

EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS PROVENIENTES DE LAS FUENTES FIJAS DE LA PROVINCIA MAYABEQUE

Autor: Dianelys Otaño Seijas

Nombre de la institución: CMP: Hab-ART-May, dirección: Estación Meteorológica Güines, País: Cuba, E-mail: dianelis.otano@insmet.cu

En la presente investigación se identifican las principales fuentes fijas que están integradas por diversas industrias en los municipios de la provincia Mayabeque entre ellas podemos mencionar las industrias de alimentos, de la construcción, las centrales de generación energética y los centrales azucareros entre otros. Este levantamiento se realizó con año base 2014, toda la información recopilada en las industrias quedaron plasmadas en el anexo B (Planillas para la captación de datos de emisión) norma cubana (NC 1049: 2014). Con el análisis y procesamiento de la información obtenida, se obtuvieron las emisiones provenientes de las distintas fuentes en los distintos municipios correspondientes a la provincia, además de identificar los organismos que más contribuyen al aporte de emisiones contaminantes a la atmósfera, evidenciándose la importancia que tienen los inventarios de emisiones por ser la base de los programas de manejo de la calidad del aire. La evaluación de las contribuciones e interacciones de las fuentes de contaminación del aire en una localidad, contribuyen a la identificación de zonas con problemas críticos de la contaminación del aire; la identificación de especies químicas de interés que están provocando problemas de contaminación en zonas específicas; son fuentes de datos de entrada para los modelos de calidad del aire y de dispersión de contaminantes en la atmósfera; para investigar las tendencias de las emisiones; para el desarrollo, implementación, planeamiento y trazado de estrategias de control de la contaminación atmosférica; y por último proporciona información a los interesados, incluyendo al público.

Abstract

In the present research the main fixed sources are identified that are integrated by diverse industries in the municipalities of the Mayabeque province among them we can mention the industries of the construction, the power generation plants and the sugar factories among others. This survey was carried out with base year 2014, all the information collected in the industries were embodied in Annex B (Formulas for capturing emission data) Cuban standard (NC 1049: 2014). With the analysis and processing of the obtained information, the emissions from the different sources were obtained in the different municipalities corresponding to the province, in addition to identifying the organisms that contribute most to the contribution of polluting emissions to the atmosphere, evidencing the importance of the emission inventories for being the basis of air quality management programs. Assessing the contributions and interactions of air pollution sources in a locality contributes to the identification of areas with critical air pollution problems; the identification of chemical species of interest that are causing pollution problems in specific areas; are sources of input data for models of air

quality and dispersion of pollutants in the atmosphere; to investigate emissions trends; for the development, implementation, planning and design of strategies to control air pollution; and finally provides information to stakeholders, including the public.

Introducción

Existen diferentes formas para referirse a las fuentes fijas; lo más utilizado es fuente puntual o fuente estacionaria (Wark y Warner, 1998). Un inventario de las emisiones de este tipo de instalaciones logra retratar en un momento en el tiempo la contribución de los diferentes sectores industriales, comerciales y de servicios a las emisiones a la atmósfera de diversos contaminantes de interés.

Los inventarios de emisiones en general son esenciales para la adecuada gestión de la calidad del aire porque: nos brindan información precisa sobre las emisiones de los diferentes sectores, cuantifican los niveles de emisión en determinadas áreas o regiones del país y permiten hacer comparaciones para diferentes periodos. Permiten contar con información básica para la aplicación efectiva de otras herramientas del proceso de gestión, como los programas de monitoreo de la calidad del aire. Contribuyen a la planificación, el diseño y la implementación de las políticas públicas, y dan soporte a la aplicación de medidas específicas de control de contaminación atmosférica. Permiten jerarquizar las fuentes de emisión de acuerdo con su contribución y evaluar la efectividad de las medidas de control implementadas en una región de interés.

La elaboración de inventarios de emisiones es una labor que involucra todo un proceso de recopilación y procesamiento, análisis y control de la calidad de la información, además de la elaboración de reportes. El problema de la contaminación del aire puede ser representado mediante un sistema integrado por tres componentes fundamentales: las fuentes de emisión, la atmósfera y los receptores. El origen de la contaminación del aire se encuentra en las fuentes de emisión. Los contaminantes son emitidos desde las fuentes a la atmósfera que actúa como medio para el transporte, la dilución y mezcla, la remoción, la acumulación y las transformaciones físicas y química de los mismos. Por último, los receptores son los seres vivos y los materiales afectados por las sustancias contaminantes.

