

---

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

### Propuesta de metodología para la mejora de la calidad del aire en el municipio de Placetas *Proposal for a methodology to improve air quality in the municipality of Placetas*

Lic. Jorge Martinez Rodriguez

 <https://orcid.org/0009-0004-2761-1562>

Delegación Territorial del CITMA Villa Clara, Cuba  
[citma.placetas@citmavcl.gob.cu](mailto:citma.placetas@citmavcl.gob.cu)

Dr.C. Yuniey Quiala Armenteros

 <https://orcid.org/0000-0002-1780-4246>

Oficina Reguladora de Seguridad Ambiental, Villa Clara, Cuba  
[kiala1981@gmail.com](mailto:kiala1981@gmail.com)

**Recibido:** 02/03/2024

**Aceptado:** 03/06/2024

#### Resumen

La contaminación del aire constituye uno de los peligros mayores que más afecta al municipio Placetas, no existiendo una metodología para mejorar la calidad del mismo, por tal motivo se realizó un estudio descriptivo longitudinal retrospectivo en el municipio objeto de estudio en el año 2023 con los objetivos de proponer una metodología de evaluación de las fundiciones artesanales de aluminio que permitiera con su implementación una mejora en cuanto al tratamiento de la contaminación del aire, caracterizar las fuentes fijas de industriales y de servicio así como describir la relación entre las actividades industriales y los contaminantes y su repercusión. Mediante un muestreo no probabilístico se seleccionaron como muestra un total de 26 fundiciones artesanales, así como 4 entidades estatales. Los métodos utilizados para la recopilación de la información fueron la observación y el análisis documental realizando una revisión de los documentos archivados en la Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en Villa Clara y en el instituto nacional de ordenamiento territorial y urbanismo, así como la revisión bibliográfica precedente del tema a investigar. Como resultados más relevantes se obtuvo que todas las fundiciones artesanales de aluminio se caracterizaron como mal ubicadas y que prevaleció la contaminación atmosférica, a manera de conclusión se propuso un modelo metodológico de evaluación para mejorar la calidad del aire. Al final de la investigación se recomienda aplicar de manera general tal metodología.

**Palabras clave:** contaminación del aire, metodología de evaluación, fundiciones artesanales, delegación territorial del citma, contaminación atmosférica.



### Abstract

Air pollution constitutes one of the major dangers affecting Placetas municipality, there being no methodology to improve its quality. For this reason, a retrospective longitudinal descriptive study was carried out in the municipality under study in 2023. It is with the objectives of proposing an evaluation methodology for artisanal aluminum foundries that would allow, with its implementation, an improvement in the treatment of air pollution. It characterizes the fixed industrial and service sources as well as describing the relationship between industrial activities and the pollutants and their impact. Through non-probabilistic sampling, a total of 26 artisanal foundries, as well as 4 state entities, were selected as a sample. The methods used to collect the information were observation and documentary analysis, conducting a review of the documents archived in the Territorial Delegation of the Ministry of Science, Technology and Environment in Villa Clara. And in the national institute of territorial planning and urban planning, as well as the preceding bibliographic review of the topic to be investigated. The most relevant results were that all artisanal aluminum foundries were characterized as poorly located and that atmospheric pollution prevailed. In conclusion, a methodological evaluation model was proposed to improve air quality. At the end of the research, it is recommended to generally apply such methodology.

**Keywords:** air pollution, evaluation methodology, artisanal foundries, territorial delegation of the CITMA, atmospheric pollution

### Introducción

La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial. Está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre. Tal es así que cada año, cientos de millones de personas sufren de enfermedades respiratorias y otras asociadas con la contaminación del aire, tanto en ambientes interiores como exteriores.

Existen grupos poblacionales expuestos a fuentes fijas de contaminantes atmosféricos que carecen de zonas de protección sanitaria. Industrias que cuentan con chimeneas de baja altura, lo que aumenta la acción contaminante de sus emanaciones, y en muchas ocasiones no disponen de medidas de control para la disminución de la contaminación a la atmósfera. (Santa-Cruz Hernández, 2021).

