

## **Inventario de las fuentes fijas que producen contaminantes atmosféricos en la bahía de La Habana**

### **Inventory of the stationary sources that produce atmospheric pollutants to the Havana bay**

**Roy Peña Cossío<sup>1,\*</sup>, Anel Hernández-Garcés<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental del Transporte, Cimab. Carretera del Cristo No.3, esquina Tiscornia, Casablanca. La Habana, Cuba.

\*Autor de correspondencia: [roy@cimab.transnet.cu](mailto:roy@cimab.transnet.cu)

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional](#)



**Recibido:** 17 febrero 2020 **Aceptado:** 2 marzo 2020 **Publicado:** 12 marzo 2020

#### **Resumen**

A escala internacional, un grupo elevado de actividades industriales y de servicios, en particular las que involucran el uso de combustibles fósiles, se comportan como actividades potencialmente contaminantes, generando afectaciones de manera directa e indirecta a la calidad del aire y consecuentemente a la salud humana. En la presente investigación se efectuó un inventario de las principales fuentes fijas que ocasionan las emisiones de gases de combustión, sobre la calidad del aire en los alrededores de la Bahía de La Habana. Como resultado se obtuvo que en la zona de los alrededores de la Bahía de La Habana existen 10 instalaciones que contaminan de manera permanente y 8 que no contaminan, además los Grupos Electrógenos de Regla, la Refinería Ñico López y la CTE Otto Parellada constituyen las instalaciones que mayor aporte contaminante emiten a la bahía.

**Palabras clave:** Bahía de La Habana, gases de combustión, calderas de vapor

#### **Abstract**

At the international level, a large group of industrial and service activities, particularly those involving the use of fossil fuels, behave as potentially polluting activities, directly and indirectly affecting air quality and, consequently, human health. In this study, it was made an inventory of the stationary sources that cause the emissions of combustion gases, on the air quality in the surroundings of the Havana Bay. The study showed that there are 10 facilities that pollute permanently and 8 that do not pollute around the Havana Bay, besides the generators sets of Regla, the Ñico López refinery and the Otto Parellada power plant emitted the higher pollutants to the bay.

**Keywords:** Havana Bay, combustion gases, steam boilers

#### **1. Introducción**

La contaminación del aire es una forma de degradación del ambiente que se ha generalizado en toda la región mundial. El crecimiento económico y de la población, especialmente en las áreas urbanas son las principales causas de la contaminación atmosférica. Por ello, las políticas y las prácticas del desarrollo económico y social deben tener en cuenta las consecuencias en la salud y en el ambiente que se están presentando ahora y las que ocurrirán en el futuro. El desarrollo sostenible

no es posible cuando hay una alta prevalencia de enfermedades debilitantes y pobreza, más aun, el bienestar de una población no es sostenible sin un ambiente saludable. La salud del hombre se ve afectada por los estilos de vida y los patrones de consumo no adecuadas, el manejo descontrolado de los recursos naturales, y la degradación del ambiente.

Todas las actividades del hombre, el metabolismo de la materia viva y los fenómenos naturales que se producen en la superficie o en el interior de la tierra, van acompañados de emisiones de gases, vapores, polvos y aerosoles que al descargarse a la atmósfera se integran en los distintos ciclos biogeoquímicos que se desarrollan en la Tierra [1].

La rápida industrialización ha dado lugar a innumerables accidentes que han contaminado los recursos terrestres, atmosféricos y acuáticos con materiales tóxicos y otros contaminantes, amenazando a las personas y los ecosistemas con graves riesgos para la salud [2]. El uso cada vez más generalizado e intensivo de materiales y energía ha originado una creciente presión en los ecosistemas [3].

En Cuba la contaminación del aire tiene sus causas en las deficiencias de algunos aspectos relacionados con la planificación territorial de los asentamientos humanos, utilización de tecnologías obsoletas en las actividades industriales y otras fuentes como el transporte automotor [4-6]. Entre las principales fuentes contaminantes de Cuba se encuentran: las termoeléctricas, refinerías y extracción de petróleo, tratamiento primario de materias primas, la industria siderúrgica, la industria de materiales de la construcción, el transporte colectivo y de carga [7].

