



**CONAMA10**  
CONGRESO NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

## **Calidad del aire en zonas urbanas de Cuba**

Autor: Osvaldo Adolfo Cuesta Santos

Institución: Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (INSTEC)

e-mail: [osvaldo.cuesta@insmet.cu](mailto:osvaldo.cuesta@insmet.cu)

Otros Autores: Antonio Wallo (Instituto de Meteorología, Cuba); Liban Montes de Oca (Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba); Allan Pierra (Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba) Veronica Tricio (Universidad de Burgos, España).

## RESUMEN

En los últimos años se vienen utilizando diversas estrategias enfocadas a proyectos de Ciudades Saludables y en las Agendas 21 Locales, para enfrentar los problemas presentes y en parte derivados de la contaminación de las ciudades. Los trabajos de evaluación y monitoreo de la calidad del aire son de vital importancia para la protección de la calidad de vida de la población y el desarrollo sostenible. La solución a los actuales problemas medio ambientales constituye un paso fundamental para el desarrollo de la vida con sentido de sostenibilidad. La satisfacción de tal aspiración es condicionada en buena medida por la preservación de una atmósfera limpia dada la incidencia de este medio en la dinámica de la biosfera, resultando premisa indispensable el conocimiento de los mecanismos de incorporación de contaminantes al aire, sus tiempos de vida atmosférica, reacciones de combinación y vías de remoción entre otros aspectos, considerando que los enfoques del problema varían en dependencia del contexto espacial y temporal involucrado. Para expresar mediante una valoración semicualitativa el estado actual de la contaminación de las ciudades se ha procedido a la confección de mapas tomando como base las emisiones de fuentes fijas relacionadas con las industrias altamente contaminantes pertenecientes a la actividad energética, la producción de cemento, materiales de construcción, la extracción de petróleo y níquelífera, entre otras y tomando los datos actualizados de la población (ONE, 2009) en cada una de ellas siguiendo la metodología planteada por Sluyter, (1996) y modificada por López et al., (1998). El trabajo muestra el estado de la contaminación atmosférica a nivel local y su relación con la población en los principales asentamientos humanos en Cuba.

**Palabras Clave:** Contaminación atmosférica, calidad del aire, compuestos de nitrógeno.

## **Introducción**

La solución a los actuales problemas medio ambientales constituye un paso fundamental para el desarrollo de la vida con sentido de sostenibilidad. La satisfacción de tal aspiración es condicionada en buena medida por la preservación de una atmósfera limpia dada la incidencia de este medio en la dinámica de la biosfera, resultando premisa indispensable el conocimiento de los mecanismos de incorporación de contaminantes al aire, sus tiempos de vida atmosférica, reacciones de combinación y vías de remoción entre otros aspectos, considerando que los enfoques del problema varían en dependencia del contexto espacial y temporal involucrado.

En relación con el estudio de la contaminación atmosférica, en Cuba han abordado el problema el Instituto de Meteorología y el Ministerio de Salud Pública. No obstante, se requiere de un monitoreo sistemático a nivel local y regional y de la realización de investigaciones que contribuyan de manera práctica a incrementar el conocimiento acerca del impacto negativo del deterioro de la calidad del aire sobre la salud humana en los diversos asentamientos humanos y de procesos regionales que, como la deposición ácida, afectan la calidad del medio ambiente en diferentes zonas del país.

Los estudios relacionados con la contaminación atmosférica presentan tres niveles atendiendo a su escala espacial y temporal. El nivel global que responde a la escala planetaria con efectos temporales de prolongada manifestación como las emisiones de gases de efecto invernadero y el calentamiento global. El nivel regional que responde a las características continentales o de grandes zonas rurales y marinas con manifestaciones de efectos temporales de semanas y meses como son los procesos de acidificación de la atmósfera. Y por último el local relacionado con asentamientos urbanos o industriales con efectos inmediatos de la contaminación atmosférica sobre la salud humana o los ecosistemas. El presente trabajo abordará la problemática de la población expuesta a diversos niveles de calidad del aire a nivel local realizada desde dos tipos de análisis; uno "cualitativo" aplicado a las principales ciudades de nuestro país y otro "cuantitativo", utilizando el Índice de Calidad del Aire (ICA).