En la búsqueda de caracterizar y cuantificar las emisiones de contaminantes atmosféricas que se producen en una determinada zona de estudio, los inventarios de emisiones resultan ser una herramienta muy útil, pues permiten identificar los sectores relevantes por su mayor aporte de contaminantes al aire, información que puede ser utilizada para direccionar los esfuerzos en la reducción de la contaminación, por lo tanto el modelo de inventario de emisiones se convierte en una herramienta indispensable para la gestión de la calidad del aire.

Los pasos técnicos del desarrollo de inventarios de emisiones representan la continuidad del trabajo que requiere la actualización de ellos. En general, los primeros inventarios se caracterizan por tener información faltante y otras imperfecciones, pero la calidad de inventarios posteriores y actualizados mejora gradualmente.

La meta final es desarrollar inventarios de emisiones más precisos y que representen los datos más actuales de las emisiones de contaminantes atmosféricos y datos asociados de las fuentes, dentro de un área geográfica determinada en un intervalo de tiempo específico. Sin embargo, las limitaciones prácticas ameritan un enfoque continuo para alcanzar este objetivo. Con el tiempo, el desarrollo sistemático del inventario reducirá la incertidumbre y mejorará su calidad general.

Existen sobradas evidencias que muestran la incidencia negativa de una deficiente calidad del aire en ciudades y zonas industriales en la salud humana y los ecosistemas. La contaminación atmosférica incide y agrava procesos asociados a enfermedades respiratorias, vasculares y a diversos tipos de cáncer (Molina, E., et al., 2001; Romero, M., et al., 2014 y 2006; Cuesta y Wallo, 2009; Wallo y Cuesta, 2012).

El conocimiento del comportamiento de los principales compuestos del ciclo Atmosférico del nitrógeno tiene gran importancia en las tareas encaminadas a la protección de la calidad del aire (Cuesta, 1995). Los efectos de las emisiones de numerosas fuentes fijas de la actividad comercial y las emisiones provocadas por los vehículos (Cuesta, 2000). Quemar biomasa cañera no exime de emitir gases contaminantes a la atmósfera (Domenech-López *et al.*, [2011]. Existen diversos datos cuantitativos provenientes del monitoreo realizado a través de proyectos y estudios de gestión de la contaminación atmosférica realizados a lo largo y ancho de Cuba que muestran algunos resultados (Cuesta, O. et al. 2002; Wallo y Cuesta, 2005; Cuesta, O. et al 2014).

Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo propone como objetivo Identificar las fuentes fijas y cuantificar la cantidad de emisiones en la provincia Mayabeque. Identificar las fuentes puntuales que emiten mayor cantidad de contaminantes a la atmosfera. Identificar los contaminantes de interés que están provocando problemas de contaminación en localidades específicas e Identificar los organismos de mayor contribución a emisiones de contaminantes a la atmosfera.

Materiales y métodos

Datos tecnológicos de las fuentes inventariadas recopilados en el anexo B, que hicieron posible los cálculos de las emisiones de contaminantes a la atmosfera.

El Microsoft Excel: que permite la realización de gráficas y tablas a partir de la entrada de valores. Obtenidos después de cálculos de factores de emisión.

Búsqueda de información sobre todos los municipios para conocer la cantidad de fuentes y lugares donde estaban enclavadas.

Para la realización de inventarios de emisiones de contaminantes atmosféricos en la provincia Mayabeque se siguieron los procedimientos reflejados en la NC 1049:2014, la cual establece los datos tecnológicos que se han de tener en cuenta para la realización de inventarios de emisiones, generada por fuentes puntuales industriales. Para calcular las emisiones se utilizaron los factores de emisión. Los que se obtuvieron a través de las fuentes siguientes:

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). Por otro lado se utilizan valores de emisiones medidos en calderas, grupos electrógenos y centrales termoeléctricas desarrollados por Cuba energía y la Universidad Central de Villa Clara (Núñez, V, et al., 2013; Roig, A., et al., 2016), los cuales son una importante contribución al conocimiento de las emisiones en Cuba y se han utilizado en la confección del presente inventario nacional de emisiones asociados a las fuentes fijas.

$$E = FE * A * (1-ER/100) \quad (1)$$

Donde:

E = Emisión en g/s. 10

FE = Factor de emisión en g/kg.

A = Nivel de intensidad de la actividad (consumo de combustibles, producción), en unidades de masa o volumen por tiempo

ER = Eficiencia global en la reducción de emisiones (%)

El inventario de las emisiones atmosféricas de las principales fuentes fijas de la provincia Mayabeque abarcó sus 11 municipios, en todas las empresas e industrias se obtuvo información de las fuentes y datos tecnológicos de las mismas necesarias para calcular las emisiones en cada municipio de la provincia.