La capital de Cuba, La Habana, cuenta con algunas de las más importantes fuentes contaminantes de la isla, entre estas sobresalen: la refinería "Nico López", el aeropuerto internacional, la central termoeléctrica (CTE) "Otto Parellada", el transporte automotor y la Empresa Siderúrgica "José Martí" (Antillana de Acero). En los alrededores de la Bahía de La Habana, donde se encuentran la refinería y la CTE, coinciden otras fuentes importantes como los grupos electrógenos de Regla y algunas calderas industriales que combustionan *fuel oil*. Teniendo en cuenta lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo es actualizar las fuentes terrestres de contaminación atmosférica que afectan a la Bahía de La Habana.

## 2. Materiales y Métodos

Para predecir el impacto que producen sobre la calidad del aire las fuentes que se encuentran en territorios aledaños a la bahía de La Habana, ha sido necesario identificar las fuentes existentes que emiten contaminantes atmosféricos en la zona de estudio. En los alrededores de la bahía de la Habana habitan casi un millón de personas y su extensión territorial incluye a 10 de los 15 municipios de la capital cubana, posee un área de unos 85 kilómetros cuadrados. En este lugar sus habitantes se encuentran expuestos a la contaminación del aire debido a la existencia de fuentes fijas tales como: La refinería Nico López, Grupo Electrógeno de Regla, la CTE "Otto Parellada", entre otros.

Para conocer la calidad del aire en los alrededores de la Bahía de La Habana ha sido necesario realizar un inventario de emisiones con la finalidad de obtener información actual de las fuentes fijas existentes que contaminan a la atmósfera y evaluar las cargas de contaminantes emitidas por las mismas. En cuanto al inventario de emisiones, es necesario poseer un conjunto de informaciones bien sintetizadas sobre la distribución de las fuentes en un territorio dado, la cantidad y composición de las emisiones. Para obtener dicha información se realizó un proceso de captación de datos basándose fundamentalmente en un sistema de encuestas dirigidas a técnicos e ingenieros de cada fuente. A continuación, se muestran los requisitos generales que, según la norma

cubana, NC: 1049 del 2014, son indispensables para llevar a cabo un inventario de emisiones y los que se analizaron en las encuestas [8].

- a) Número de fuentes puntuales
- b) Nombre de la fábrica
- c) Consumo de combustible (kg/h)
- f) Tipo de combustible
- g) Altura (m) y diámetro (m) de la chimenea
- h) Temperatura de la mezcla gaseosa emitida (°C)

Para el cálculo de emisiones se empleó la serie de factores de emisión AP-42, publicada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [9], para calcular las emisiones generadas por los diferentes equipos tecnológicos. Los factores de emisión nombrados con anterioridad han sido utilizados en Cuba en diversas industrias [10, 11]. Los factores de emisión correspondientes al combustible *fuel oil* empleado en el funcionamiento de los diferentes equipos tecnológicos a escala industrial se muestran en la Tabla 1. S es el contenido de azufre en porcentaje en el combustible. De acuerdo a este contenido de azufre, serán las emisiones de dióxido de azufre durante la combustión [9].

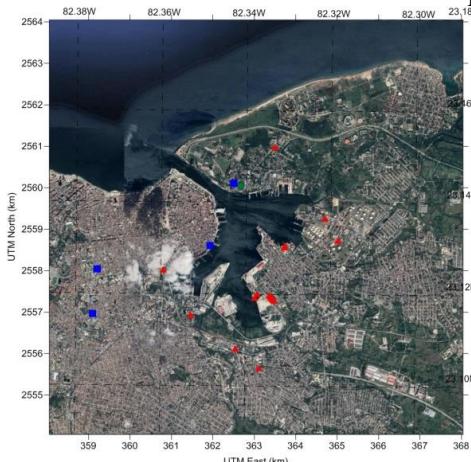
**Tabla 1.** Factores de emisión [9]

Contaminantes	Fuel oil (kg·m <sup>-3</sup> )
Partículas	4,88
Dióxido de azufre	19 (S)
Óxidos de nitrógeno	15

La estimación de emisiones provenientes de las fuentes fijas es determinada según [9]. Para el caso de la eficiencia global de reducción de la emisión, el término es cero, pues en las calderas incluidas en este estudio no existen dispositivos que controlen las emisiones. Los datos de flujo de combustible en kg/h son afectados por el inverso de la densidad para ser consecuente con los términos existentes en la ecuación, pues los factores de emisión están dados en kg/m<sup>3</sup>.

