmones en especial a las personas con influenza afectando sobre manera a niños y adultos mayores” (12).

Se evidenció al calcular en total para mencionado año según ubicación de la estación de monitoreo que las de Compartir y Navarro, son las de niveles más altos, esto podría estar relacionado a los altos índices de combustible provenientes del transporte público, que en su mayoría son antiguos.

Se considera que la principal limitante del estudio es asumir un valor por comuna de influencia de acuerdo a la ubicación de la estación, puesto que dicha división se da en términos político administrativos, se requiere de estudios más elaborados que permitan evaluar el número de menores enfermos a partir de una distancia determinada, se sugieren 300 metros a la redonda (citar la literatura que lo recomienda). Se podrían utilizar técnicas de geoestadística que permitan conocer la distribución de los casos según los datos georeferenciados para identificar patrones espaciales en torno a la relación entre las enfermedades respiratorias y la calidad del aire, como son: dirección del viento, vías principales, vías secundarias, canales hídricos entre otros factores que pudiesen estar relacionados.

También, de acuerdo a Romero, con la calidad y ventana de observación de la información de calidad de aire y de salud, se puede realizar como en otros estudios (11) un análisis exploratorio de las variables de interés, la asociación existente entre las consultas de urgencia por ERA, por un lado, y los cambios diarios de los niveles de contaminantes, por otro, utilizando un modelo de regresión Poisson, que aplica a una variable dependiente de conteo que toma valores enteros positivos y pequeños en relación con el tamaño de la población de estudio.

Con el presente estudio no se puede valorar la exposición diaria a aire contaminado, que permitiría conocer con mayor precisión la sumatoria de exposiciones a varios ambientes a lo largo del tiempo. Estos espacios

particulares de exposición se conocen como microambientes y pueden variar a lo largo del día. La exposición en cada microambiente es el producto de la concentración del contaminante en particular por el tiempo que permaneció la persona en cada uno de estos espacios (vivienda, sitio de trabajo). Lo cual permitiría conocer la cantidad de contaminante absorbido. Por tanto, esta es otra gran dificultad de esta investigación, puesto que desconocemos el tiempo de exposición de los menores con enfermedades respiratorias aquí descritos, y es importante conocer a cuantos microambientes se exponen y que niveles de contaminación existe en cada uno de estos.

### **Agradecimientos**

A la Secretaría de Salud Distrital de Santiago de Cali, por autorizar el uso de la base de datos y promover investigaciones que permitan conocer la dinámica en la que se presentan las enfermedades respiratorias en los menores de cinco años. como el dengue, que afecta la salud pública de tantos habitantes de la región.

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses en el presente manuscrito.

### **Fuente de financiación**

La investigación se realizó con recursos propios de la Secretaria de Salud Distrital de Santiago de Cali.

## Referencias

1. Villarejo ALD. La polución del aire: Un reto de nuestro tiempo. Discursos [Internet]. 2001 [citado el 29 de diciembre de 2016]; Disponible en: <https://www.analesranf.com/index.php/discurso/article/download/781/747>
2. Ballester Díez F, Tenías JM, Pérez-Hoyos S. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción. *Rev Esp Salud Pública*. 1999;73(2):109–121.
3. De La Rosa M del C, Mosso M de los A, Ullán C. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Obs Medioambient*. 2002;5:375–402.
4. Miller KA, Siscovick DS, Sheppard L, Shepherd K, Sullivan JH, Anderson GL, et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *N Engl J Med*. 2007;356(5):447–458.
5. Organization WH. Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide [Internet]. World Health Organization; 2006 [citado el 24 de noviembre de 2016].
6. Moschandreas DJ, Watson J, D'Abreton P, Scire J, Zhu T, Klein W, et al. Chapter three: methodology of exposure modeling. *Chemosphere*. 2002;49(9):923–946.
7. Saez M, Bellido JB, Barceló MA, Ocaña R, Aránguez E, Ballester F, et al. El proyecto Emecas: protocolo del estudio multicéntrico en España de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la salud. [citado el 24 de noviembre de 2016]; Disponible en: <http://repositoriodigital.academica.mx/jspui/handle/987654321/245119>
8. Gauderman WJ. Air pollution and children—an unhealthy mix. *N Engl J Med*. 2006;355(1):78–79.
9. Kim JJ. Ambient air pollution: health hazards to children. *Pediatrics*. 2004;114(6):1699–1707.