Análisis de los resultados

Tabla1. Total de fuentes por municipios

Inventario de fuentes fijas provincia Mayabeque											
Bejucal	San José	Jaruco	Santa Cruz	Madruga	Nueva Paz	San Nicolás	Güines	Melena	Batabanó	Quivicán	Total
1	6	0	3	1	3	1	3	0	3	1	22

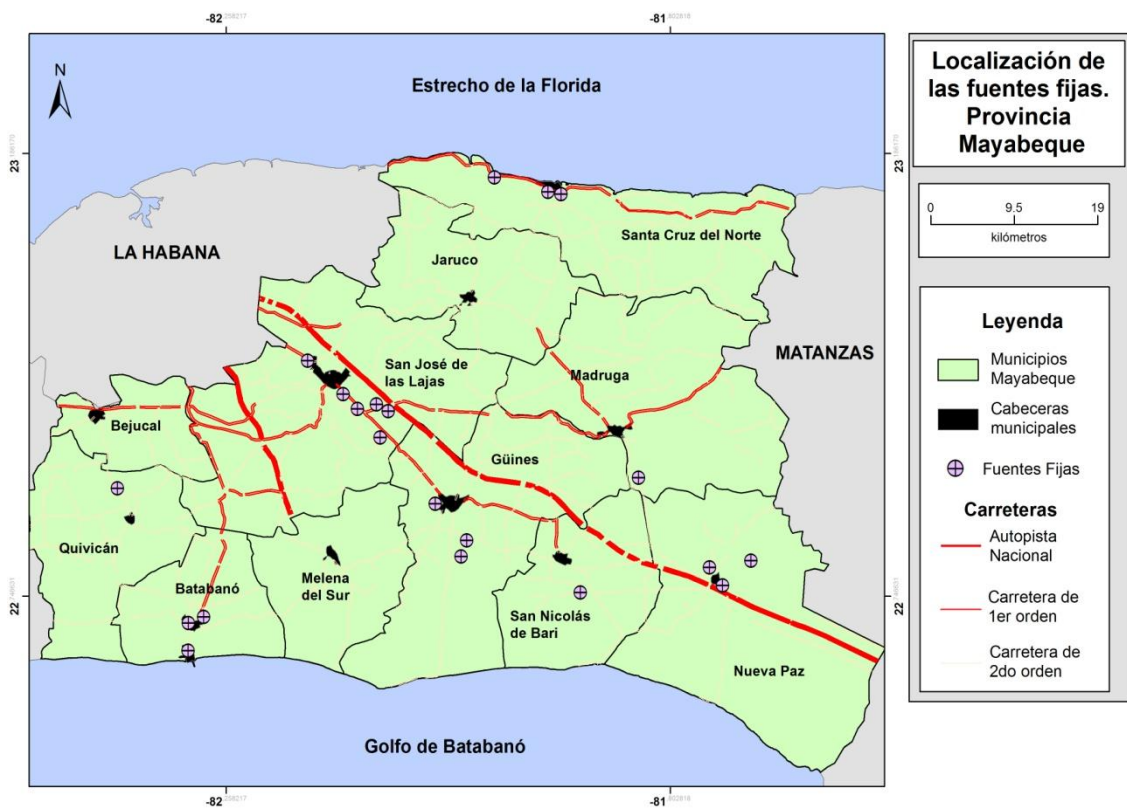


Fig. 1. Localización de las fuentes fijas de la provincia Mayabeque

Tabla 2. Emisiones de los contaminantes atmosféricos principales en la provincia mayabeque año 2014, en Toneladas al año (Ton/Año).

Municipios	NOx	SO2	PM10	PM2.5	CO	COVDM	Total
San José	56,848	707,304	76,753	31,28	7,221	0,539	879,945
San Nicolás	512,464	0	5265,942	3005,072	0	0	8783,478
Nueva Paz	539,891	25,85	5220,229	2982,729	3,623	0,254	8772,576
Santa Cruz	2526,539	4937,254	1620,036	1202,687	269,259	18,848	10574,623
Güines	178,197	142,735	1095,437	813,234	182,067	1,432	2413,102
Batabanó	1,307	1,238	0,794	0,588	0,269	0,01	4,206
Madruga	341,117	0	3505,227	2000,3	0	0	5846,644
Quivicán	72,941	0	749,519	427,722	0	0	1250,182
Bejucal	10,483	129,482	0,853	0,579	1,828	0,149	143,374
Total	4239,787	5943,863	17534,79	10464,191	464,267	21,232	38668,13

Del total de contaminantes emitidos en nuestra provincia el mayor por ciento de las emisiones corresponde al Material particulado PM10, seguido de emisiones de PM 2.5 Ver **Figura 2**.