La contaminación puede definirse como cualquier modificación indeseable del ambiente, causada por la introducción a este de agentes físicos, químicos o biológicos (contaminantes) en cantidades superiores a las naturales. Esta resulta nociva para la salud humana, daña los recursos naturales o altera el equilibrio ecológico. (Zavatti, 2022)

Teniendo en cuenta el orden cronológico histórico podemos plantear que con relación a la contaminación del aire desde el siglo XVI, en Inglaterra se presentó una aguda crisis maderera que dio lugar a la utilización de la hulla como combustible, a pesar de las restricciones que existían para su empleo. Con anterioridad a la revolución industrial, la liberación de sustancias químicas al ambiente ocurría en muy pocos lugares y estas se concentraban en las inmediaciones de las fuentes emisoras. (Santa-Cruz Hernández, 2021)

La revolución industrial marcó un dramático y decisivo punto de cambio entre la actividad económica y el ambiente. Los requerimientos de energía de una tecnología basada en el hierro y el acero, condujeron a la contaminación del aire más generalizada, así como a concentraciones locales de contaminantes cerca del sitio de las fábricas.

Inglaterra, avanzada del cambio, fue el primer país en sufrir la contaminación industrial. En los años del reinado de la Reina Victoria (era victoriana 1837 - 1901) la fabricación en serie necesitaba del reclutamiento de grandes conglomerados de nuevos trabajadores como obreros jornaleros, la urbanización se imponía para garantizar una fuerza laboral estable y no era una prioridad relacionar la calidad del aire con el desarrollo social. Los principales problemas de salud eran atribuibles a las enfermedades transmisibles.

No existía ciencia de la salud pública que abordara los efectos de la contaminación química, aunque se describía el conocimiento que existía acerca de los efectos para la salud que producía la exposición a sustancias químicas, y que eran ocasionados con mucha frecuencia por envenenamientos intencionales. La exportación de nuevas tecnologías multiplicó esta realidad en las Islas Británicas, Europa y muchos de los países que se encontraban bajo el colonialismo y, por lo tanto, comenzaron a experimentar este tipo de problema después de transcurridos muchos años. (Torres Meza, 2020).

Más adelante, en 1952 Londres fue invadida por una niebla asociada a un régimen anticiclónico y a una inversión térmica. Como resultado de las bajas temperaturas los calefactores estuvieron funcionando y las condiciones meteorológicas hicieron que la nube de humo persistiera sobre la ciudad durante varios días. Se produjeron 2 851 muertes más de las previstas en solo 9 días y se reportaron 1 225 fallecimientos a la semana siguiente. En 1956 la niebla que envolvió a la ciudad durante 18 h causó 1 000 muertes más de las previstas. Además de este ejemplo, donde se conjugaron factores naturales y desarrollo social, se registraron disímiles sucesos de contaminación originada por accidentes industriales; entre ellos se destaca el ocurrido en Bhopal, India, en 1984. (Zavatti, 2022).

En busca de una solución para corregir o evitar la contaminación del aire a nivel mundial se desarrollaron varias asambleas:

- 1889: se convocó la Convención Internacional para la Prohibición de las Armas Químicas.
- 1972 se celebró la Primera Conferencia sobre el Ambiente Humano de la Organización de Naciones Unidas, en Estocolmo, donde –en conjunto con los movimientos públicos– se persuadió a muchos gobiernos a desarrollar la legislación necesaria para limitar las emisiones de contaminantes químicos tóxicos al ambiente, así como la introducción de nuevas tecnologías y políticas con este fin.
- 1982 se creó la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo.
- 1983, bajo la presidencia en esta comisión de la Dra. Gro Harlem Brundtland, Primera Ministra de Noruega y antes Ministra de Medio Ambiente, se intensificó el trabajo relacionado con temas del ambiente y la salud. Así el informe “Nuestro futuro común”.
- 1987, Se estableció pautas fundamentales en los problemas ambientales e hizo un llamado al desarrollo sostenible, para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.
- 1985 se aprobó el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, auspiciado por las Naciones Unidas, que adoptó medidas para proteger la salud y el ambiente de los efectos que provoca el agotamiento del ozono estratosférico.
- El desarrollo de las cumbres mundiales sobre medio ambiente y desarrollo, de Río de Janeiro (1992), y la de Johannesburgo (2002) han evidenciado la necesidad de mejorar la calidad del aire y alcanzar un desarrollo social donde prevalezca la equidad.

