

**INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE LAS PRINCIPALES FUENTES
FIJAS DE HOLGUÍN -CUBA, 2016**

**INVENTORY OF ATMOSPHERIC EMISSIONS OF THE MAIN HOLGUIN FIXED
SOURCES -CUBA, 2016**

*MsC. Yoell Marrero Diaz (yoell.marrero@hlg.insmet.cu)
Centro Meteorológico Provincial de Holguín, Instituto de Meteorología de Cuba*
*Dr.C. Osvaldo Cuesta Santos (osvaldo.cuesta@insmet.cu)
Centro de Contaminación y Química de la Atmósfera, Instituto de Meteorología de Cuba*
*MsC. Miguel Suárez Benítez (Miguel.Suarez@hlg.insmet.cu)
Centro Meteorológico Provincial de Holguín, Instituto de Meteorología de Cuba*

RESUMEN

La investigación muestra el inventario de emisiones atmosféricas de las principales fuentes fijas en 13 municipios de Holguín, tomando como año base el 2016. El objetivo general fue cuantificar las emisiones a la atmósfera producidas por las principales fuentes fijas a nivel local. Los contaminantes primarios estudiados fueron, el Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Monóxido de Carbono (CO) y Material Particulado de 10 y 2,5 micrómetros (PM₁₀ y PM_{2,5}). Se utilizó el método de cálculo basado en el factor de emisión para determinar la tasa de estos contaminantes. Como resultados fundamentales se obtuvo el inventario de emisiones de 71 fuentes fijas y la identificación de zonas con una marcada influencia en la contaminación del aire, siendo las localidades de Moa y Mayarí las que más inciden en esta problemática. La emisión de SO₂ de alrededor de 109 mil toneladas al año, representa el 81 % de los contaminantes primarios. Los NO_x con una emisión de casi 12 mil toneladas es el segundo en cantidad con un 9 % del total. El CO representa el 4 % de las emisiones, con más de 6 mil toneladas. Las actuaciones desarrolladas en el marco del inventario permitieron sentar las bases para realizar futuras investigaciones relacionadas con la modelación de la dispersión del aire y predecir su calidad. Finalmente el inventario se convirtió en un referente para adelantar una gestión orientada a minimizar los riesgos presentados en la contaminación del medio ambiente atmosférico y la salud en localidades de Holguín.

SUMMARY

The research shows the inventory of atmospheric emissions of the main fixed sources in 13 municipalities of Holguín, taking as base year the 2016. The general objective was to quantify the emissions to the atmosphere produced by the main fixed sources at the local level. The primary pollutants studied were Sulfur Dioxide (SO₂), Nitrogen Oxides (NO_x), Carbon Monoxide (CO) and Particulate Material of 10 and 2.5 microns (PM₁₀ and PM_{2,5}). The calculation method based on the emission factor was used to determine the rate of these pollutants. As fundamental results the inventory of emissions of 71 fixed sources was obtained and the identification of zones with a marked influence in the air pollution, being the localities of Moa and Mayarí that most affect in this problematic. The emission of SO₂ is around 109 thousand tons per year, which represents 81% of the primary pollutants. NO_x with an emission of almost 12 thousand tons is the second in quantity with 9% of the total. The CO represents 4% of the emissions, with more than 6 thousand tons. The actions developed in the framework of the inventory allowed to lay the foundations for future research related to the modeling of air dispersion and to predict its quality. Finally, the inventory became a point of reference to advance a management aimed at minimizing the risks presented in the pollution of the atmospheric environment and health in localities of Holguín.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es un proceso complejo de múltiple y varios factores. En el mundo industrializado de hoy su gestión reviste gran relevancia ya que existe gran preocupación por el estado de la calidad del aire. De ahí que los retos del siglo XXI impulsan a las naciones a instrumentar políticas encaminadas a prevenir, minimizar y controlar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, la lucha sistemática contra las causas que originan su deterioro y la reducción y eliminación de las modalidades de producción y consumo ambientalmente insostenibles.

En los últimos años se han realizado investigaciones para conocer los mecanismos que intervienen en tan complejo proceso. En materia de inventario de emisiones a nivel internacional se han desarrollado numerosos estudios entre los que destacan: el programa EMEP/CORINAIR, (acrónimo en inglés de European Monitoring and Evaluation Programme), perteneciente a la Agencia Europea de Medio Ambiente (EPA), el cual ha tenido una amplia difusión por Europa y otras regiones del mundo, la compilación de factores de emisión de contaminantes atmosféricos AP-42 (U.S. EPA, 1995a, b, c), ampliamente divulgada y utilizada a nivel mundial, el software Industrial Pollution Control (IPC), desarrollado por el Banco Mundial, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) del año 1995, también destacan los trabajos U.S. EPA (1997b, 1999), entre otros.