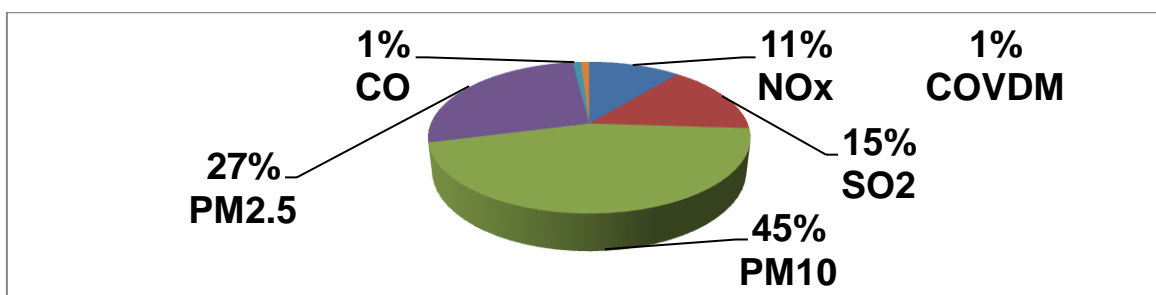


Fig. 2. Distribución porcentual de las emisiones de los contaminantes principales en la provincia Mayabeque.

Analizando las emisiones por cada municipio de determino que la localidad que tiene mayores emisiones de NOx y SO2 es Santa Cruz del Norte, siendo la Central termoeléctrica la protagonista del 59% y 82% de las emisiones de dicho contaminante respectivamente Ver **Gráfico 1 y 2**.

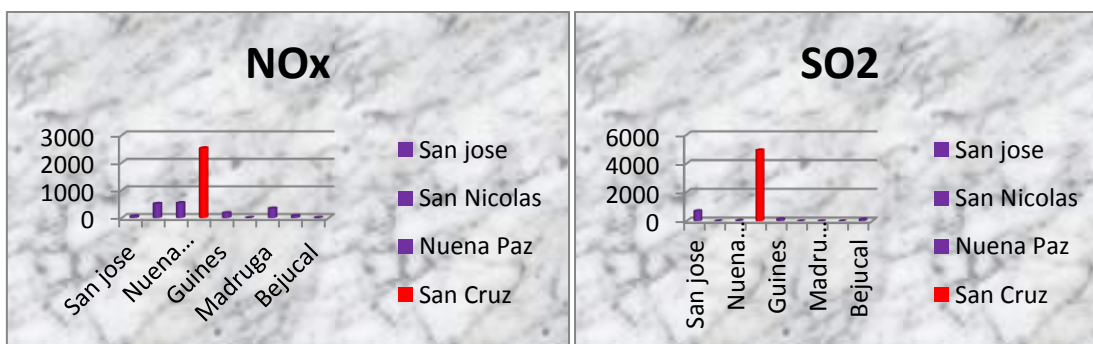


Gráfico .1. Emisiones Óxidos de Nitrógeno

Grafico .2. Emisiones de Dióxido de Azufre

Analizando los gráficos siguientes observamos que las mayores emisiones de material particulado PM10 fueron emitidas por las fuentes de San Nicolás (Central Héctor Molina) y Nueva Paz (Quemadero, del Central Héctor Molina) representando un 30% en cada una seguidas por Madruga (Central Boris Luis Santa Coloma) con un 20% .Para el caso del PM2.5 fue muy similar. Ya que el 30% el 28% y el 19% fueron emitidas por las mismas fuentes asociado en gran medida a la quema de la biomasa para la obtención de azúcar y sus derivados. Ver Gráfico 3 y 4.