10. Eder W, Ege MJ, von Mutius E. The asthma epidemic. *N Engl J Med.* 2006;355(21):2226–2235.
11. Romero M., Más P., Lacasaña M., Téllez M., M en C, AguilarJ., Romieu I. Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad, de La Habana. *Salud Pública de México* 46(3). 2004
12. Sbarato, D. &. Contaminación del aire. Argentina: Editorial Brujas. 2009, citado por Morales N. y Nobles M. Lineamientos Para La Formulación Del Plan De Gestión De La Calidad Del Aire En La Ciudad De Montería. Trabajo de Grado Magíster en Gestión Ambiental, 2013.

## Cuadros

**Tabla 1. Estadísticas descriptivas para comparación de medidas de PM10 según estación de monitoreo. Cali-Colombia.**

<b>Estación *</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>DE</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>CV</b>
Compartir	4210	56,98	24,10	3	187	42,3%
Navarro	3446	50,53	22,46	1	186	44,5%
ERA	5234	46,90	26,47	0,1	203,5	56,4%
La Ermita	7071	46,88	22,93	0,4	174,8	48,9%
La Flora	7028	41,68	22,38	0,1	226	53,7%
Cañaveralejo	8691	39,15	20,05	0,4	178,1	51,2%
Pance	7900	34,61	19,05	1	163	55,0%
<b>PM10 (ug/m3)</b>	<b>43580</b>	<b>43,54</b>	<b>23,14</b>			<b>53,1%</b>

\* *Prueba Post Hoc de Bonferroni, se obtuvieron tres grupos similares.*

## Figuras

Figura 1. Distribución del promedio de PM10 de las siete estaciones de monitoreo según hora del día. Cali-Colombia.



Fuente mapa:

[https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/38365/sistema\\_de\\_vigilancia\\_de\\_calidad\\_del\\_aire\\_de\\_cali\\_svca/](https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/38365/sistema_de_vigilancia_de_calidad_del_aire_de_cali_svca/)

Figura 2. Distribución del promedio de PM10 de las siete estaciones de monitoreo según hora del día. Cali-Colombia.

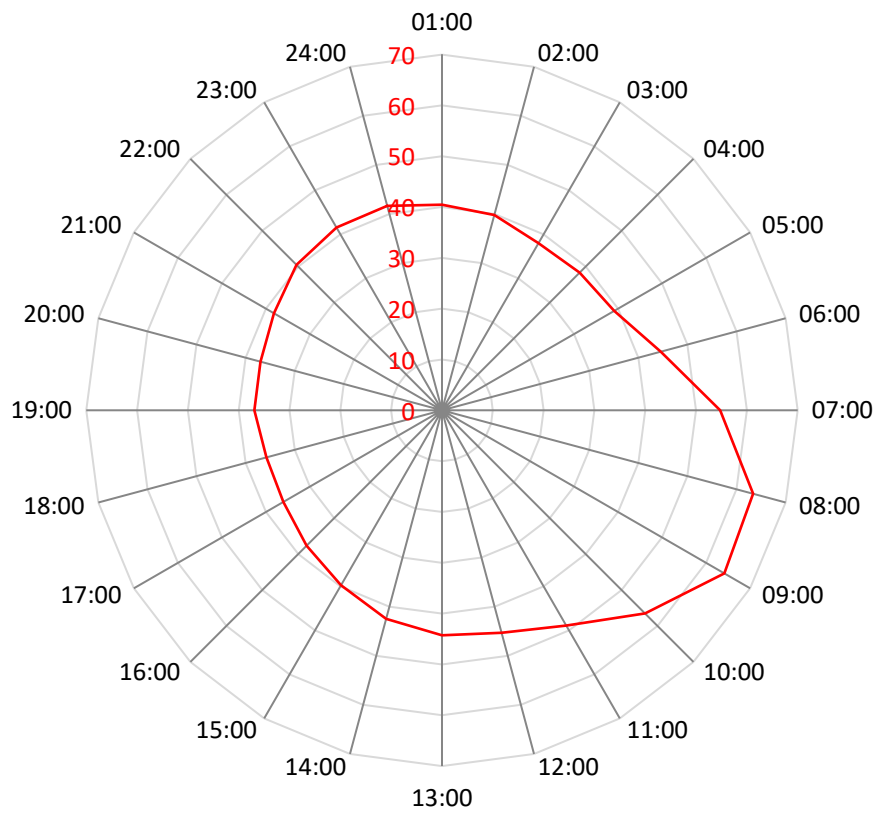


Figura 3. Distribución de la densidad de frecuencias y curva normal de las mediciones de PM10 de las siete estaciones de monitoreo. Cali-Colombia.