En el contexto nacional también se han desarrollado estudios en este sentido, los que fundamentalmente se han dirigido a conocer las emisiones de gases de efecto invernadero, apareciendo reflejado en los trabajos de López *et al.*, (2003, 2004, 2005, 2006); Valdés, (2014); Carrillo *et al.*, (2015, 2016). Más reciente se han desarrollado los trabajos de Rodríguez *et al.*, (2009); Cuesta, (1996, 2003, 2010); Núñez *et al.*, (2011) y Cuesta *et al.*, (2012, 2014), estando encaminados estos últimos a cuantificar las emisiones de fuentes fijas industriales.

Efectuado el análisis de las propuestas anteriormente realizadas por los referidos autores, se destaca que entre las causas fundamentales que generan los problemas de calidad del aire en zonas urbanas en Cuba se encuentran:

- Errores en la planificación territorial en cuanto a la ubicación física de los asentamientos humanos e industrias.
- Utilización de tecnologías obsoletas en las actividades productivas y en otras fuentes como el transporte automotor, (el cual no es abordado esta investigación).
- La no existencia de tratamientos elementales en las emisiones de contaminantes a la atmósfera.
- Carencia de normas técnicas sobre emisiones en algunos sectores.
- Insuficiente educación ambiental e información disponible en la comunidad sobre los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud humana y los ecosistemas en general.

De lo anterior se deriva como **problema** a resolver: escaso conocimiento disponible de las emisiones a la atmósfera de las principales fuentes fijas en localidades de Holguín. Se propone como **objetivo general**: cuantificar las emisiones a la atmósfera producidas por las principales fuentes fijas en localidades de Holguín.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Características generales de la provincia de Holguín

La provincia de Holguín se encuentra ubicada al noroeste de la región oriental, limitando al norte con el Océano Atlántico; al sur con las provincias Guantánamo, Santiago de Cuba y Granma; al este con la provincia Guantánamo y al oeste con la provincia Las Tunas. Presenta una extensión territorial de 9215.7 Km², incluyendo 48.10 Km² de cayos, ocupando el tercer lugar nacional en extensión territorial y en población con 1 036 572 habitantes. Su densidad de población de 112.4 hab/Km² la ubica en el cuarto lugar a nivel de país.¹

¹ Datos tomados del Anuario Estadístico de Holguín, 2015. Edición 2016. Oficina Nacional de Estadística.

La provincia tiene 14 municipios (ver figura 1). La base económica fundamental es la industria niquelífera con tres plantas procesadoras de níquel y dos plantas procesadoras de cromo refractario; le sigue el turismo, es el tercer polo turístico del país por el número de instalaciones hoteleras, sus recursos naturales y paisajísticos y sus más de 50 playas².

Para la realización de la investigación se seleccionaron 13 municipios, tomando como año base el 2016. Las localidades seleccionadas fueron: Holguín, Báguanos, Gibara, Moa, Cueto, Mayarí, Sagua de Tánamo, Frank País, Rafael Freyre, Cacocum, Urbano Noris, Banes y Calixto García. La selección de estas localidades para desarrollar el estudio se basó en la existencia de diversas fuentes fijas industriales con incidencia de sus emisiones al medio ambiente atmosférico, debido a su potente actividad industrial. El municipio de Antilla no posee grandes industrias emisoras de contaminantes a la atmósfera, por lo que no se tuvo en cuenta en el inventario.

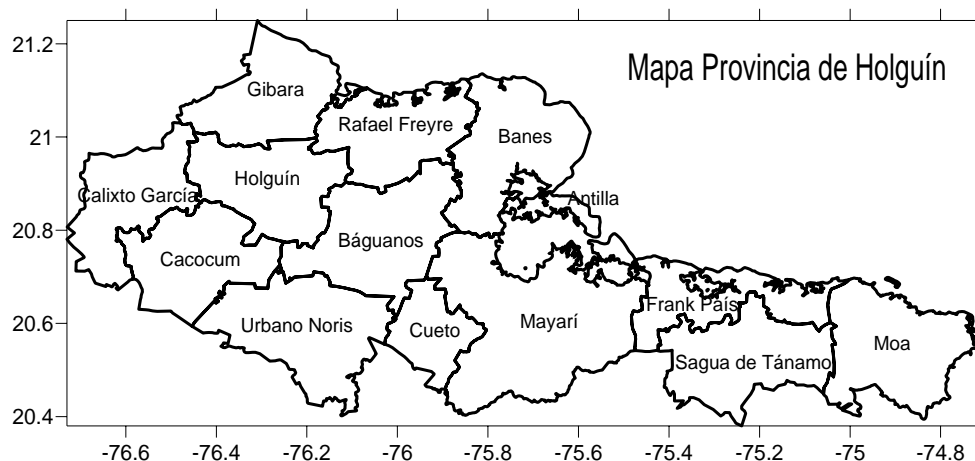


Figura 1. Mapa provincial de Holguín. Fuente: Elaboración propia a partir del programa Surfer versión 8.0

2.2 Contaminantes primarios estudiados

En las zonas de estudio los contaminantes primarios emitidos a la atmósfera son producto de la quema de combustibles fósiles, principalmente el petróleo y sus derivados, así como material particulado proveniente de esta y de la quema de biomasa en centrales azucareros en alguna de las localidades. Los contaminantes evaluados fueron los siguientes: Dióxido de Azufre (SO_2), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Monóxido de Carbono (CO) y Material Particulado de 10 y 2,5 micrómetros (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$).