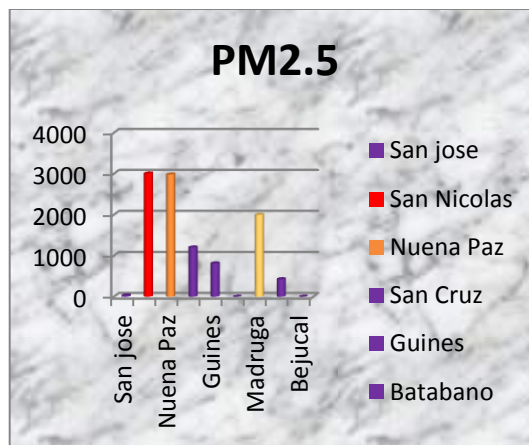
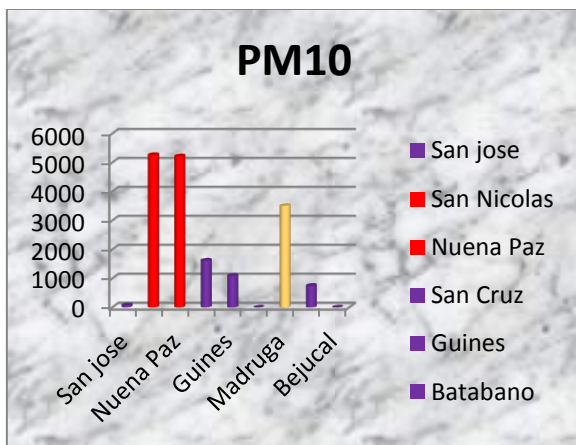


Gráfico. 3. Emisiones de PM 10

Gráfico. 4. Emisiones de PM2.5

Si analizamos las emisiones de monóxido de Carbono en toda la provincia observamos que El 58 % de ellas fueron emitidas por Santa cruz del Norte, seguidas por Güines con un 39 % .Ver **Gráfico 5.** Para el caso de los COVDM el 89% de emisiones correspondió al municipio de Santa Cruz del Norte, producto a las emisiones de la central termoeléctrica. Ver **Gráfico 6**

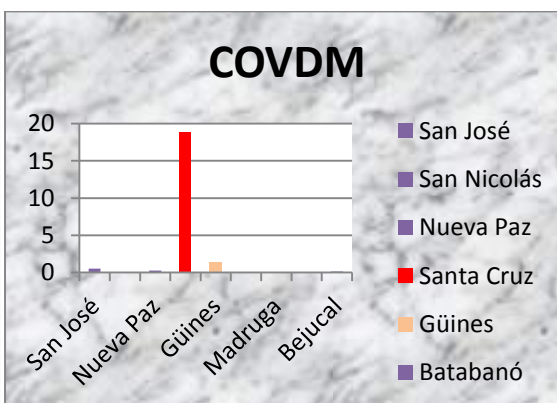
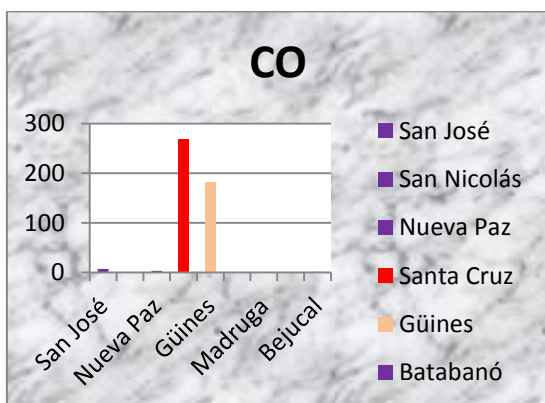


Gráfico. 5. Emisiones de CO

Gráfico. 6. Emisiones de COVDM

Emisiones de contaminantes por organismos.

Los inventarios de emisiones identifican las instituciones responsables, con el fin de implementar medidas de control y establecer futuras estrategias de mitigación. En el caso de nuestra provincia identificamos los organismos que mayor aporte tienen a las emisiones de acuerdo a los procesos industriales que realizan.

Tabla 3. Emisiones de contaminantes por organismos.

Organismos	NOx	SO2	PM10	PM2.5	CO	COVDM	Total
MINEM	2708,996	5170,034	1731,161	1285,129	289,413	20,28	11205,013
AZCUBA	1432,416	0	14719,118	8399,64	0	0	24551,174
MINAL	79,123	589,744	50,734	37,665	8,434	0,59	766,29
MINDUS	16,201	181,487	983,352	729,947	165,923	0,323	2077,233
MICONS	2,184	2,046	49,734	11,726	0,352	0,027	66,069
MINIL- GEMPIL	0,781	0,483	0,636	0,043	0,136	0,011	2,09
MINFAR	0,086	0,069	0,055	0,041	0,009	0,001	0,261
Total	4239,787	5943,863	17534,79	10464,191	464,267	21,232	38668,13

En nuestra provincia AZCUBA seguido del MINEM son los responsables de los mayores aportes de contaminantes a la Atmósfera. Ver figura 4