Al analizar variable demográfica, específicamente en el continente americano se plantea que, en Ciudad México, la parte más importante en la historia del deterioro del aire en la ciudad se ubica, en los últimos 40 años. Como resultado del desarrollo y agudización de múltiples desequilibrios de carácter económico, urbano, energético, social y ambiental, mostrando una amplia variedad de sustancias contaminantes: partículas suspendidas totales, plomo, monóxido de carbono, óxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, ozono y otros oxidantes fotoquímicos. (National Geographic, 2023)

En la ciudad de Los Ángeles, Estados Unidos, en 1942, 1954 y 1955 se registraron episodios agudos de contaminación del aire que contenía ozono, óxido de nitrógeno y peroxiacetilnitrato. Este último compuesto se originó por acción de los rayos ultravioletas de la luz solar sobre los agentes químicos presentes en las emisiones de los automóviles. (Leal Iga, 2023)

En el caso de Cuba desde 1971 a 1980, se produjo un proceso acelerado de desarrollo industrial y de reducción de las desigualdades entre el campo y la ciudad, lo que condujo a establecer la legislación ambiental, como parte del proceso de institucionalización con la creación de la Comisión Nacional para la Protección del Medio Ambiente y Conservación de los Recursos Naturales (COMARNA) en 1976. (Oyarzún y Valdivia, 2021)

### **Repercusión de la contaminación del aire sobre la salud humana.**

En las últimas décadas se reportan evidencias sobre la asociación entre los contaminantes atmosféricos y el incremento de las consultas de urgencias por enfermedades respiratorias. (Moreno Sánchez, 2022) Los estudios epidemiológicos demuestran que la exposición a diferentes contaminantes ambientales, incluso a niveles por debajo de las normas internacionales. Se asocian con un incremento en la incidencia de asma, severidad en el deterioro de la función pulmonar, así como mayor gravedad en la presentación de las enfermedades respiratorias de niños y adolescentes (Cleanairnet, 2019). La relación entre la exposición a material particulado (humo y PM10) y los efectos adversos a la salud se han documentado en diferentes estudios. Aunque solo algunos han investigado el impacto del humo sobre la salud de niños con crisis aguda de asma bronquial. (Santa-Cruz Hernández, 2021).

Entre los principales contaminantes con capacidad de afectar la salud de los individuos están los que provienen de emisiones primarias o transformaciones atmosféricas. Los vehículos automotores son la fuente más importante de algunos de estos contaminantes (en particular el monóxido de carbono), óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados, ozono y otros oxidantes fotoquímicos, plomo y, en menor proporción, las partículas suspendidas totales de dióxido de azufre y los compuestos orgánicos volátiles.

La creciente urbanización, el congestionamiento vehicular y los grandes costos de los medios de control han convertido en un problema crucial la contaminación del aire urbano. Los contaminantes y sus derivados pueden producir efectos adversos a la salud, e interactuar y alterar las moléculas indispensables para los procesos bioquímicos y fisiológicos del cuerpo humano.

En Cuba se reporta que las enfermedades respiratorias agudas constituyen el principal motivo de consultas médicas para todas las edades, con una prevalencia elevada. El asma bronquial también presenta tasas elevadas, sobre todo en la infancia y la adolescencia, con tendencias al incremento. (Santa-Cruz Hernández, 2021).

### **Otros efectos de la contaminación atmosférica**

Daños a la economía.