2.3 Inventario de emisiones

Para López, (2006), citado por Cuesta *et al.*, (2014), los estimados de emisiones son normalmente reunidos en bases de datos denominadas “inventarios de emisiones”. Constituyen un listado de las emisiones de contaminantes por fuentes emisoras o categorías de fuentes, compilado para un área geográfica establecida y para un intervalo de tiempo específico. En estos, se incluye entre otras las siguientes informaciones:

- Localización de las fuentes emisoras. Coordenadas geográficas;
- Área geográfica cubierta por el inventario;
- Intervalo de tiempo para el cual son representativas las emisiones del inventario;
- Factores de emisión;
- Resultados de mediciones y los métodos utilizados;
- Datos de producción y otras características de la actividad;
- Características de las fuentes;

² Datos tomados del Anuario Estadístico de Holguín, 2015. Edición 2016. Oficina Nacional de Estadística.

- h) Condiciones de operación –para el caso de las fuentes antrópicas;
- i) Datos de población, empleo, economía etc., vinculados a las emisiones;
- j) Textos para cada categoría de fuente donde se incluyen, entre otros, los procedimientos utilizados para captar los datos, las fuentes de los datos, referencias para los factores de emisión utilizados, identificación de los métodos utilizados para calcular las emisiones, documentación de todas las asunciones hechas, identificación de las fuentes no incluidas en el inventario, listado de referencias y cualquier observación que contribuya a la transparencia del resultado obtenido.

En Cuba existe la Norma Cubana (NC) 1049:2014 “Guía de datos tecnológicos para el inventario de emisiones de los contaminantes atmosféricos desde fuentes industriales estacionarias”. Esta Norma Cubana establece los datos tecnológicos que se han de tener en cuenta para la realización de un inventario de emisiones de contaminantes a la atmósfera generados por fuentes puntuales industriales.

2.3.1 Método de los Factores de Emisión. Modelo Básico Simplificado para un Estimado de Emisión.

Este método se utiliza con frecuencia para calcular las emisiones cuando no están disponibles datos de monitoreo específico para la fuente. El modelo básico simplificado para el estimado de emisión, en su variante más simple, consiste en el producto de al menos dos variables: estadística de actividad (o datos de actividad) y un factor de emisión (FE) típico promedio para la actividad (López, 2006).

El cálculo de las emisiones por esta vía, constituye el mejor o el único método disponible, a pesar de sus limitaciones, cuando no existen mediciones automáticas continuas. En general, se considera apropiado utilizar factores de emisión cuando los materiales que se emplean se consumen o combinan químicamente en los procesos, o cuando se producen bajas pérdidas de material, por liberación a la atmósfera, en comparación con las cantidades que se tratan en proceso (DIGESA, 2005), (citado por Sosa, 2016).

Según López (2006) y Cuesta *et al.*, (2014), la ecuación más utilizada por el método de factores de emisión es la siguiente:

$$E = A \times FE \times (1 - EC / 100) \quad (1)$$

Donde:

E = Tasa de Emisión (ton/año)

FE = Factor de emisión (ton/m³)

A = Tasa de la actividad (consumo de combustibles, producción), en unidades de masa o volumen por tiempo (m³/año)

EC = eficiencia de control de la emisión (%). EC= 0 si no hay técnicas de control operando en la fuente.

Cuando se utiliza un factor de emisión “controlado” (obtenido tomando en cuenta la técnica instalada para la reducción de emisiones) la expresión queda entonces:

$$E = A \times FE \quad (2)$$

Para el caso específico de esta investigación, los factores de emisión empleados (ver tablas 1, 2 y 3) provienen de diversas fuentes, las cuales son: Compilación de factores de emisión de contaminantes atmosféricos (Emission Factor and Inventory Group) AP-42 (U.S. EPA, 1995a) y del software Industrial Pollution Control (Control de Contaminación Industrial) (IPC, 1995) desarrollado por el Banco Mundial, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Además de otros estudios realizados por instituciones cubanas como CUJAE y CUBAENERGIA.