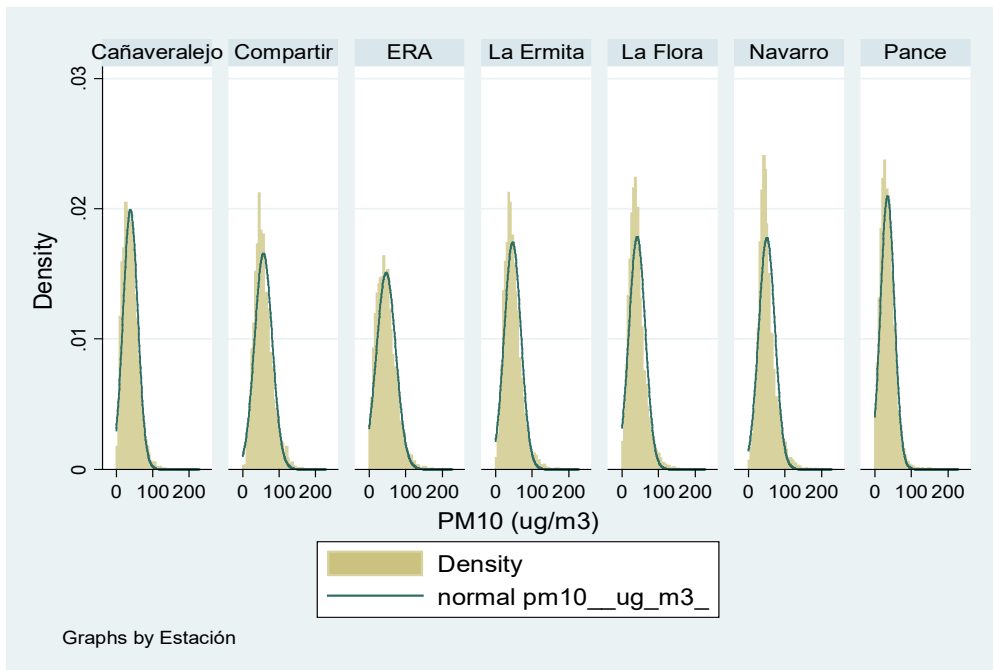
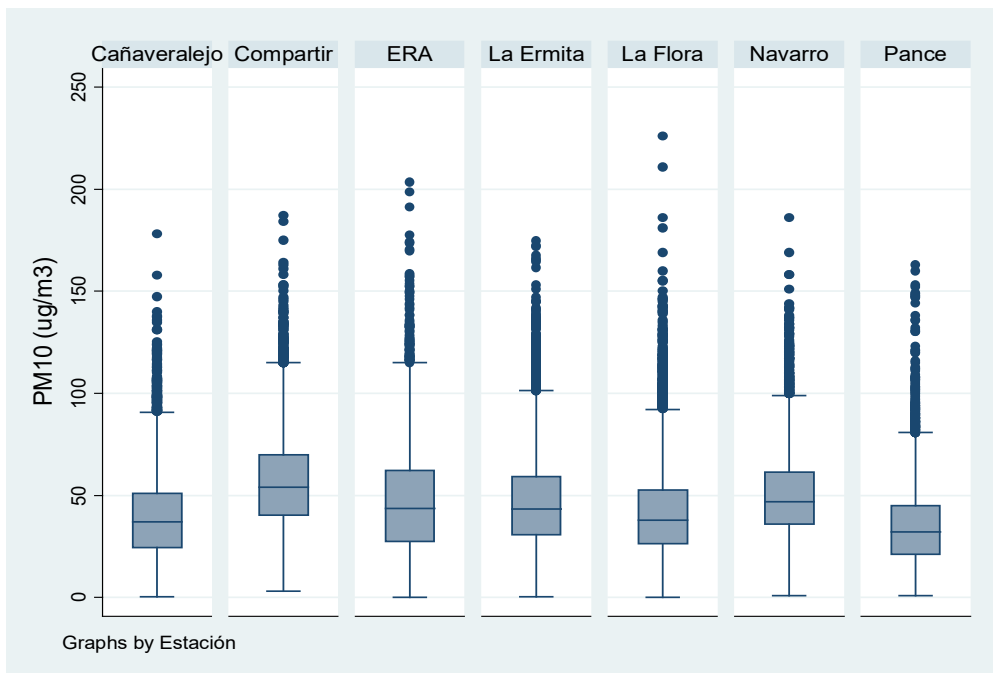