- Daños a la vegetación: alteraciones foliares, reducción del crecimiento de las plantas, destrucción de flores, etcétera.
- Alteraciones del medio ambiente: reducción de la visibilidad, efecto de invernadero, afectación de la capa de ozono, lluvia ácida, etcétera.
- Daños a los animales: muerte, fluorosis, efectos genéticos, acortamiento de la vida, entre otros.
- Efectos psicológicos sobre el hombre.
- Efectos fisiológicos sobre el hombre: agudos y crónicos.

### **Principales repercusiones económicas de la contaminación del aire**

- Pérdidas por efectos directos o indirectos en la salud humana, en el ganado y en las plantas.
- Pérdidas por la corrosión de materiales y de sus revestimientos de protección.
- Pérdidas por gastos de mantenimiento de las edificaciones y la depreciación de objetos y mercancías expuestos.
- Gastos directos por la aplicación de medidas técnicas para suprimir o reducir el humo y las emanaciones de las fábricas.
- Pérdidas indirectas por mayores gastos de transporte en tiempo de niebla contaminada, o de electricidad por la necesidad de encender el alumbrado antes del horario establecido.
- Gastos relacionados con la organización administrativa de la lucha contra la contaminación.
- Costo de investigaciones destinadas a la lucha contra la contaminación.

### **Principales fuentes de contaminación atmosférica**

1. Fuentes naturales: Polvo que contiene materias biológicas, esporas, polen y bacterias.
2. Fuentes agrícolas: Insecticidas y herbicidas empleados en la agricultura.
3. Fuentes tecnológicas:
  - Procesos industriales de todo tipo.
  - Consumo industrial y doméstico de combustibles fósiles.
  - Vehículos de motor.

### **Clasificación de los contaminantes de la atmósfera**

Por su forma física:

- Gases.
- Aerosoles (líquidos y sólidos).

Por su origen:

- Primarios: partículas sólidas y líquidas en suspensión, gases y vapores.

• Secundarios: ácido sulfúrico y sulfatos, ozono, otros contaminantes fotoquímicos. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, 2020)

El municipio villaclareño de Placetas se caracteriza por varias fuentes fijas industriales y de servicio cuyos productos finales de la producción son emitidos al aire contaminando el mismo. Según los resultados de los Estudios de la modelación de calidad del aire se localizan en la ciudad de Placetas varias zonas con deterioro de la calidad del aire, siendo los máximos responsables las Fuentes Fijas Mal Ubicadas (FFMU), dado principalmente por el 40% de las fundiciones artesanales de aluminio que se localizan en zonas urbanas y periferias de la cabecera municipal, UEB Pasteurizadora y fábrica de conservas "Silverio", además de las Fuentes Móviles (FM) que circulan por la vía de mayor flujo automotriz.

Ante la situación antes planteada y no existiendo una metodología que permita evaluar las fundiciones artesanales de aluminio es que trazan los objetivos en la presente investigación:

1. Caracterizar las fuentes fijas de industriales y de servicio.
2. Describir la relación entre las actividades industriales, así como los contaminantes y su repercusión.
3. Proponer una metodología de evaluación de las fundiciones artesanales de aluminio que permita con su implementación una mejora en cuanto al tratamiento de la contaminación del aire.

### Material y Métodos

Se realizó un estudio descriptivo longitudinal retrospectivo, mediante un muestreo no probabilístico se seleccionaron un total de 30 fuentes fijas de industriales y de servicio en el municipio Placetas en el año 2023, la muestra incluyó 26 fundiciones artesanales de aluminio pertenecientes a la Empresa de METALCONF y 4 Fuentes en entidades estatales (Hospital General, Fundación de Aluminio (FBC), UEB Pasteurizadora y Fábrica de conservas "Silverio").

Los métodos empleados para obtener la información y elaborar la metodología fueron la observación y el análisis documental.