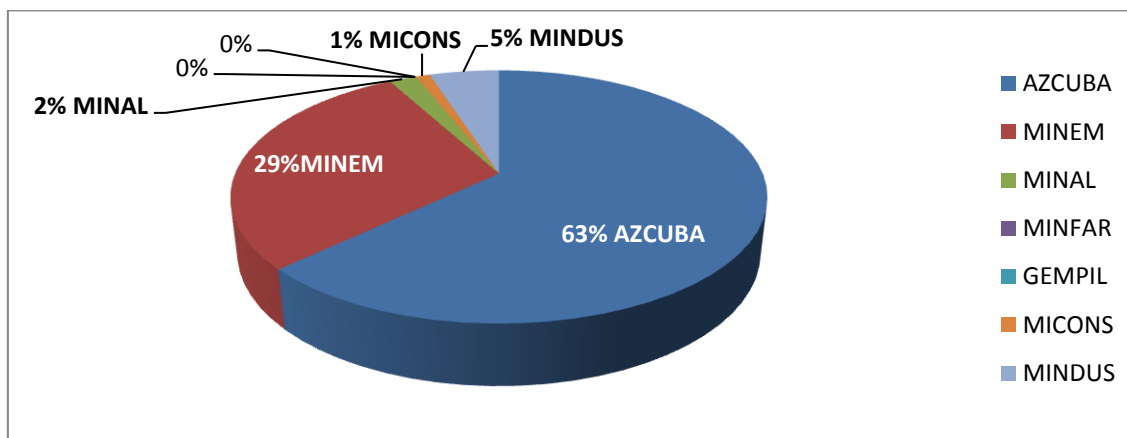


Fig. 4. Distribución en porcentaje del aporte de los organismos a las emisiones.

AZCUBA es el organismo que tiene mayores instituciones que en sus procesos industriales emiten mayor cantidad de contaminantes a la atmósfera ya que los centrales azucareros son los mayores emisores de partículas PM10 y PM2.5. Ver Gráfico 7 y 8. Estas emisiones ocupan el 94% de las emitidas por este organismo. Las emisiones de este contaminante están asociadas a la quema de la biomasa para la obtención de azúcar y sus derivados.

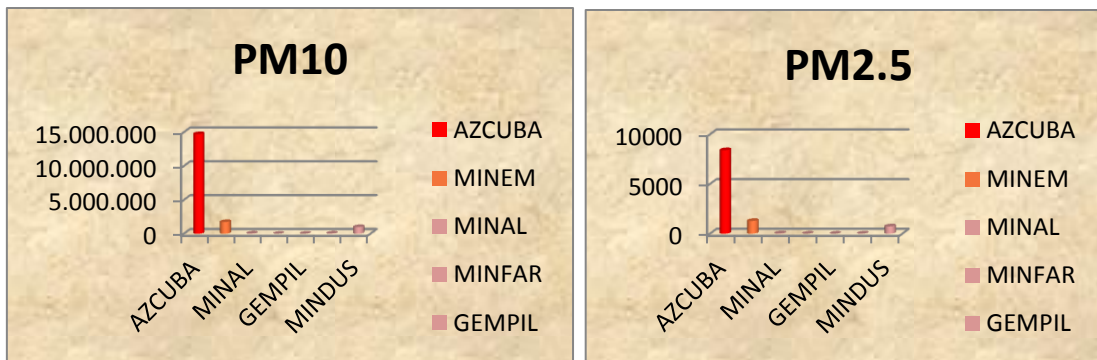


Gráfico. 7. Emisiones de PM10

Gráfico .8.Emisiones de PM2.5

Tabla 4. Emisiones de fuentes pertenecientes a industrias de AZCUBA

Municipios	Fuentes	NOx	SO2	PM10	PM2.5	CO	COVDM	Total
N Paz	Quemadero del CA							
	Héctor Molina	505,894	0	5198,43	2966,55	0	0	8670,87
Madrugá	CA Boris Luis	341,117	0	3505,227	2000,3	0	0	5846,644
Quivicán	CA M Fajardo	72,941	0	749,519	427,722	0	0	1250,182
S Nicolás	CA Héctor Molina	512,464	0	5265,942	3005,07	0	0	8783,478
	Total	1432,42	0	14719,118	8399,64	0	0	24551,17

(CA) Central Azucarero.



Fig.3. Centrales azucareros ubicados en la provincia de Mayabeque. Fuente: <http://www.azcuba.cu>.