Tabla 1. Factores de Emisión para las instalaciones de calderas

Contaminante	Factor de emisión (kg/m ³)		Referencia
	Fuel Oil	Diesel	
NO _x	5,63	3,44	AP-42
SO ₂	75,16	42,49	AP-42
PM10	2,42	0,28	AP-42
PM2.5	1,82	0,19	AP-42
CO	0,60	0,60	AP-42
COVDM	0,042	0,049	AP-42

Fuente: Adaptado de AP-42, (1998)

Tabla 2. Factores de Emisión para Grupos electrógenos (para 4 motores)

Contaminante	Factor de emisión (g/KW-h)		Referencia
	Fuel Oil	Diesel	
NO _x	42,59	17,0	CUJAE/CUBAENERGIA
SO ₂	22,43	16,0	CUJAE/CUBAENERGIA
PM10	0,42	0,25	AP42/CUBAENERGIA
PM2.5	0,21	0,125	AP42/CUBAENERGIA
CO	2,07	1,44	CUJAE/CORINAIR
COVDM	0,183	0,180	CORINAIR

Fuente: Adaptado de CUJAE: González, (2010); CUBAENERGIA: Fonseca *et al.*, (2012); AP-42, (1998); CORINAIR

Tabla 3. Factores de emisión para la quema de bagazo en calderas de los centrales azucareros

Contaminante	Factor de emisión Bagazo (kg/t)	Referencia
NO _x	0,52	AP-42, EPA
PM ₁₀	7,09	AP-42, EPA
PM _{2,5}	3,54	AP-42, EPA
SO ₂	0,00	AP-42, EPA

Fuente: AP-42, (1998); Núñez, (2011)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El inventario de emisiones de las principales fuentes fijas de Holguín, se realizó tomando como año base el 2016, el mismo abarcó 13 municipios de la provincia, lo que representa alrededor de 71 fuentes fijas. Se obtuvo una gran cantidad de información tecnológica y de producción que permitió sentar las bases para conocer las emisiones de cada localidad (ver tabla 4). El inventario muestra las emisiones generadas por la industria de la energía (termoeléctricas, grupos, electrógenos), centrales azucareros, hornos, incineradores y las calderas que producen energía en diversos procesos industriales y de servicios. El conocimiento de estas emisiones son una valiosa herramienta de gestión ambiental para el control y mitigación de la contaminación atmosférica en el territorio.

Tabla 4. Emisiones por municipios de los contaminantes primarios en Toneladas al año (Ton/Año) para el 2016

Municipios	No Fuentes	NO _x	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	COVDM
HOLGUÍN	19	598,625	1084,421	23,612	15,647	52,204	6,261
BÁGUANOS	2	223,988	96,634	197,686	197,123	2070,366	737,911
GIBARA	1	76,568	72,064	1,126	0,563	6,486	0,811
MOA	19	5599,612	71894,941	2314,022	1740,095	578,143	40,724
CUETO	1	71,289	11,890	94,884	94,884	996,285	355,815
MAYARÍ	11	2782,469	35137,393	1130,756	850,261	283,456	20,020
SAGUA	3	383,651	50,512	0,946	0,473	4,662	0,412
FRANK PAÍS	2	191,825	101,025	1,892	0,946	9,323	0,824
RAFAEL FREYRE	2	383,651	202,049	3,783	1,892	18,647	1,648
CACOCUM	2	191,825	101,025	1,892	0,946	9,323	0,824
URBANO NORIS	3	142,327	23,721	189,769	189,769	1992,572	711,633
BANES	5	767,301	404,099	7,567	3,783	37,293	3,297
CALIXTO GARCÍA	1	138,992	130,816	2,044	1,022	11,773	1,472
TOTAL	71	11552,123	109310,591	3969,978	3097,404	6070,533	1881,653

Fuente: Elaboración Propia

Estudios recientes realizados por el Centro de Contaminación y Química de la Atmósfera (CECONT, 2014) del Instituto de Meteorología, relacionados con las emisiones de contaminantes provenientes de fuentes fijas de Cuba, evidencian que el contaminante que más se emite a la atmósfera es el SO₂, aspecto que coincide con los resultados obtenidos en esta investigación a nivel local (ver figura 2).