Figura 4. Comparativo de medianas de PM10. Descripción con diagrama de cajas según estación de monitoreo. Cali-Colombia.



\* Valor  $p < 0.001$ , Kruskal-Wallis.



Figura 5. Georreferenciación de los casos de ERA, IRAG y ASMA en menores de cinco años. Comuna 13. Cali-Colombia.

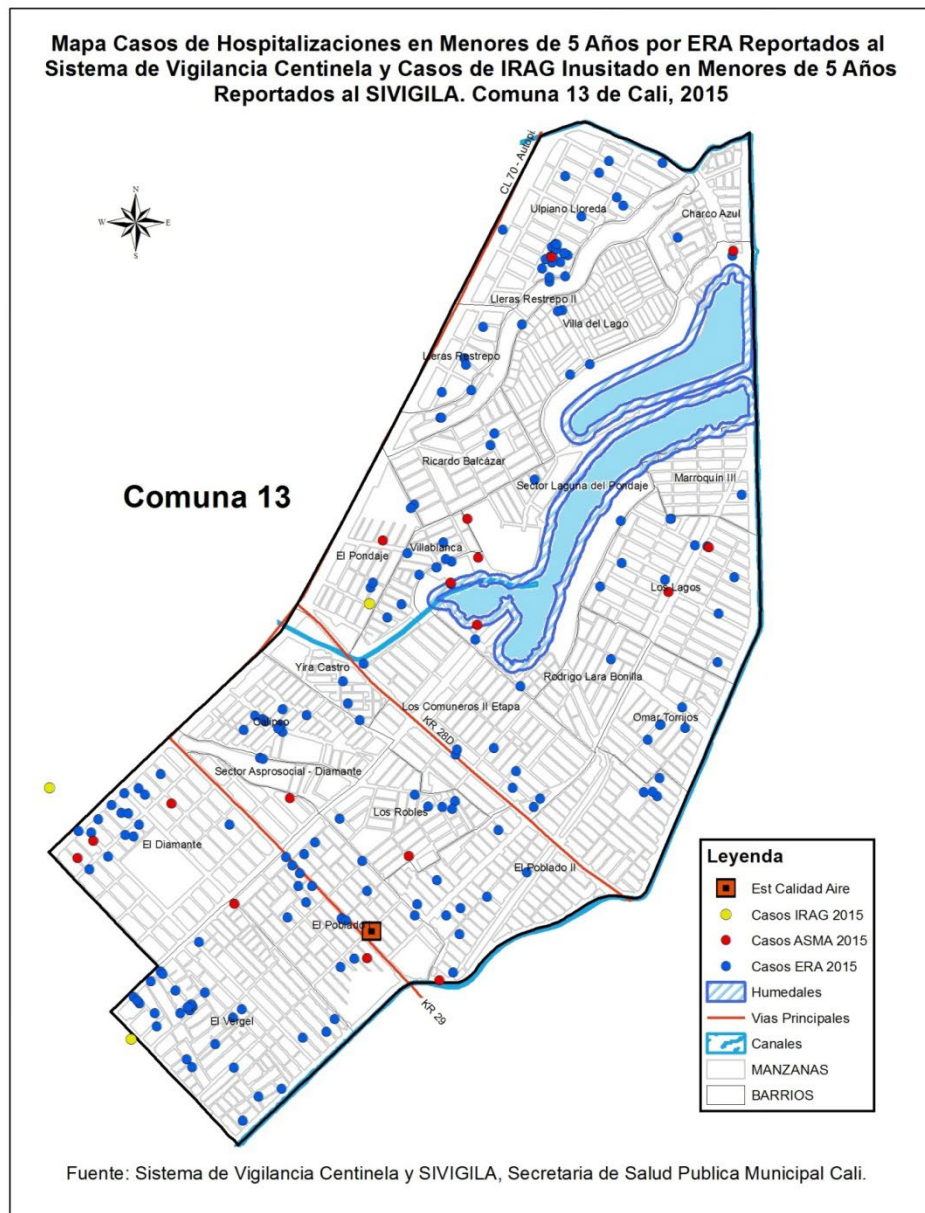


Figura 6. Georreferenciación de los casos de ERA, IRAG y ASMA en menores de cinco años. Comuna 14. Cali-Colombia.

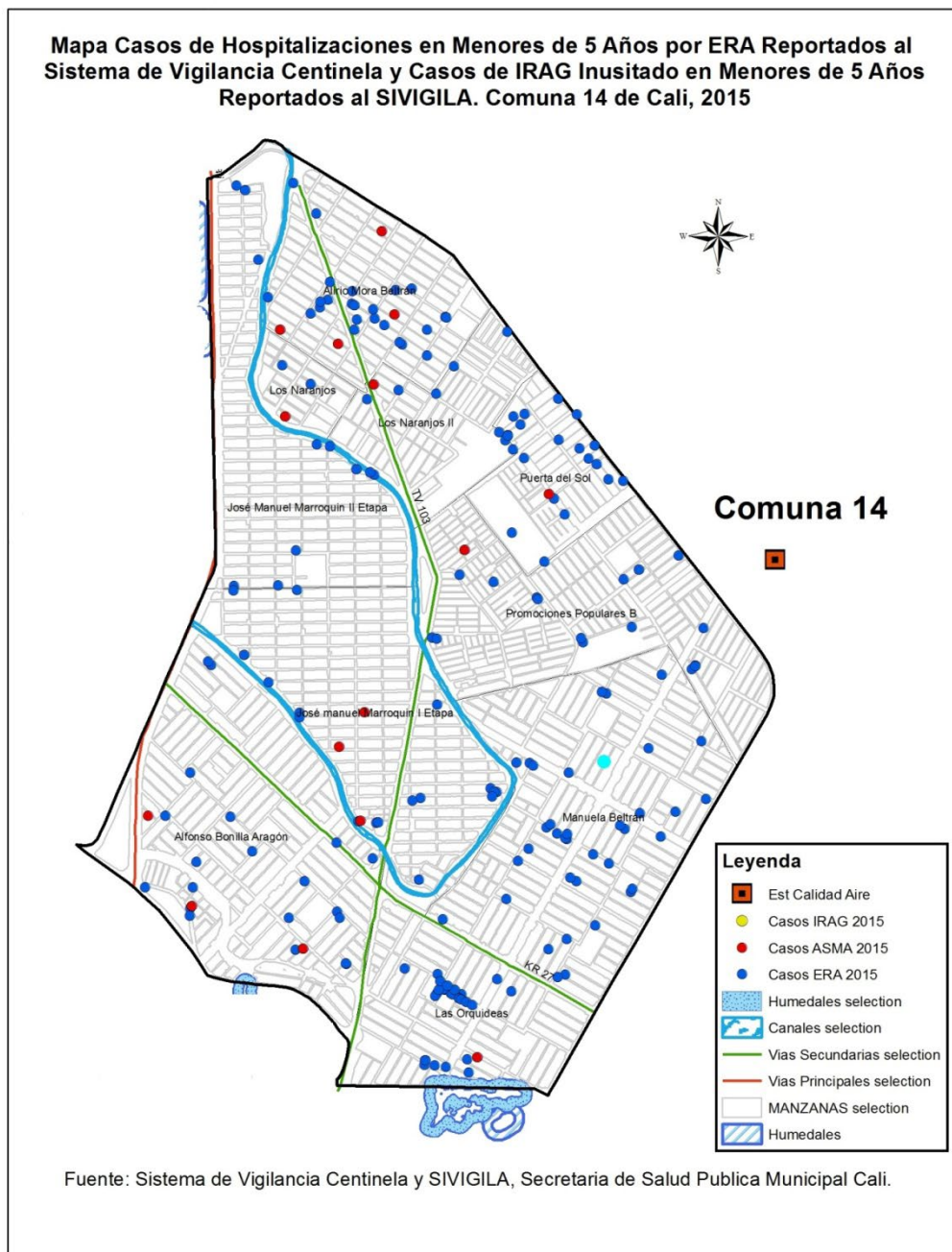


Figura 7. Georreferenciación de los casos de ERA, IRAG y ASMA en menores de cinco años. Comuna 15. Cali-Colombia.

