

**I convención de Atención primaria y Salud Comunitaria "Dr. José Raimundo Oquendo"  
Abreus 2023**

**Calidad del aire y enfermedades respiratorias en La Habana, 2022".**

**Angel Miguel Germán Almeida  
Lizette Gil del Valle  
Alejandro Almeida Pons  
Rosario Gravier Hernández  
Dayana Rodríguez Velázquez  
Delmis Álvarez Gainza  
Ana Margarita Gazcón Fernández  
Ana Maribel Martínez Álvarez  
Yaumara Ugarte Pérez  
Leydi García Vichot  
Odalys Calderón Fuente  
María Carla Hernández González-Abreu  
Lillyam Betancourt Peraza  
Teresa Rosell Guerra.**

Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí, La Habana, Cuba.

**RESUMEN**

La contaminación del aire constituye un elemento importante en las enfermedades respiratorias, ocurren alrededor de 249 mil muertes prematuras como consecuencia de la contaminación del aire según la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo, se perciben grandes diferencias entre grupos poblacionales y localidades geográficas. Por ejemplo, aquellas personas que residen cerca de avenidas principales o industrias a menudo quedan expuestas a elevados niveles de contaminación del aire. La siguiente investigación tiene como objetivo identificar las franjas de contaminación de la calidad del aire en algunos municipios de La Habana para lograr mitigar el impacto de dicha contaminación sobre la salud humana. Se realizó un estudio de casos y controles, en el que se involucran individuos que trabajan en

diferentes áreas del Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kourí" (IPK) y residentes en diferentes municipios de la provincia La Habana con diferentes niveles de contaminación.

Fueron definidas tres franjas de contaminación según el análisis de concentración de partículas y gases en el ambiente, se definieron las siguientes franjas: (contaminación alta): Centro Habana, La Habana Vieja, San Miguel del Padrón y Diez de Octubre, (contaminación moderada): Plaza de la Revolución y Playa, (contaminación baja): Arroyo Naranjo, Cotorro, La Habana del Este y Guanabacoa.

**Palabras Claves:** Contaminación del aire, enfermedades respiratorias, franjas, distribución espacial.



## **INTRODUCCIÓN**

La contaminación del aire exterior representa una amenaza considerable para la salud humana y se considera uno de los principales contribuyentes a la carga de morbilidad en todo el mundo (Cohen, A.J 2015; Bumett, R 2018). Actualmente, la mayor parte de la población humana reside en lugares donde los niveles de contaminación del aire superan considerablemente las pautas de calidad del aire basadas en la salud de la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo que provoca que 4,2 y 3,8 millones de personas mueran prematuramente cada año debido a la contaminación del aire exterior e interior respectivamente (OMS, 2022). Aunque los contaminantes del aire pueden provenir de fuentes naturales, la mayor parte de la investigación sobre la contaminación del aire ambiente tiende a centrarse en la contaminación del aire urbano debido, entre otras razones, a la alta densidad de población urbana, mayores niveles de emisiones derivadas del tráfico y la creciente urbanización de las sociedades. En este sentido, las principales fuentes de emisión son las centrales eléctricas, el tráfico, la construcción, la agricultura y la quema doméstica.

La contaminación urbana es esencialmente una mezcla compleja y heterogénea de componentes químicos, tanto de naturaleza gaseosa como sólida. Los contaminantes gaseosos incluyen dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozono (O<sub>3</sub>) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en cantidades variables. Sus cantidades son variables y están estrechamente relacionadas con factores como las estaciones, las condiciones atmosféricas y sus fuentes de emisión (C. Liu 2014).

Estudios epidemiológicos han demostrado que la PM puede inducir o agravar enfermedades respiratorias como asma, tuberculosis y Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) debido a la capacidad de incrementar la expresión de diversas biomoléculas asociadas al EO y los procesos inflamatorios. Como ejemplos están el incremento de la expresión de receptores de citoquinas,

mediadores inflamatorios como TNF- $\alpha$ , GM-CSF, IL-6, IL-13 e IL-1 $\beta$  y oncogenes como c-Fos y c-jun. Estos últimos alteran determinadas enzimas como la SOD y el óxido nítrico sintasa (Li R, 2015).

Se propone el siguiente objetivo: Identificar franjas de contaminación en los municipios de La Habana a partir de la distribución geoespacial de los individuos involucrados en estudio del estado de oxidación-reducción plasmático en sujetos cubanos.