### 3. Resultados y Discusión

Luego de realizar un recorrido en la zona en estudio se identificaron que existen 10 instalaciones que más contaminantes emiten a la atmósfera. La Figura 1 muestra una vista satelital de las instalaciones visitadas a las cuales se les hizo el inventariado correspondiente.



**Fig.1** Vista satelital de la bahía de La Habana, donde se muestran las principales fuentes emisoras (▲) la estación meteorológica (●) y las estaciones de calidad del aire (■)

En la Tabla 2 se muestra el resultado de los principales parámetros necesarios para el inventario de fuentes terrestres que generan gases de combustión en los alrededores de la bahía, mientras que en la Tabla 3 se muestran las fuentes que no contaminan los alrededores del estuario marino.

**Tabla 2.** Inventario de fuentes terrestres que contaminan la atmósfera de la Bahía de La Habana

Empresa	Consumo de combustible (m <sup>3</sup> · h <sup>-1</sup> )	Velocidad de salida de los gases (m · s <sup>-1</sup> )	Temperatura de salida de los gases (K)	Emisiones (g·s <sup>-1</sup> )		
				SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>
Grupo Electrógeno de Regla 1	7,6	18,1	477	26,6	16,3	1,0
Grupo Electrógeno de Regla 2	7,6	18,1	477	26,6	16,3	1,0
Grupo Electrógeno de Regla 3	7,6	18,1	477	26,6	16,3	1,0
Grupo Electrógeno de Regla 4	7,6	18,1	477	26,6	16,3	1,0
Grupo Electrógeno de Regla 5	7,6	18,1	477	26,6	16,3	1,0
Grupo Electrógeno de Regla 6	7,6	18,1	477	26,6	16,3	1,0
Grupo Electrógeno de Regla 7	7,6	18,1	477	26,6	16,3	1,0
Central Termoeléctrica (CTE) "Otto Parellada"	9,2	3,2	653	191,4	14,3	10,8
Refinería Ñico López	2,0	1,4	449	16,00	0,2	1,4
	27,6	3,4	1546	456,9	4,1	1,2
PRODAL	0,07	1,3	533	0,4	0,03	0,01
	0,03	3,1	578	1,4	0,1	0,08
ICIDCA	0,09	5,2	523	2,1	0,2	0,1
Hospital Naval	0,17	2,4	588	3,5	0,3	0,2
Indal	0,12	4,3	573	1,4	0,1	0,08
Hospital La Balear	0,008	1,04	473	0,2	0,01	0,01
Piensos Tropicales	0,06	2,6	523	1,2	0,09	0,07
Molino Turcios Lima	0,06	2,7	473	0,2	0,01	0,009

En la Figura 2 se muestra la distribución espacial de las emisiones de NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> respectivamente, donde se puede observar cómo, donde están enclavadas industrias como la CTE, la refinería y los Grupos Electrógenos, la distribución de la concentración es mayor.