## **Fuentes de contaminantes**

En la actualidad se cuenta con pocos recursos para asumir un monitoreo adecuado que permita cuantificar y conocer a fondo las emisiones y las concentraciones para determinar con exactitud la presión a que está sometido el medio ambiente y los efectos

de estos gases y material particulado en nuestra atmósfera. A través de la compilación de la información existente, se ilustra parte de la situación tratando de significar las principales fuentes de presión conocidas.

Según el Inventario de Fuentes Emisoras de Contaminación del Aire (GEO Cuba 2007), se identifican en el país con un Total de 4673 fuentes industriales (Tabla 1) de las cuales se desconoce en general los niveles de emisión, siendo necesario implementar, a través de la gestión empresarial y estatal, la caracterización de las emisiones. Estas fuentes, de acuerdo al Radio Mínimo Admisible (RMA) establecido en la NC 39:1999 <<Atmósfera. Requisitos Higiénico Sanitarios>> se clasifican de la siguiente forma:

**Tabla 1. Clasificación de las fuentes según el Radio Mínimo Admisible.**

Clase	RMA (metros)	Cuba	Ciudad Habana
I	1000	259	12
II	500	404	16
III	300	1065	19
IV y V	100 y 50	2945	521

Una parte considerable de las instalaciones de Clase IV y V se localizan en la trama urbana, incumpléndose los parámetros normados para su ubicación, o sea que funcionan en zonas residenciales con viviendas en sus proximidades.

A finales de la última década del siglo pasado y como consecuencia de un mejoramiento de las condiciones económicas, se incremento la circulación vehicular, fundamentalmente en Ciudad Habana y aunque no se posee una red de monitoreo para determinar el nivel cuantitativo de la contaminación atmosférica, sí se ha observado un deterioro cualitativo en algunas zonas de la ciudad, lo cual ha conllevado a valorar para el caso del humo en específico de excesivo, el que se observa en algunas parte de la misma.

Por otra parte, desde 1997 en Cuba se viene realizando el diagnóstico para el control de las emisiones de gases de escape en los vehículos con motor de gasolina y Diesel. En este momento atendiendo al tiempo de vigencia de la actual Resolución 172 – 01 del MITRANS, consideraciones asumidas en su determinación y dado los criterios que suponen muy holgados los límites de emisión actuales, se procedió a la evaluación y

elaboración de nuevos valores de límites máximos que permita una mejoría en la economía de combustible y al medio ambiente (Amarales y Villarroel, 2010).

## **Emisiones de contaminantes a la atmósfera**

En Cuba las principales actividades relacionadas con la determinación de emisiones de contaminantes a la atmósfera, a nivel de país, se han desarrollado en el marco de la preparación del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Invernadero. En esta sección se ofrece un resumen de los resultados más actuales disponibles en esos inventarios y resultados científicos obtenidos en el país sobre la temática.

La preparación, actualización periódica, publicación y transmisión a la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), de inventarios nacionales de las emisiones antrópicas por las fuentes y de las absorciones por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero (GEI), no controlados por el Protocolo de Montreal, es uno de los compromisos contraídos por todas las Partes de esta Convención. Para cumplimentar este compromiso y también como parte clave de las actividades de gestión de la calidad del aire, en el país se desarrolla desde hace años la vigilancia sistemática de las emisiones de estos gases. Esta actividad la desarrolla el “Equipo Técnico del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Invernadero” coordinado por el Instituto de Meteorología de la Agencia de Medio Ambiente (AMA) y con la participación de diferentes instituciones y organismos del país.