MINEM agrupa los centros de generación energética y muy especial la termoeléctrica de Santa Cruz del Norte. El 87% de SO₂ fueron emitidos por esas industrias . El 63% y 62% de NO_x y CO respectivamente también fueron emitidos por ellos. **Ver Grafico 9,10y11.**

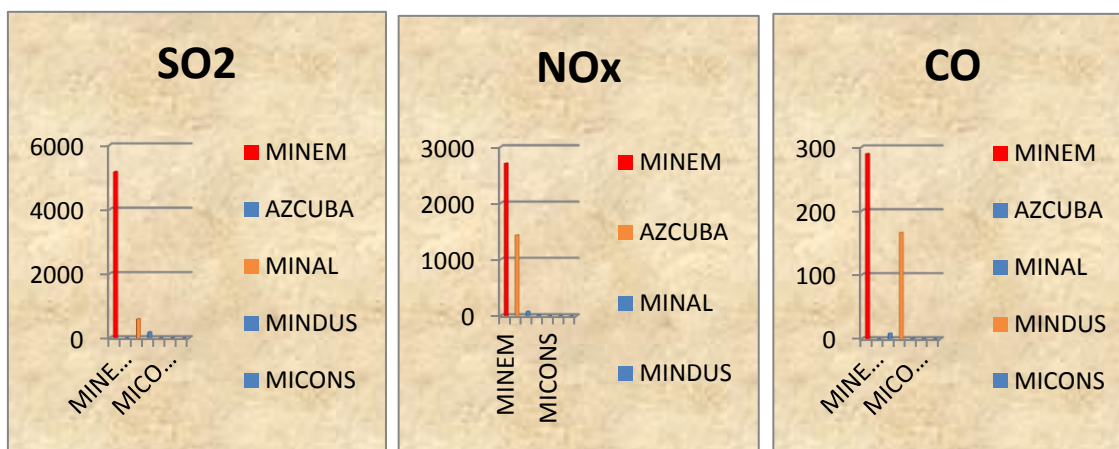


Gráfico 9. Emisiones de SO₂ Gráfico 10. Emisiones de NO_x Gráfico11. Emisiones de CO

Tabla 5. Emisiones de fuentes pertenecientes a industrias de MINEM

Municipios	Fuentes	NO _x	SO ₂	PM10	PM2.5	CO	COVDM	Total
N Paz	Herrajes	10,954	11,699	7,024	5,214	1,167	0,082	36,14
S cruz	T.Eléctrica	2510,98	4887,414	1610,06	1195,28	267,6	18,732	10490,07
Güines	G.E	176,579	141,439	113,224	84,056	18,818	1,317	535,433
Bejucal	G.E	10,483	129,482	0,853	0,579	1,828	0,149	143,374
	Total	2709	5170,034	1731,161	1285,129	289,413	20,28	11205,01

Las industrias pertenecientes al MINAL solo emitieron el 2% de las emisiones totales. Sin embargo en cuanto a las emisiones de SO₂ fueron responsables de 10% de las emisiones totales de ese contaminante, esto se asocia con las emisiones de la Ronera de San José de las Lajas. **Ver Tabla 6.**

Tabla 6.Emisiones de fuentes pertenecientes a industrias de MINAL

Municipios	Fuentes	NO _x	SO ₂	PM10	PM2.5	CO	COVDM	TOTAL
N Paz	Cárnica	23,043	14,151	14,775	10,969	2,456	0,172	65,566
San José	Ronera SJ	39,293	524,564	25,195	18,705	4,188	0,293	612,238
S Cruz	Ronera SC	15,554	49,835	9,973	7,404	1,658	0,116	84,54
S Cruz	Levadura	0,005	0,005	0,003	0,003	0,001	0	0,017
Batabanó	Pesquera	0,268	0,163	0,172	0,127	0,029	0,002	0,761
Batabanó	D delicias	0,96	1,026	0,616	0,457	0,102	0,007	3,168
	Total	79,123	589,744	50,734	37,665	8,434	0,59	766,29

Analizando las emisiones de las industrias pertenecientes a MINDUS se obtuvo que las emisiones más significativas fueran del contaminante monóxido de carbono representando un 36%, Este comportamiento se le asocia a Refractarios Habana en el municipio de Güines. Ver **Tabla 7.**

Tabla 7.Emisiones de fuentes pertenecientes a industrias de MINDUS

Municipios	Fuentes	NOx	SO2	PM10	PM2.5	CO	COVDM	Total
S José	Cable	10,475	129,382	0,853	0,579	1,827	0,149	143,265
S José	Gomera	4,115	50,829	0,335	0,227	0,718	0,059	56,283
Güines	Refractarios	1,532	1,227	982,158	729,137	163,24	0,114	1877,41
Batabano	Muebles	0,079	0,049	0,006	0,004	0,138	0,001	0,277
	Total	16,201	181,487	983,352	729,947	165,923	0,323	2077,23

Las industrias pertenecientes al MICONS, MINFAR, MINIL- GEMPIL no tuvieron emisiones de ningún contaminante que fueran significativos.