### Resultados y Discusión

La Tabla 1 representa la distribución de fuentes fijas industriales según el tipo de entidad

**Tabla 1.**

*Distribución de fuentes fijas industriales acuerdo al tipo de entidad en el municipio Placetas. Año 2023.*

Fuentes fijas industriales y de servicio	Cantidad	Porcentaje que representa
Estatal	4	13%

Privada( fundiciones de aluminio).	26	87%
Total	30	100%

*Nota.* Fuente: Elaboración propia

De un total de 30 fuentes fijas industriales y de servicio,4 pertenecen al sector estatal representando el 13 % del total de la muestra, en tanto que 26 pertenecían al sector privado 87%.

Por su parte la Tabla 2 representa la clasificación de las fuentes fijas industriales y de servicio estatales en relación con su ubicación

**Tabla 2.**

*Clasificación de la ubicación de las fuentes fijas industriales y de servicio. Estatales. Municipio Placetas. Año 2023.*

Fuentes fijas industriales y de servicio estatales	Clasificación de la ubicación	Porcentaje que representa
Hospital Docente Municipal	FFBU	25%
Fundición de Aluminio (FBC)	FFBU	25%
Fábrica de conservas "Silverio".	FFMU	25%
Pasteurizadora	FFMU	25%
Total/porcentaje	4	100%

*Nota.* Fuente: Elaboración propia. Leyenda: FFBU: Fuentes fijas bien ubicadas. FFMU: Fuentes fijas mal ubicadas

Como resultado se obtuvo que, de las 4 entidades estatales, 2 de ellas se clasifican como bien ubicadas por consiguiente las otras 2 se caracterizan como mal ubicadas, cada una representa el 25% del total.

La Tabla 3 muestra la clasificación de las fuentes fijas industriales y de servicio privada en relación con su ubicación.

**Tabla 3.**

*Clasificación de la ubicación de las fuentes fijas industriales y de servicio. privadas. Municipio Placetas. Año 2023.*

Fuentes fijas industriales y de servicio privadas	Clasificación de la ubicación	Porciento que representa
26 Fundiciones de aluminio	FFMU	100%

*Nota.* Leyenda: FFMU: Fuentes fijas mal ubicadas. Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se obtuvo que las 26 fundiciones artesanales que producen aluminio en su totalidad se clasifican como de mala ubicación, representando el 100%.

La relación entre fuentes fijas industriales y de servicio con la variable ubicación se representa en la Tabla 4.

**Tabla 4.**

*Relación entre fuentes fijas industriales y de servicio con la variable ubicación. Municipio Placetas. Año 2023.*

Fuentes fijas industriales y de servicio	Ubicación/Cantidad	Porciento que representa del total de clasificación de ubicación
Estatales	FFBU/2	100%
	FFMU/2	7%
Privadas	FFMU/26	93%

*Nota.* Fuente: Elaboración propia. Leyenda: FFBU: Fuentes fijas bien ubicadas. FFMU: Fuentes fijas mal ubicadas

Se puede observar que solo 2 fuentes estatales se dispensarizan como de buena ubicación (representando el 100% si se tiene en cuenta este criterio) en tanto que las otras 2 estatales y totalidad de las de carácter privado se caracterizan como de mala ubicación (las primeras representan el 7% de las clasificadas como FFMU y las privadas el 93% de esta categoría).

La tabla 5 expone la relación entre la actividad que provoca la contaminación, tipo de contaminante, alcance y el medio afectado por dicha contaminación.

**Tabla 5.**

*Relación entre actividad, contaminante y su repercusión. Municipio Placetas. Año 2023.*

Actividad	Contaminante	Alcance	Medio
Manejo de combustible	Combustible derramado	Local	Suelo, agua

Horneado	Emisión de gases de efecto invernadero (GEI), en mayor proporción el monóxido de carbono (CO), también produce óxido de azufre SO <sub>2</sub> y óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ).	Municipal	Atmósfera
	Emisión de calor	Local	Atmósfera
Elaboración de moldes y machos	Polvo Arena usada. Residuos de barrido y de los machos. Polvo y lodos.	Local	Atmósfera
Terminación	Ruido	Local	Atmósfera
	Desechos de pintura.	Local	Suelo, agua, Atmósfera
	Desechos sólidos	Local	Suelo
Procesamiento de los desechos de Escorias para la extracción del aluminio impregnado	Emisión de gases de efecto invernadero (GEI), en mayor proporción el monóxido de carbono (CO), también produce óxido de azufre SO <sub>2</sub> y óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) y material particulado de diferentes diámetros	Municipal	Atmósfera Suelo