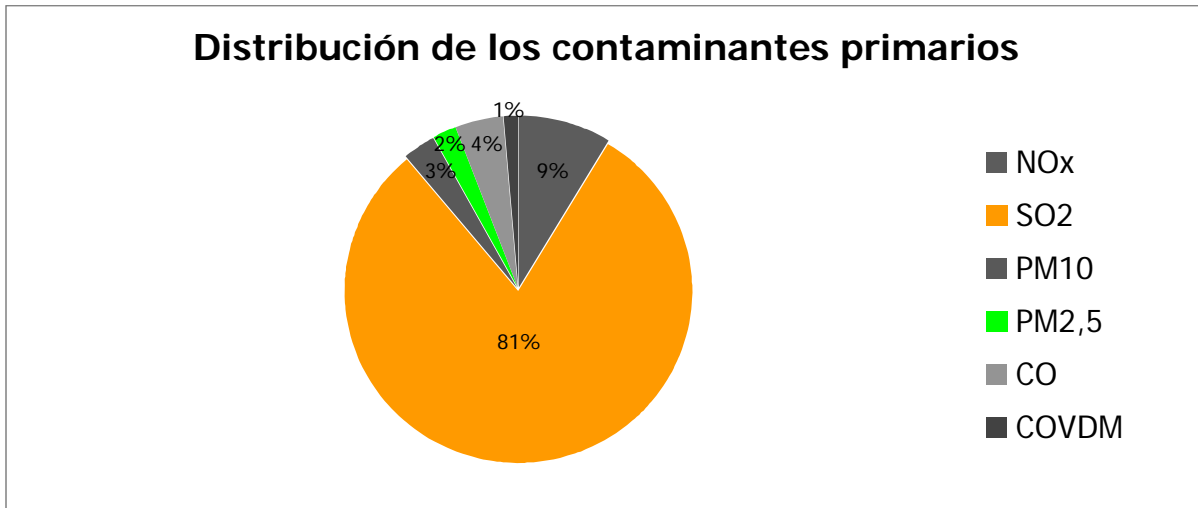


Figura 2. Distribución de los contaminantes primarios en por ciento. Fuente: Elaboración propia

En los municipios de Moa, Mayarí y Holguín, están presentes potentes fuentes asociadas a la industria niquelífera (hornos y calderas) y el sector de la energía (centrales termoeléctricas y grupos electrógenos), las cuales producen emisiones considerables de SO₂ por el alto contenido de azufre en el combustible utilizado (ver figura 3). Las fuentes contaminantes ubicadas al este de la provincia en el municipio de Moa, pertenecientes al polo niquelífero consumen aproximadamente 1178297 Ton/año de combustible fósil, sin embargo las fuentes situadas en el municipio de Mayarí pertenecientes a la Central Termoeléctrica “Lidio Ramón Pérez” de Felton consumen alrededor de 467 000 ton/año de este tipo de combustible, aspectos que convierten a la provincia en la mayor emisora del referido contaminante a nivel nacional con más de 109 000 Ton/año, teniendo en cuenta los estudios realizados por el CECONT, 2014, donde la provincia de Artemisa emite aproximadamente 70000 Ton/año de SO₂, seguida de Camagüey con 45 000 Ton/año y Cienfuegos con casi 40 000 ton/año .

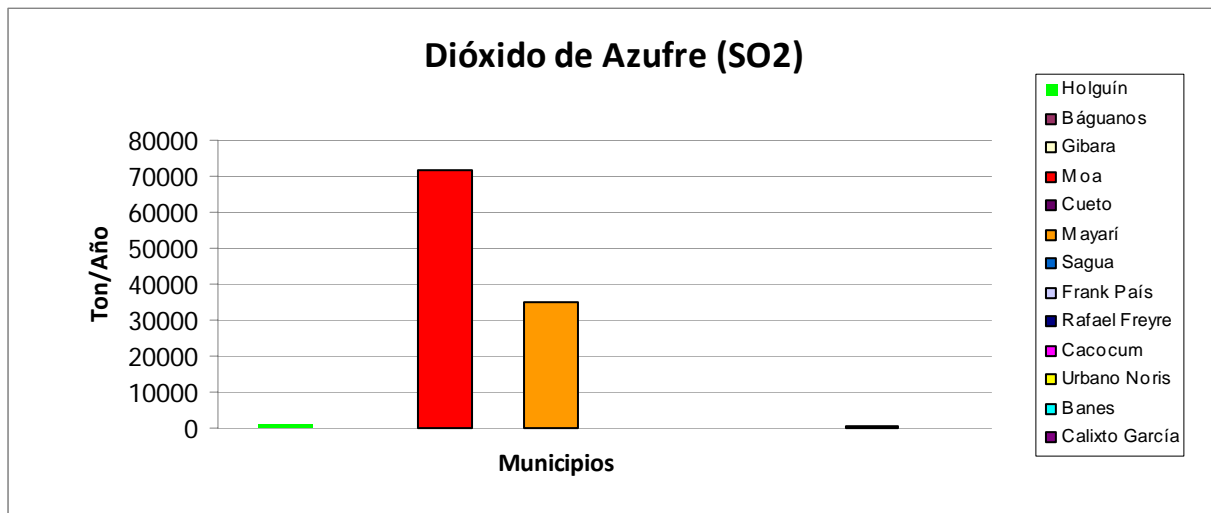


Figura 3. Emisiones de Dióxido de Azufre en Ton/ Año por municipios. Fuente: Elaboración propia

Un comportamiento similar presentan los NO_x, incidiendo las fuentes asociadas a la industria del níquel (hornos y calderas) y el sector de la energía (centrales termoeléctricas y grupos electrógenos) (ver figura 4).