La preparación del Inventario de emisiones de GEI en Cuba se asume como un proceso continuo (hay un solo inventario que se actualiza y mejora mediante reportes cada dos años). Hasta el momento se dispone de reportes sobre la determinación de emisiones de GEI para los años 1990 al 2004 (López et al., 2009).

Emisiones y remociones de GEI resultan de un elevado número de actividades humanas. Metodológicamente se agrupan en seis sectores principales que son las utilizadas en el inventario nacional para reportar las emisiones: 1) Energía; 2) Procesos Industriales; 3) Solventes y Uso de Otros Productos; 4) Agricultura; 5) Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura; 6) Desechos. Además cada sector tiene una apertura en “categorías de fuentes” y “subcategorías de fuentes” las que son abordadas por separado con todos sus detalles. En todo el inventario, se abordan 30 categorías de fuentes y 123 subcategorías.

Metodologías comparables deben ser utilizadas al compilar el inventario de modo que los resultados nacionales puedan ser comparados de una forma consistente. Las Guías Revisadas del IPCC de 1996 (*IPCC-OECD-IEA, 1997*) para Inventarios Nacionales de Gases de Invernadero son las aprobadas por la Conferencia de las Partes para este objetivo y fueron las utilizadas en Cuba como base para la preparación de los reportes del inventario preparados hasta el momento. A partir del reporte correspondiente a 1996 se utilizan también las Guías en Buenas Prácticas y Gestión de Incertidumbres en los Inventarios Nacionales de Gases de Invernadero (GBP) (IPCC, 2000).

En los reportes del inventario de Cuba además de las emisiones de gases de efecto invernadero directo [Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), y Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)] se aborda también la determinación de emisiones de otros importantes contaminantes del aire [Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos al Metano (COVDM) y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)] que además de su importancia radiativa y fotoquímica (gases de efecto invernadero indirecto) tienen otras repercusiones importantes para el medio ambiente. En la Tabla 2 aparecen las emisiones brutas<sup>1</sup> de GEI obtenidas en Cuba para el periodo de 1990 al 2004. En la Tabla 3 se presentan las emisiones brutas para el año 2002, desglosadas por sectores.

**Tabla 2. Emisiones brutas <sup>(1)</sup> de GEI (Gg). Cuba, años 1990, 1994, 1996, 1998, 2000, 2002 y 2004.**

Año	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	SO <sub>2</sub>
1990	33.899,59	348,51	20,71	139,71	1.141,98	195,69	477,49
1992	21.598,80	348,46	14,03	92,57	972,83	143,75	349,14
1994	22.193,47	342,59	10,33	84,95	645,62	88,47	401,90
1996	26.382,13	352,06	11,47	103,63	662,09	108,27	444,30
1998	27.973,77	354,77	11,64	97,00	545,99	98,02	462,72
2000	26.586,22	365,81	11,06	96,81	594,92	432,46	513,64
2002	24.892,94	398,34	9,80	83,82	484,5	283,52	622,51
2004	24.242,76	427,68	10,34	84,48	593,61	115,83	665,79

(1) No se incluyen las emisiones y absorciones procedentes del cambio del uso de la tierra y la silvicultura.

Fuente: López *et al.*, 2009.

**Tabla 3. Emisiones brutas de GEI (Gg) por sectores. Cuba, año 2004.**

Sector	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	SO <sub>2</sub>
Energía	23.058,64	114,27	0,67	83,65	569,19	41,70	657,60
Procesos Industriales	1.184,12	0,00	0,06	0,19	1,94	57,15	8,19
Uso de Solventes						16,98	
Agricultura		199,15	8,69	0,64	22,49	NA	NA
Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura <sup>(3)</sup>	-13.839,55	1,36	0,01	0,34	11,88	NA	NA
Desperdicios	NE	114,26	0,92	NE	NE	NE	NE
<b>Total</b>	<b>24.242,76</b>	<b>427,68</b>	<b>10,34</b>	<b>84,48</b>	<b>593,62</b>	<b>115,83</b>	<b>665,79</b>

No aplicable (sombreado en el cuerpo de la tabla).