Conclusiones

- ✚ Santa Cruz del Norte, tiene las fuentes con mayores emisiones de NOx CO, SO2, COVDM.
- ✚ Güines obtiene el segundo lugar de las emisiones de monóxido de carbono.
- ✚ San Nicolás y Nueva Paz fueron los municipios de mayores emisiones de material particulado PM10 y PM2.5 seguidos por madrugá.
- ✚ El MINEM es el organismo que agrupa instituciones en especial la central termoeléctrica que son responsables de los mayores aportes de SO2, CO, NOx y COVDM a la Atmósfera.
- ✚ AZCUBA es el organismo que tiene mayores instituciones que en sus procesos industriales emiten mayor cantidad de contaminantes a la atmosfera ocupa el 63% de las emisiones totales.
- ✚ AZCUBA es el organismo responsable del 84% y 80% de emisiones de PM10 y PM2.5 respectivamente.

Recomendaciones

- ❖ La termoeléctrica debe disminuir las emisiones, tomando medidas para ser más eficientes
- ❖ Los centrales azucareros deben utilizar los filtros de mangas para disminuir las emisiones
- ❖ Sería útil modelar la dispersión de estas emisiones para poder estimar la zona de influencia y el impacto de las emisiones de los gases estudiados.
- ❖ Se deben realizar inventarios para las fuentes móviles de contaminación

Agradecimientos

Agradecimiento especial al Dr Osvaldo Cuesta, por brindarme sus consejos, experiencia y por su confianza, a todas las instituciones que hicieron posible la recopilación de datos y a todo el grupo de contaminación que de alguna manera contribuyeron con su experiencia para la realización de este trabajo.

Bibliografía

Alvarez, R, L. Alvarez (2000): El efecto de acumulación y su influencia en el patrón de dispersión de contaminantes. Revista Brasileña de Meteorología. Vol.15. Nº1. 103- 111 pp.

Anel et al(2014): procedentes de centrales azucareros contaminantes atmosféricos

Cuesta, O. (1995): Caracterización de las concentraciones de los principales compuestos del nitrógeno atmosférico en Cuba y su relación con los Tipos de Situaciones Sinópticas. Tesis Doctoral en Ciencias Geográficas.

Cuesta, O., Wallo, A., Collazo, A., López, C., Roque, A., Campos, A., Alvarez, L., González, R., Arriba, A., González, M., Pérez, D., Labrador, R., Sánchez, P., Rivero, I., Echevarría, E., Ananias, G. y Manso, R. (2000): Caracterización del Medio Ambiente Atmosférico en la Rivera de la Bahía de la Habana.

Cuesta, O., González, M., Ortíz, P. y Collazo, A. (2010): La Deposición por nitrógeno atmosférico en Cuba. Impactos potenciales sobre la biodiversidad y el medio ambiente. Centro de Investigaciones del Medio Ambiente Atmosférico (CIMAA) del Instituto de Meteorología. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

Cuesta, O., Wallo, A., Montes de Oca, L., Pierre, A., Tricio, V. (2010): Calidad del aire en zonas urbanas de Cuba. CONAMA 11. Congreso de Medio Ambiente, España 2010.

<http://www.conama10.es/web/index.php>

Fonseca, M. (2010): Caracterización de las concentraciones de los gaseosos del nitrógeno atmosférico asociados a diversos Tipos de Situaciones Sinópticas (TSS) en la estación La Palma. Pinar del Río. Cuba. Trabajo de Diploma. INSTEC. 135 pp.

PNUMA, 2009: GEO Cuba 2007, Evolución del Medio Ambiente Cubano, pp.293, La Habana.

Rodríguez, D. 2007: Sistema Automatizado de Gestión de Información de Fuentes Contaminantes (SAGIFC). (MSc tesis). Pinar del Río: Universidad de Pinar del Río. 166 pp.

Reinosa et al (2017) Inventario de emisiones de dióxido de carbono procedentes de centrales azucareros de la provincia Mayabeque.

Sluyter, R. (1996): Panorámica de la Contaminación del Aire en las Ciudades Europeas. Boletín de la Organización Meteorológica Mundial. No. 2. Abril de 1996. 123-128.