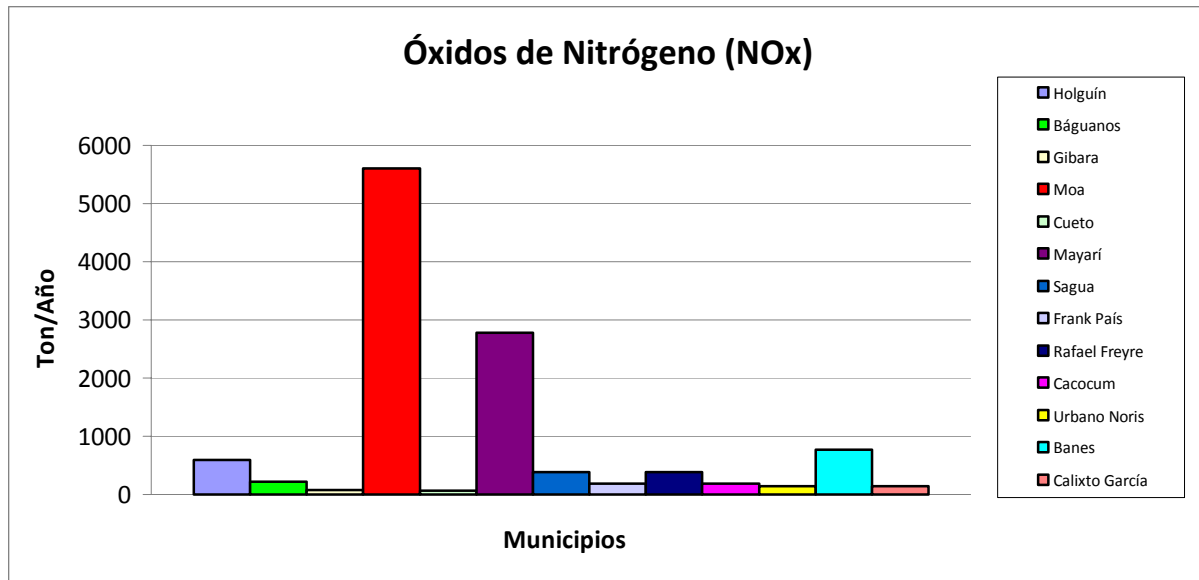


Figura 4. Emisiones de Óxidos de Nitrógeno en Ton/ Año por municipios. Fuente: Elaboración propia

Por su parte, la quema de combustibles fósiles en la industria niquelífera y de la energía, la quema de la biomasa para la obtención de azúcar y sus derivados, son la causa fundamental que contribuyen a la emisión de Material Particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}) (ver figura 5).

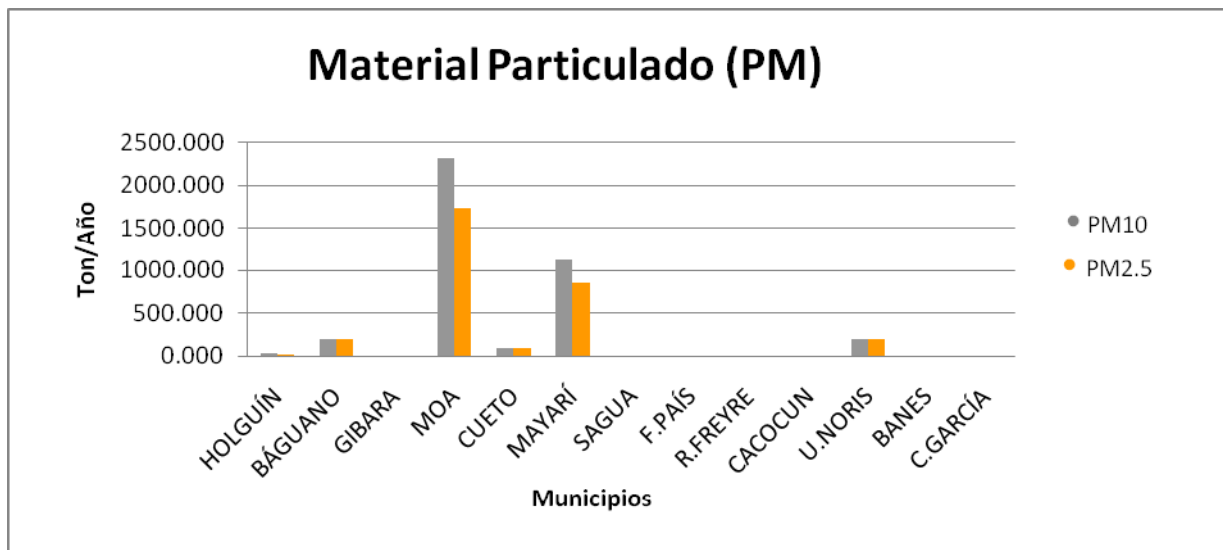


Figura 5. Emisiones de PM₁₀ y PM_{2,5} en Ton/ Año por municipios. Fuente: Elaboración propia

El Inventario Nacional de Emisiones Atmosféricas de las principales fuentes fijas, realizado por el CECONT en 2014 mostró que la Provincia de Holguín es una de las localidades que más emite Monóxido de Carbono a la atmósfera. Los autores de esta investigación coinciden con los elementos anteriormente abordados, estas altas emisiones son muestras de la no eficiencia de la combustión en las calderas debido al mal estado técnico de las mismas. En el territorio se emiten más de 6 mil toneladas al año (ver figura 6).