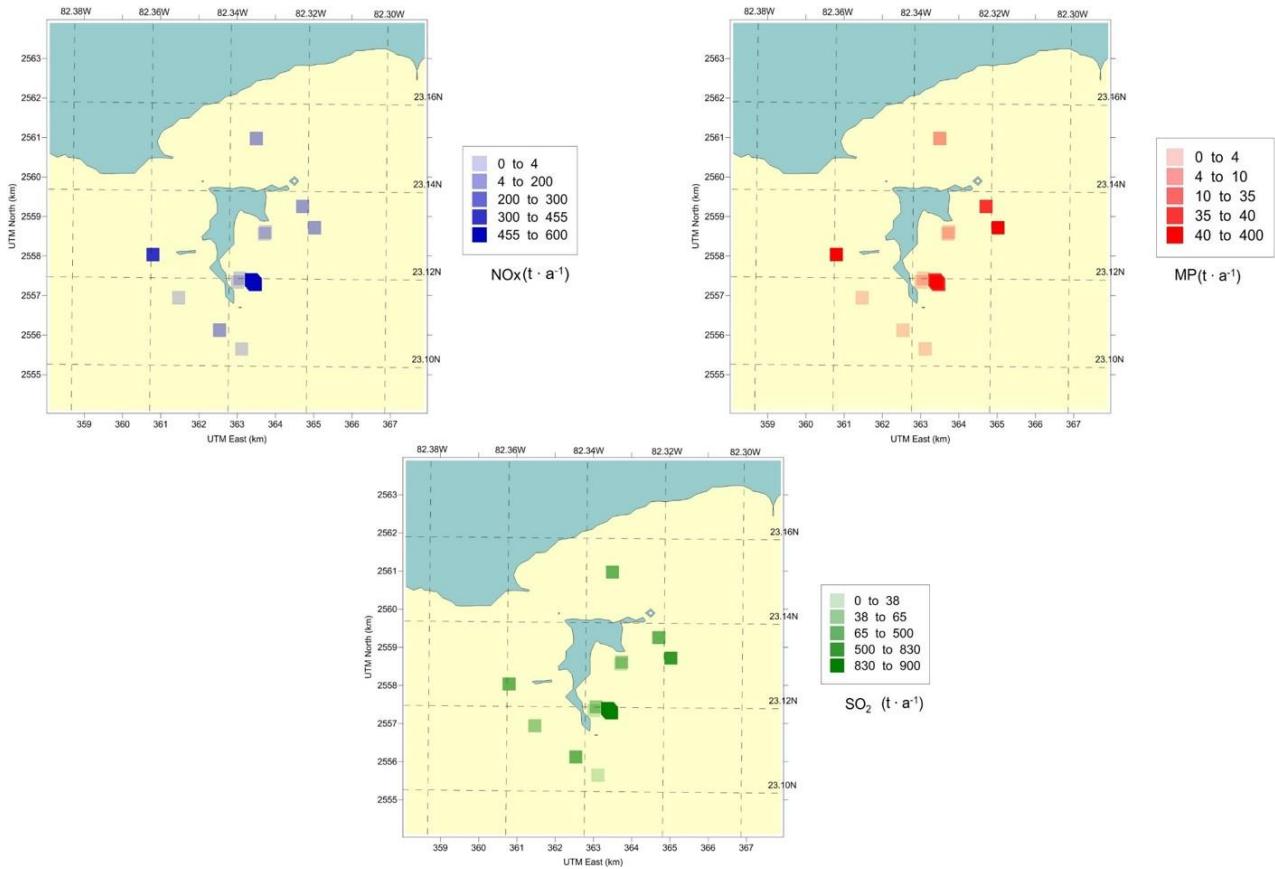
**Tabla 3.** Fuentes terrestres inventariadas en el año 2018 y que en el año 2019 no se deben incluir en la investigación

Nombre de la empresa	Justificación
Laboratorio "Saúl Delgado"	Fue trasladado hacia la Lisa; actualmente es un museo
Empresa de Gas Manufacturado "Evelio Rodríguez Curbelo"	No tienen caldera ni grupo electrógeno
Empresa "Margarito Iglesias"	La empresa fue trasladada hacia otro municipio. Actualmente pertenece al MINFAR, la zona la están transformando en zona hotelera
Empresa Conformadora "René Bedia Morales" (CARACEL)	Ya no existe. Actualmente en el inmueble radica la Dirección Municipal de San Miguel del Padrón
Industria Molinera de La Habana	No tienen caldera ni grupo electrógeno
Molino "José Antonio Echeverría"	No tienen caldera
Empresa de aceite y grasas comestibles "Alberto Álvarez Díaz"	No hay caldera, tienen un grupo electrógeno, pero la chimenea no llega a 50 cm
CUBALUB	No tienen caldera ni grupo electrógeno

En la zona en estudio se espera el desarrollo de un polo turístico donde la bahía formaría parte de sus atracciones. El arribo de cruceros debe crecer en los próximos años con la ampliación de la terminal para los mismos. Investigaciones anteriores en esta zona han reportado altos niveles de inmisión en la zona. El incremento del tráfico portuario pudiera comprometer la calidad del aire de la bahía. En este caso sería necesario conocer el aporte de las fuentes industriales presentes en la zona para así poder gestionar su impacto ambiental [5]. En esta investigación se pudo constatar que, de las 18 instalaciones visitadas, 10 contaminan de forma permanente, mientras que 8 no representan peligro alguno para el medio ambiente atmosférico, pues no presentan calderas o han sido trasladadas hacia otras localidades.

Con estos estudios se pueden obtener los resultados de las emisiones de los contaminantes atmosféricos producidos por las calderas. Los estimados de caudal y emisión de termoeléctricas y grupos electrógenos son varios órdenes mayores que los de los generadores de vapor convencionales enclavados en distintas industrias e instituciones de la región que emplean hidrocarburos como combustible.