(3) El signo menos significa remociones netas para el CO<sub>2</sub>

NA- No aplicable; NE- no estimado por falta de datos de actividad.

Fuente: López *et al.*, 2009.

Como se aprecia en ambas tablas los contaminantes criterios (NO<sub>x</sub>, CO y SO<sub>2</sub>) producto de las fuentes que generan energía y de los procesos industriales aportan un elevado porcentaje de contaminantes a la atmósfera y en particular el SO<sub>2</sub> y los NO<sub>x</sub> mantienen una tendencia al aumento incentivando el deterioro de la calidad del aire en todo el país. A partir del 2006 con la Introducción de la generación eléctrica por grupos electrógenos de producción continua en todo el país las emisiones de los óxidos de nitrógeno a la atmósfera deben continuar su incremento hasta el presente.

## Calidad del aire

### Evaluación en ciudades de Cuba

Los riesgos para la salud cuando se sobrepasan las “Recomendaciones sobre Calidad del Aire” (RCA) de la Organización Mundial de Salud (OMS), varían mucho y van desde los síntomas de dificultades respiratorias pasando por los efectos hematopoyéticos y por los efectos cognitivos neurológicos hasta la carcinogénesis. Siendo difícil de estimar la exposición real de los habitantes urbanos a la contaminación del aire.

La República de Cuba necesita de un sistema competente que permita vigilar la calidad del aire y dar recomendaciones y soluciones en beneficio de la salud y del medio ambiente. Para lograrlo el Ministerio de Salud Pública (MINSAP) creó una red urbana para el control de la calidad del aire. Mientras que el Centro de Contaminación y Química Atmosférica (CECONT) del Instituto de Meteorología también opera una red de vigilancia regional de la contaminación atmosférica que controla las propiedades químicas de la lluvia, aerosoles y concentraciones de los principales gases contaminantes de azufre y nitrógeno. Este Centro también realiza estudios relacionados con la contaminación atmosférica a nivel local o de impacto. El Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental bajo la dirección del CITMA, incluye al Sistema Nacional de Vigilancia de la Contaminación Atmosférica (SINVCA), integrado por las dos redes anteriores. También contempla el monitoreo empresarial como aspecto necesario en la búsqueda de un mejor control de la contaminación atmosférica en el país.

Se presenta una evaluación cualitativa de la calidad del aire de las principales ciudades del país y algunos datos del monitoreo de la calidad del aire a través de los diversos contaminantes estudiados. Se consideró oportuno realizar dos tipos de análisis; uno "cualitativo" aplicado a las principales ciudades de nuestro país y otro "cuantitativo", utilizando el Índice de Calidad del Aire (ICA), establecido en la Norma Cubana 111:2004.

El método cualitativo analiza que las emisiones urbanas guardan una estrecha relación con el número de habitantes y su densidad. La “Presión Ambiental” puede definirse a partir de una combinación de las dos características anteriores (Sluyter, 1996, López et al., 1998). Esta evaluación cualitativa (Tabla 4) se efectúa a partir del tipo de asentamiento urbano, la cantidad de habitantes y las características y potencia de las fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera (IPF, 2001; PNUMA, 2009 Cuesta y Wallo 2009).



**Tabla 4. Criterio de clasificación de los niveles de contaminación atmosférica.**

Cantidad de habitantes	Emisiones de contaminantes a la atmósfera		
	Débiles	Moderadas	Fuertes
0 –2000	0	3	6
2001 – 5000	1	4	6
5001 – 50000	2	5	6
50001 – 150000	3	5	6
150001 – 250000	4	5	6
250001 – 500000	-	-	6
+ 500000	-	-	6

Nivel de contaminación: 0 y 1 Bueno; 2 – Aceptable; 3 – Deficiente; 4 – Malo;