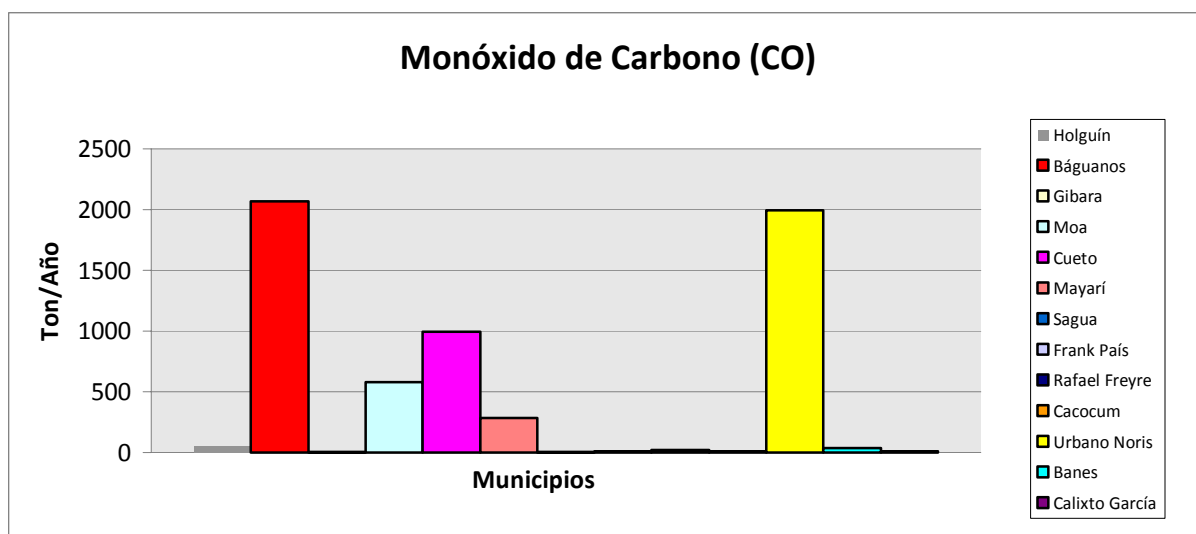


Figura 6. Emisiones de Monóxido de Carbono en Ton/ Año por municipios. Fuente: Elaboración propia. Mientras que los Compuestos Orgánicos Volátiles diferentes del Metano mostraron que los municipios más emisores son Urbano Noris, Báguanos y Cueto vinculados a la quema de biomasa en la industria azucarera (ver figura 7).