## **MÉTODOS**

Se realizó un estudio de casos y controles, en el que se involucran individuos que trabajan en diferentes áreas del Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kourí" (IPK) y residentes en diferentes municipios de la provincia de La Habana con diferentes niveles de contaminación. Los sujetos fueron atendidos en consulta de salud ocupacional del Hospital del IPK en el período comprendido entre el 19 de octubre de 2021 hasta abril del 2022 con la finalidad de caracterizar demográficamente, la presencia de enfermedades no infecciosas previas, hábitos tóxicos y a través de indicadores hematológicos, hemoquímicos y del estado redox sanguíneo, según el protocolo de investigación aprobado por las instancias correspondientes.

Se realizó la investigación sobre la base de los principios básicos de la bioética: la no maleficencia, la beneficencia, la autonomía y la justicia. Se tomaron en cuenta las normas éticas institucionales y regionales de la medicina moderna, así como lo relacionado con la ética para manejar los resultados. El protocolo fue aprobado por el Consejo Científico Especializado, así como el Comité de Ética Médica. Cada comité emitió por escrito su aprobación del protocolo, tras evaluarlo desde el punto de vista ético, científico y metodológico. Las personas incluidas en este estudio fueron previamente informadas de las características del mismo, tanto de forma escrita como verbal.

Se garantizó que las muestras analizadas durante el período evaluado, se procesaran cumpliendo con los requisitos establecidos en



la Regulación 3 -2009 Buenas Prácticas de Laboratorio Clínico, la norma cubana de calidad NC ISO: 15189 y las normas de bioseguridad para el manejo de muestras biológicas. Todo lo anterior en relación con el sistema de gestión de calidad implementado en los departamentos involucrados del IPK.

La investigación se realizó en la provincia La Habana, capital de la República de Cuba, la más poblada del país. Se ubica en la región occidental entre los 22°58' y 23°10' latitud norte y los 82°30' y 82°06' de longitud oeste. Limita al norte con el Estrecho de la Florida, al este con la provincia Mayabeque, al sur con las provincias Artemisa y Mayabeque, al oeste con la provincia Artemisa. Posee una extensión territorial de 726,75 km<sup>2</sup> y una población de al término de 2021 de 2 129 561 habitantes (ONEI, 2021) y una densidad de habitantes de 2933 habitantes por km<sup>2</sup>. Predominantemente llana con la mayor elevación de 210m Las Tetras de Managua. Posee un clima cálido tropical, estacionalmente húmedo, con una estación lluviosa en el verano. Posee 15 municipios dentro de los cuales se encuentra Plaza de la Revolución como uno de los más envejecidos del país con el 28,3%. (ONEI, 2020b).

Se incluyeron en la investigación individuos de 11 de los 15 municipios de la provincia La Habana, estos fueron Playa, Plaza de la Revolución, Centro Habana, La Habana Vieja, La Habana del Este, Guanabacoa, San Miguel del Padrón, Diez de Octubre, Arroyo Naranjo y Cotorro en orden de código de la ONEI. No se incluyeron sujetos de los municipios Regla, Cerro, Marianao y Boyeros.

Los individuos aparentemente sanos fueron sujetos que laboran y residen en La Lisa.

El universo fue 113 individuos residentes en diferentes municipios de La Habana. De estos, se incluyeron 93 sujetos distribuidos en tres grupos de 25 considerando el nivel de contaminación de su respectiva zona de residencia: contaminación elevada (F1), contaminación media (F2) y contaminación baja (F3). Esta muestra fue seleccionada de forma no probabilística e intencional. Además, se incluyó un cuarto grupo de individuos aparentemente sanos (IAS) como control para establecer la referencia fisiológica necesaria

para la comparación. Se consideró como ISS aquellos que acudieron a consulta externa del IPK por diversas razones y cumplieron con las siguientes condiciones: sujetos sin enfermedades precedentes, ni patologías agudas durante el estudio, ni hábitos tóxicos (tabaquismo y alcoholismo) y cuyas funciones renales, hepáticas y cardiovasculares, evaluadas en exámenes de laboratorio, se encontraban dentro del intervalo de referencia normal.

La obtención de los datos demográficos se realizó a través de la revisión de las historias clínicas de los sujetos, asentadas en el Departamento de Bioseguridad del IPK. De este modo se construyó la matriz demográfica atendiendo a edad, color de la piel, sexo, comorbilidades y hábitos tóxicos de todos los individuos involucrados en el estudio.