*Nota.* Fuente: Elaboración propia

De un total de 5 actividades analizadas 4 emiten contaminantes con repercusión de alcance local representando el 80 % del análisis cualitativo y cuantitativo de la variable alcance y en relación a medio (entorno afectado) la atmosfera fue afectada por 4 de las 5 actividades analizadas para un 80 %.

Del proceso de horneado con chatarras se genera un desecho de un 25 al 30% de escoria, compuesto de otros metales con impregnación de aluminio que no puede ser procesados en las fundiciones.

En contarles realizado se comprueba que de forma fortuita se quema a cielo abierto para la extracción del aluminio generando los contaminantes descritos en la tabla, lo que constituye una problemática sin solución en la localidad a resolver mediante un proyecto de desarrollo local.

### Conclusiones

La totalidad de las fundiciones artesanales de aluminio se clasificaron como fuentes fijas con mala ubicación. Con relación a afectación la que prevaleció fue la contaminación atmosférica y así como el alcance local. Los resultados de los estudios realizados demuestran que el proceso de horneado con chatarras de aluminio generó otros metales o escorias, los cuales no pueden ser procesados en las fundiciones.

Se propuso un modelo metodológico para mejorar la calidad del aire. El cual constituye una herramienta fundamental a generalizar por los organismos rectores al realizar los controles a las fundiciones artesanales de aluminio. Y la aplicación a nuevos actores que fomenten nuevos proyectos vinculados con estos procesos tecnológicos. Es necesario el desarrollo de un Proyecto de desarrollo local en el municipio de Placetas donde se procese toda la escoria que generan las fundiciones artesanales de aluminio del municipio para reducir la carga contaminante que genera la quema fortuita de estos desechos.

### Referencias Bibliográficas

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS). (2020) *Calidad del aire*.

<http://www.cepis.ops-oms.org/index.html>

Cleanairnet. (2019). *Iniciativa de aire limpio en las ciudades de América Latina. Sistema de información de calidad de aire en América Latina*.

<http://www.cleanairnet.org/lac/1471/propertyvalue-13639.html>

Leal Iga, J. (2023). Efectos físicos de la contaminación atmosférica percibidos de manera inconsciente por la ciudadanía, en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey, Nuevo León, México. *Revista de Salud Pública*, 21(4).

<https://doi.org/10.15446/rsap.V21n4.74959>

Moreno Sánchez, A.R. (2022). Salud y medio ambiente. *Revista de la facultad de Medicina*, 65(3).

<https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2022.65.3.02>

National Geographic. (2023, 24 de enero). *¿Cómo impacta el aire contaminado en la salud de los humanos?*

<https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2023/01/como-impacta-el-aire-contaminado-en-la-salud-de-los-humanos>

Oyarzún, M. y Valdivia, G. (2021). Impactos en la salud de la contaminación del aire. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 37(2).

<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482021000200103>

Santa-Cruz Hernández, L.M. (2021, 20 de septiembre-30 de octubre). *Influencia de los contaminantes ambientales en las enfermedades respiratorias en edades pediátricas* [ponencia]. Evento Científico AMBIMED 2021, La Habana.

<https://ambimed2021.sld.cu/index.php/ambimed/2021/paper/viewPDFInterstitial/599/154>

- Torres Meza, V.M. (2020). Evaluación epidemiológica del impacto de los contaminantes del aire en la salud infantil. *Inteligencia epidemiológica*, 10(1).  
<https://ddsisem.edomex.gob.mx:2423/index.php/iecevece/article/view/79>
- Zavatti, J. (2022). Conflictos ambientales, salud y desarrollo. Límites y confianza. *Revista de salud ambiental*, 22(especial), 74-143.  
<https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/download/1192/1139/6057>