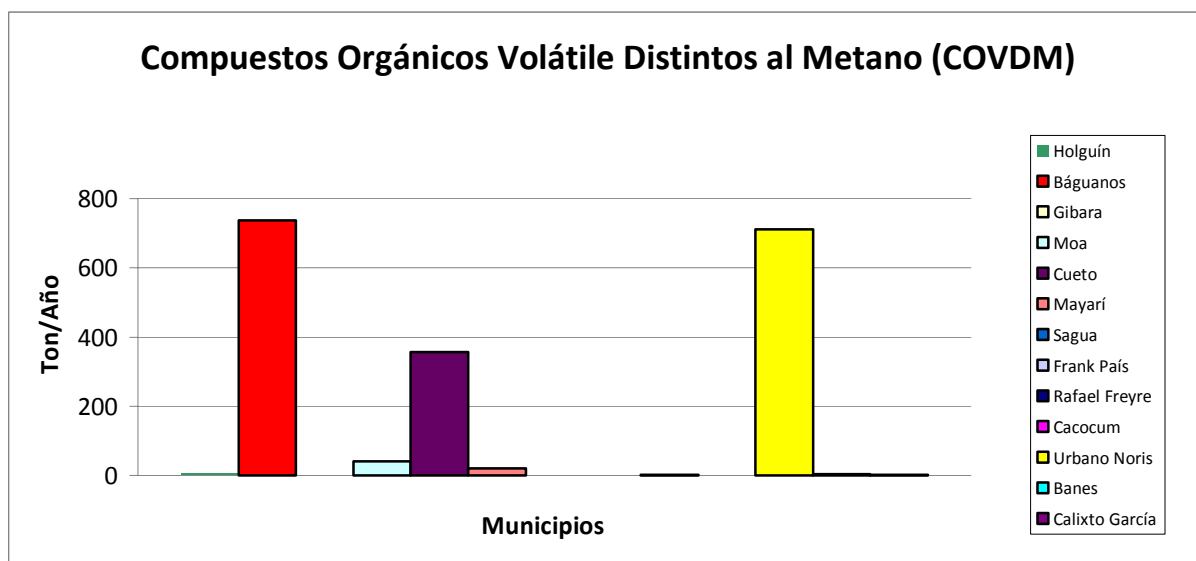


Figura 7. Emisiones de COVDM en Ton/ Año por municipios. Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. En el inventario de emisiones de las principales fuentes fijas de la Provincia de Holguín para el año 2016, se puede apreciar que la emisión de SO_2 es de alrededor de 109 mil toneladas al año, lo que representa el 81 % de los contaminantes primarios. Los NO_x con una emisión de 11 mil toneladas es el segundo en cantidad con un 9 % del total. El monóxido de carbono representa el 4 % de las emisiones, con más de 6 mil toneladas.
2. Los municipios que más emiten contaminantes a la atmósfera son Moa, Mayarí, Holguín, Báguano y Urbano Noris. En estas localidades están presentes potentes fuentes asociadas a la industria del níquel (hornos y calderas), el sector de la energía (centrales termoeléctricas y grupos electrógenos), las cuales producen emisiones por el alto contenido de azufre en el combustible.

utilizado, así como material particulado proveniente de esta y de la quema de biomasa en centrales azucareros en algunas de las zonas de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cuesta, O. et al. (1996). Calidad del aire y asma bronquial en la Ciudad de la Habana, Memorias Primer Congreso de Contaminación Atmosférica en Países en Desarrollo, pp 123 - 130, San José, Costa Rica.
2. Cuesta, O. et al. (2003). Calidad del aire en la zona de la ribera este de la bahía de La Habana. Memorias publicadas en el Congreso Iberoamericano de Meteorología, 2003. La Habana. ISSN 959-270-014-1.
3. Cuesta, O. et al. (2012). Evaluación de la calidad del aire en ciudades de Cuba. Publicación Electrónica, ISBN, 978-959-282-079-1, Memorias de la Convención Internacional Trópico 2012, La Habana, 14 – 18 de Mayo de 2012.
4. Cuesta, O. et al. (2014). Diagnóstico del medio ambiente atmosférico producto de las principales fuentes fijas de la Ciudad de La Habana. Proyecto de Innovación Tecnológica. CECONT, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.
5. Cuesta, O. y Wallo A. (2010). Fuentes de contaminación atmosférica y su relación con la calidad del aire. Publicación Electrónica, ISBN, 978-959-261- 317-1, Memorias de la Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, Ciudad de La Habana, 29 noviembre al 3 de diciembre de 2010.
6. DIGESA. (2005). Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos. Dirección General de Salud Ambiental. Perú.
7. EMEP/CORINAIR (2007). Guía para la realización del inventario de emisiones atmosféricas de la Agencia Europea de Medioambiente.
8. EPA. (1995a). Compilation of air pollutant emission factors. Emission factor documentation for Stationary Internal Combustion Sources. AP-42, Section 3.0.1
9. EPA. (1995b). Compilation of air pollutant emission factors. Emission factor documentation for Portland Cement Manufacturing. AP-42, Section 11.6.1
10. EPA. (1995c). Compilation of air pollutant emission factors. Emission factor documentation for Portland Cement Manufacturing. AP-42, Section 11.6.2
11. EPA. (1998). Compilation of air pollutant emission factors, volume 1: Stationary point and area sources, fifth edition, AP-42. US Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, Carolina del Norte.
12. Fonseca et al., (2012). Air quality study, comparison between the proposed and actual scenarios of generator sets in Havana, by using CALPUFF model. Air Pollution - Monitoring, Modelling, Health and Control, ISBN 978-953-51-0381-3.
13. González, M. (2010): Estudio de la calidad del aire en el entorno de la CUJAE. Tesis presentada en opción al título de Máster en Ingeniería en Saneamiento Ambiental. pp. 55, ISPJAE, MES, La Habana.
14. López, C. (2006). Introducción a la Gestión de la Calidad del Aire. Instituto de Meteorología. Centro de Contaminación y Química Atmosférica. La Habana.
15. NC 1049: 2014. Guía de datos tecnológicos para el inventario de emisiones de los contaminantes atmosféricos desde fuentes industriales estacionarias. Oficina Nacional de Normalización (ONN). Cuban National Bureau of Standards.

16. Núñez, C. (2011). Fuentes fijas responsables de las máximas emisiones de SO₂ en la provincia de Villa Clara, Cuba. Publicación Electrónica, ISBN, 978-959-282-079-1, Memorias de la Convención Internacional Trópico 2012, La Habana, 14 – 18 de Mayo de 2012.
17. Sosa, C. (2016). Gestión de la contaminación del aire en un municipio Industrial. Caso de estudio: Mariel. Instituto de Meteorología. Centro de Contaminación y Química Atmosférica. La Habana.