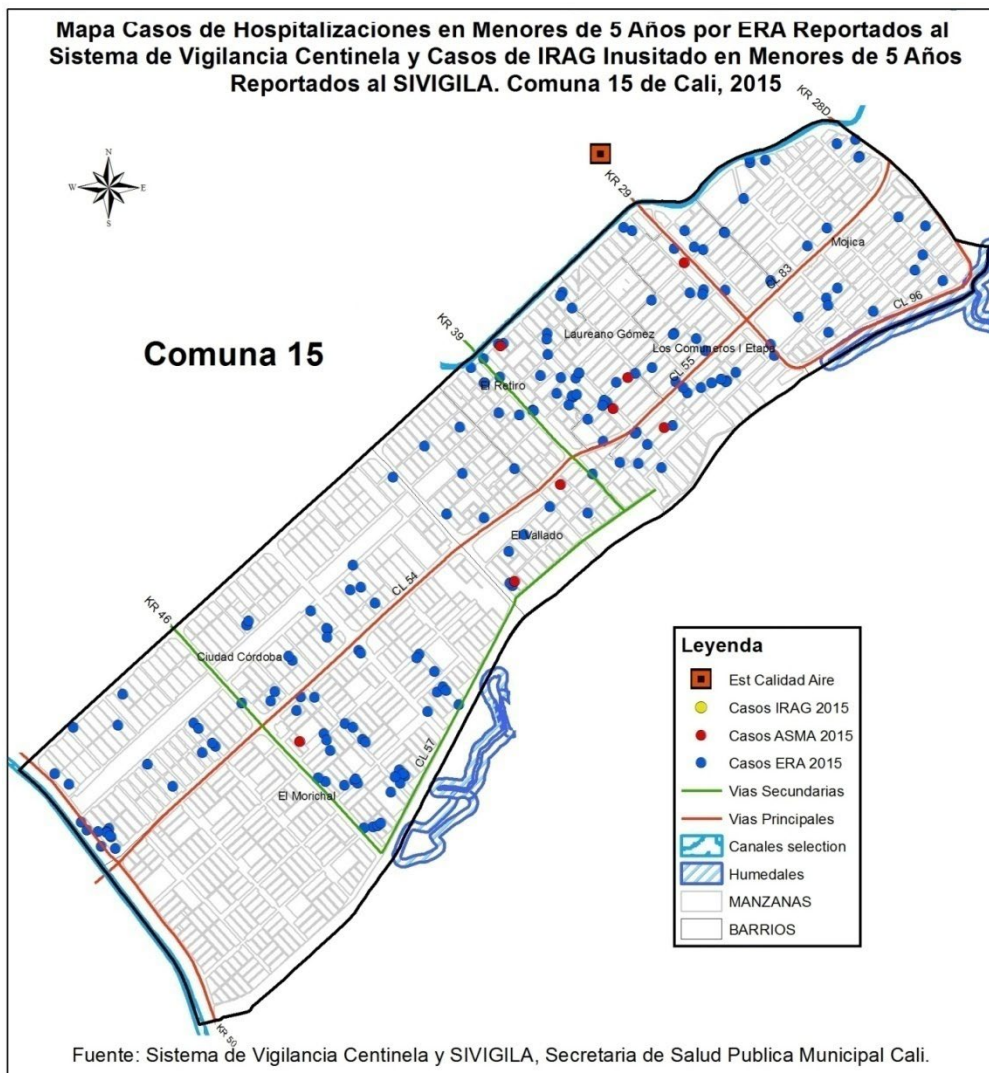


Figura 8. Georeferenciación de los casos de ERA, IRAG y ASMA en menores de cinco años. Comuna 21. Cali-Colombia.