Para realizar el análisis geoespacial se utilizaron los Sistemas de Información Geográficos QGIS versión 3.14 Pi a partir del análisis de los datos procesado por los Departamentos de Farmacología y del Laboratorio Clínico del IPK. Para ello se empleó las Bases Cartográficas de La Habana elaborada por GEOCUBA.

Se realizó la ubicación manual por dirección de residencia de los 93 sujetos en la investigación. Luego se diferenciaron por franjas definidas según los niveles de contaminación utilizando tres categorías en tres colores en forma de semáforo, Verde para los valores de contaminación bajos, amarillo para los valores de contaminación moderados y rojos para los valores de contaminación altos. Se emplea el gris para los municipios en los cuales no se incluyen individuos en la investigación.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Según el análisis de concentración de partículas y gases en el ambiente, se definieron las siguientes franjas:

- 1ra Franja (contaminación alta): Centro Habana, La Habana Vieja, San Miguel del Padrón y Diez de Octubre
- 2da Franja (contaminación moderada): Plaza de la Revolución y Playa



- 3ra Franja (contaminación baja): Arroyo Naranjo, Cotorro, La Habana del Este y Guanabacoa

Características generales de la muestra de estudio:

En la comparación de las variables demográficas (Ver tabla 1), se obtuvo como resultado que no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en cuanto a estas variables entre los grupos. Esto quiere decir que los grupos de estudio son homogéneos y, por tanto, estos factores no influyen en el comportamiento de las demás variables analizadas. Además, en esta franja es en la que menos se reportaron las diferentes enfermedades que se analizaron, exceptuando el asma bronquial y la diabetes, que presentan además un fuerte componente hereditario.

**Tabla 1.** Características demográficas de los grupos estudiados.

Variables demográficas		ISS	F1	F2	F3
<b>N</b>		25	25	25	25
<b>Edad (media ± DE)</b>		47.22 ± 4.52	36.96 ± 14.10	45.58 ± 15.42	37.41 ± 16.85
<b>Color de piel</b>	Blanca	18	14	19	12
	Negra	3	2	3	3
	Mestiza	4	9	3	10
<b>Sexo</b>	Masculino	5	7	5	10
	Femenino	20	18	20	15

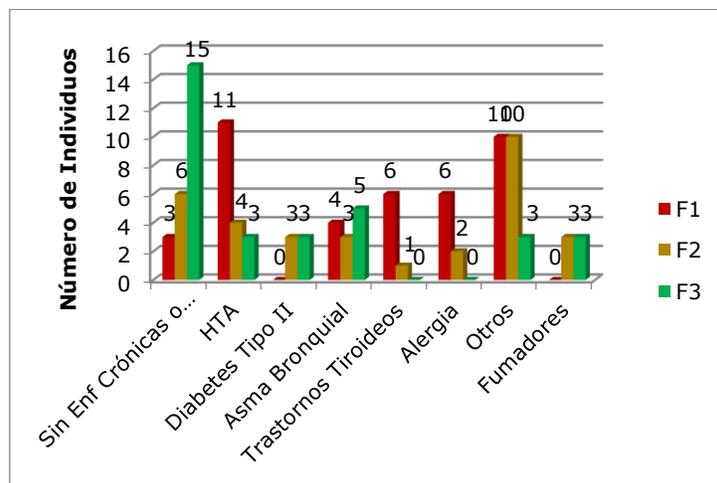
**Fuente:** Departamentos de Registros Médicos del Centro Hospitalario IPK. Historia clínica de los sujetos en estudio.

Por el contrario, en F1 y en menor medida en la F2 se observó una mayor cantidad de individuos con comorbilidades y enfermedades previas, siendo las más observadas la hipertensión arterial, la alergia, los trastornos tiroideos y otros como la migraña, dislipemia, insuficiencia renal y obesidad.

No se reportó ningún fumador en la franja de mayor contaminación y solo 3 fumadores en F2, al igual que en F3. Además, no se reportó ningún individuo con hábitos tóxicos relacionados con el consumo de alcohol en ninguna de las tres franjas. Dado que el

número de individuos con estos hábitos tóxicos fue tan reducido no se pudo apreciar su influencia en el metabolismo oxidativo ni su relación con los niveles de contaminación del aire.