En la Figura 2 se puede observar como las concentraciones de NOx son mayores en las cercanías del Grupo Electrógeno, debido a las altas temperaturas de los gases a la salida de la chimenea; las concentraciones de SO<sub>2</sub> más elevadas se deben a las altas concentraciones de azufre presente en el combustible utilizado en las calderas. Esto ocurre principalmente en las inmediaciones de la refinería. Por último, las concentraciones de material particulado son elevadas en los territorios cercanos a las instalaciones anteriores, así como en el Hospital Naval. Sin embargo, no presentan niveles que puedan afectar la población circundante.



**Fig.2** Distribución espacial de las emisiones de NOx, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> en la bahía

Es importante mantener control sobre las emisiones producidas por las fuentes contaminantes de origen tecnológico, y considerar toda una serie de factores que inciden en la dispersión de los contaminantes en la atmósfera, como son el factor meteorológico y el factor topográfico. Los modelos de dispersión atmosférica son una de las soluciones más extendidas al problema del comportamiento de los contaminantes en la atmósfera. Estos permiten suplir las carencias que tienen las medidas de campo en cuanto a resolución espacial y temporal, puesto que una red permanente de sensores automáticos, con la resolución espacial que pueden proporcionar algunos modelos, resultaría extremadamente costosa de instalar y mantener de forma permanente en correcto funcionamiento [11]. En Cuba se vienen desarrollando diversas investigaciones relacionadas con este tema a través de diferentes instituciones [10]. La mayoría de estos trabajos han estado vinculados a centrales térmicas, refinerías, industria de materiales de la construcción, a la evaluación del impacto de fuentes fijas y móviles sobre la calidad del aire atmosférico, así como otras fuentes procedentes de la industria química y farmacéutica, mediante el empleo de modelos simples como: el Berlyand, Screen3 y refinados tales como ISCST3, AERMOD, CALPUFF y CHIMERE [10].

#### 4. Conclusiones

Se identificaron 10 fuentes fijas que generan gases de combustión a los alrededores de la bahía de la Habana. No representan peligro alguno para el medio ambiente atmosférico ocho instalaciones, pues no presentan calderas o han sido trasladadas hacia otras localidades. Las emisiones de

diferentes contaminantes como SO<sub>2</sub>, NOx y Material Particulado, son mayores en las cercanías de los Grupos Electrógenos, la refinería Ñico López y la CTE Otto Parelada.

## Referencias

1. Luo, Y., et al., *Atmospheric deposition of nitrogen along the Connecticut coastline of Long Island Sound: a decade of measurements*. Atmospheric Environment, 2002. **36**(22): p. 4517-4528.
2. Torres, R., *La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente*. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 2019. **40**(2): p. 125-139.
3. Huang, J., et al., *Impacts of air pollution wave on years of life lost: A crucial way to communicate the health risks of air pollution to the public*. Environment International, 2018. **113**(5): p. 42-49.
4. Ordoñez, Y.C., et al., *Aplicación de modelos simplificados para la dispersión de contaminantes atmosféricos. Caso de estudio*. Revista Cubana de Química, 2018. **30**(1): p. 90-103.
5. Hernández, A., et al., *Contaminantes atmosféricos procedentes de centrales azucareros espirituanos*. Márgenes, 2017. **4**(4): p. 1-11.
6. Clifford, A., et al., *Exposure to air pollution and cognitive functioning across the life course-A systematic literature review*. Environmental Research, 2016. **147**(10): p. 383-398.
7. Amarales, M., et al., *Emisiones de gases contaminantes por los medios automotores de Cuba en el período 2007-2012*. Transporte, Desarrollo y Medio Ambiente, 2017. **37**(73): p. 5-9.
8. Norma Cubana 1049. *Guía de datos tecnológicos para el inventario de emisiones de los contaminantes atmosféricos desde fuentes industriales estacionarias*. ICS: 13.040. 2014.
9. EPA. *Emissions Factors & AP 42 Clearing for Emission Inventories*, 2010. <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42>.
10. Hernández, A., et al., *Evaluación de las emisiones de contaminantes de centrales azucareros en Camagüey*. Monteverdia, 2018. **11**(1): p. 12-20.
11. Hernández, A., et al., *Contaminantes atmosféricos procedentes de centrales azucareros de la provincia de Holguín*. Minería y Geología, 2018. **34**(3): p. 360-370.

## Conflicto de Intereses

No existe ningún conflicto de intereses entre los autores, ni de los autores con otras entidades vinculadas al contenido del artículo.