**Figura 1.** Enfermedades preexistentes, comorbilidades y hábitos tóxicos



**Fuente:** Departamentos de Registros Médicos del Centro Hospitalario IPK. Historia clínica de los sujetos en estudio.

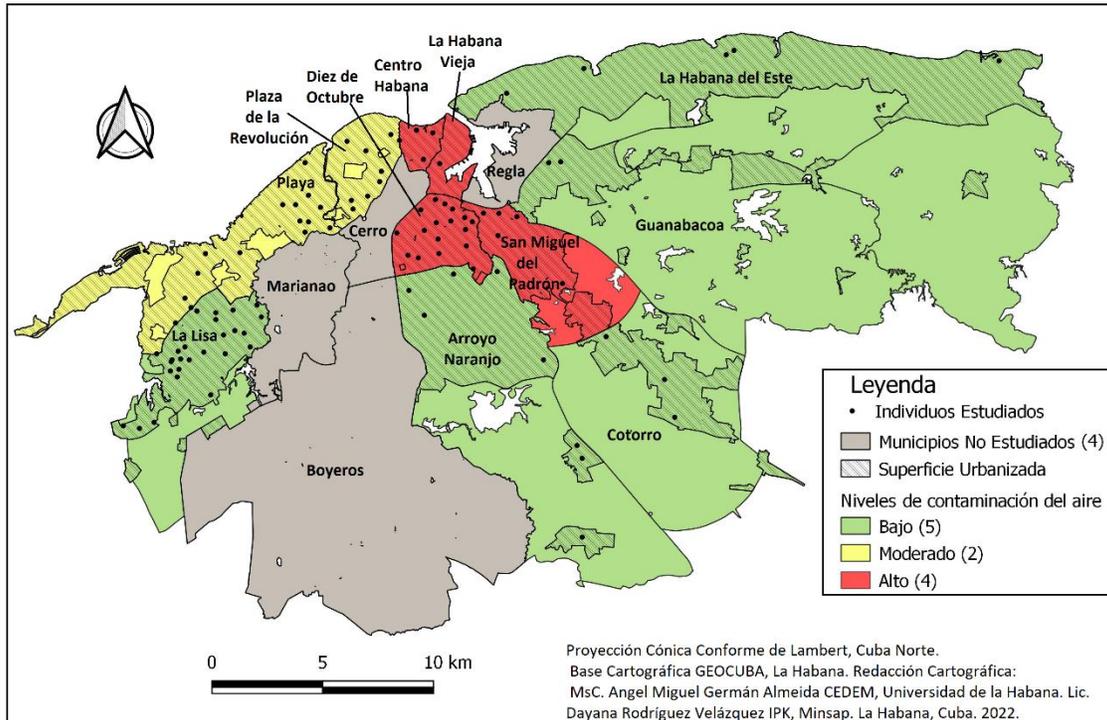
Al analizar la distribución espacial de los individuos incluidos en la investigación (93) de los 113 identificados con una pérdida de 20 (por no contar con su dirección de residencia). Fueron localizados en su domicilio según su dirección de carnet de identidad.

Se puede observar en la figura 2 las franjas: F1 los municipios de (Centro Habana, Diez de Octubre, La Habana Vieja y San Miguel del Padrón). En la frontera de F2 se encuentran 2 individuos uno del municipio Centro Habana y otro de Diez de Octubre razón por la cual entran en la clasificación de moderados, el resto de los municipios Playa, Plaza de la Revolución y La Lisa con 23 individuos poseen niveles de contaminación del aire moderado. Por su parte la menor cantidad de individuos estudiados se encuentra en la F3 aunque estos coinciden con los municipios periféricos de la ciudad los de menor grado de urbanización y una mejor calidad del aire: (Arroyo Naranjo, Cotorro, Guanabacoa y La Habana del Este) con 18 individuos estudiados. Además se localizaron un total de

25 individuos supuestamente sanos en el municipio La Lisa como grupo control. La franja con mayor número de individuos fue F3 con el 46,2% de los individuos estudiados. Siendo la misma la de más bajo nivel de

contaminación en el aire. Por su parte en F2 y F1 con un 26,9% respectivamente se encuentran el resto de los individuos identificados para el estudio.

**Figura 2.** Análisis geoespacial de los individuos distribuidos en las zonas del estudio.



**Fuente:** Base de Datos a partir de las Historias Clínicas del Departamento de Registros Médicos del Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí.

Caracterizando los municipios según su geografía, la mayoría de los periféricos poseen bajos niveles de contaminación, sin embargo aquellos localizados en la región centro norte de la Habana, son los más afectados por la contaminación, dígame (Centro Habana, La Habana Vieja, Diez de Octubre y San Miguel del Padrón) coincidiendo estos con: los más densamente poblados y los de mayor grado de urbanización en la capital. Además de poseer el fondo habitacional más antiguos de la misma, junto a las principales redes de vías y carreteras en la ciudad. Razón por la cual sus habitantes se exponen a altos índices de contaminación en el aire demostrada en la investigación. Municipios como Plaza de la Revolución y Playa se encuentran en el nivel moderado a pesar de tener una gran densidad de su territorio urbanizado, la tipología de la

vivienda es diferente, así como la planificación de la ciudad con estructura capitalista, razón que hace que a pesar de la gran concentración de negocios y servicios estos tengan de cierta manera mejor una mejor distribución en la ciudad. Mejorando los indicadores de calidad de aire para los mismos. Cuatro municipios no fueron estudiados Boyeros, Marianao, Cerro y Regla para los cuales se pueden inferir comportamientos similares a sus municipios colindantes en cuanto a niveles de contaminación del aire corroborando así la primera ley de la geografía. (Tobler, 1970) Sin embargo una generalización del comportamiento de un fenómeno natural como la contaminación de la calidad del aire puede estar medianamente sesgado por acciones antrópicas o inclusive por elementos naturales propios de la acción de los vientos.

## CONCLUSIONES

Se observó un desbalance del estado redox en relación con el nivel de contaminación evidenciando mayores valores de daño oxidativo y alteraciones de la capacidad antioxidante en la franja de municipios con mayor contaminación.

Se identificaron cuatro municipios con niveles de contaminación del aire alto Centro Habana, Diez de Octubre, La Habana Vieja y San Miguel del Padrón. Los restantes siete municipios estudiados se encuentran entre las franjas moderadas y bajas de contaminación en el aire.

## RECOMENDACIONES

- Realizar estudios similares con un número mayor de individuos.
- Incrementar el número de franjas con diversos niveles de contaminación.
- Realizar este análisis en otras regiones del país para medir el nivel de contaminación en el aire.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Belge E. The importance of antioxidants which play the role in cellular response against oxidative/nitrosative stress: current state. *Kurutas Nutrition Journal*. 2016;15:71 doi:10.1186/s12937-016-0186-5
2. Brook R.D., S. Rajagopalan, C.A. Pope 3rd, J.R. Brook, A. Bhatnagar, A.V. Diez-Roux, F. Holguin, Y. Hong, R.V. Luepker, M.A. Mittleman, A. Peters, D. Siscovick, S.C. Smith Jr., L. Whitsel, J.D. Kaufman, Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association, *Circulation* 121 (2010) 2331–2378.
3. Burnett, R.; Chen, H.; Szyszkowicz, M.; Fann, N.; Hubbell, B.; Pope, C.A., 3rd; Apte, J.S.; Brauer, M.; Cohen, A.; Weichenthal, S.; et al. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2018, 115, 9592–9597. [CrossRef]
4. Gil del Valle L, Gonzalez-Rubio D. Multivariate discriminant analysis of redox and progression indexes in Cuban acquired immunodeficiency syndrome patients with Kaposi´s sarcoma. *Oxidants and Antioxidants in Medical Science*. 2017;6(1):1-8.
5. Li R, Kou X, Xie L, Cheng F, Geng H. Effects of ambient PM2.5 on pathological injury, inflammation, oxidative stress, metabolic enzyme activity, and expression of c fos and c jun in lungs of rats. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2015; 22: 20167-20176.
6. ONEI. Anuario Demográfico de La Habana. CEPDE, 2020b. Available from: <http://www.onei.gob.cu>.
7. ONEI. Anuario Demográfico de La Habana. CEPDE, 2021. Tabla: Población por provincias, municipios y edades según zona y sexo. Available from: <http://www.onei.gob.cu>.
8. Perez CM, Hazari MS, Farraj AK. Role of autonomic reflex arcs in cardiovascular responses to air pollution exposure. *Cardiovasc. Toxicol*. 2015;15:69-78
9. Tobler, W R (1970). A computer movies imulating urban growth in the Detroit región. *Economic Geography* 46(2).
10. WHO (World Health Organization). Ambient (Outdoor) Air Pollution. Key Facts. 2018. Available online: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accedido el 14 de junio de 2022).
11. Wu A. *Clinical Guide to Laboratory Tests*. Tietze F, editor. St. Louis (MO): Saunders Elsevier; 2006.
12. Young D. *Effects of disease on Clinical Lab. Tests*. 4th ed: AACC; 2001.
13. Zhao CN, Xu Z, Wu GC, Mao YM, Liu LN, Qian W, et al. Emerging role of air pollution in autoimmune diseases. *Autoimmun Rev*. 2019;18:607-14