5 – Pésimo; 6 – Crítico

Como base informativa para aplicar la clasificación se utilizaron fundamentalmente la información del número de habitantes de la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE, 2009) para los asentamientos seleccionados, el Inventario Nacional de Fuentes Contaminantes del Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (CIGEA) de la Agencia de Medio Ambiente, así como también se consultaron los mapas de la distribución de la población y de la estructura ramal de la Industria, ambos del nuevo Atlas Nacional de Cuba. Dándose mayor peso a la información de las industrias contaminantes de la atmósfera más potentes, como son las de producción de energía, metalúrgica cemento y materiales de la construcción por su aporte en partículas al aire.

La clasificación de los niveles de contaminación atmosférica se ha realizado aplicando igual metodología, considerando a las ciudades como un punto, y no en su expresión territorial (Figura 1) donde se muestra que el nivel "**crítico**" y por tanto, las mayores afectaciones potenciales a la salud humana son provocadas por el deterioro de la calidad del aire, correspondiendo a este grupo: Mariel, Nuevititas, Moa y Ciudad de la Habana (Ver Figura 2).

El nivel de contaminación "**pésimo**" ocurre en ciudades que tienen una fuerte concentración industrial como son: Santiago de Cuba, Matanzas y Cienfuegos. Se adiciona a este grupo Cienfuegos, aun cuando las fuentes contaminantes más potentes, están algo alejadas del centro de la ciudad.

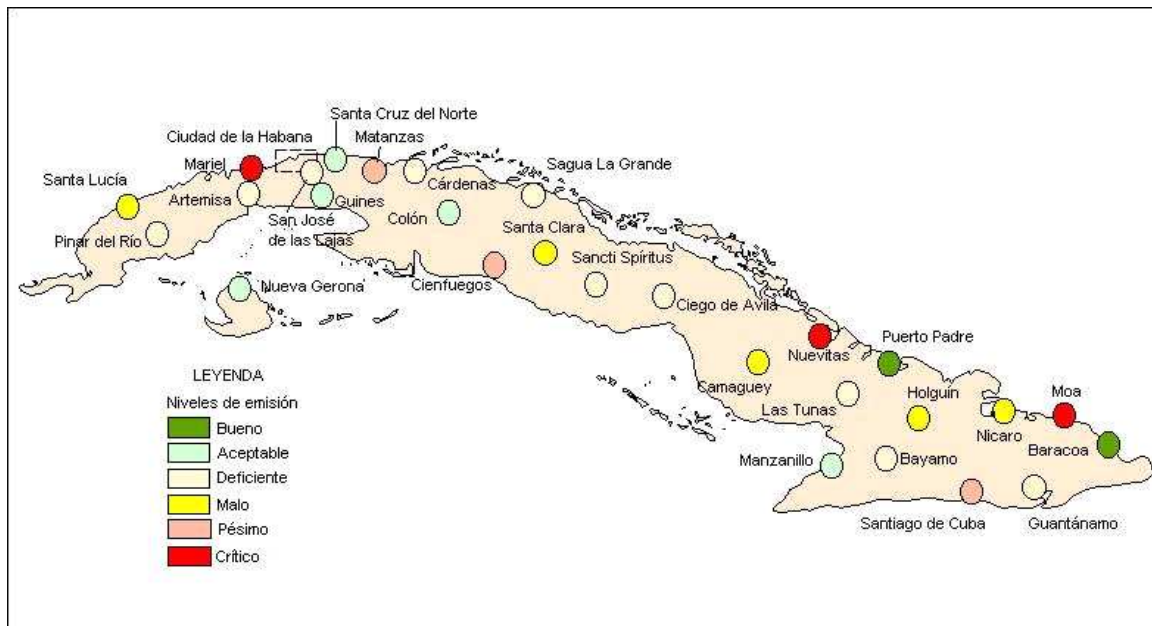


Figura 1. Nivel de contaminación atmosférica de algunas ciudades de Cuba.

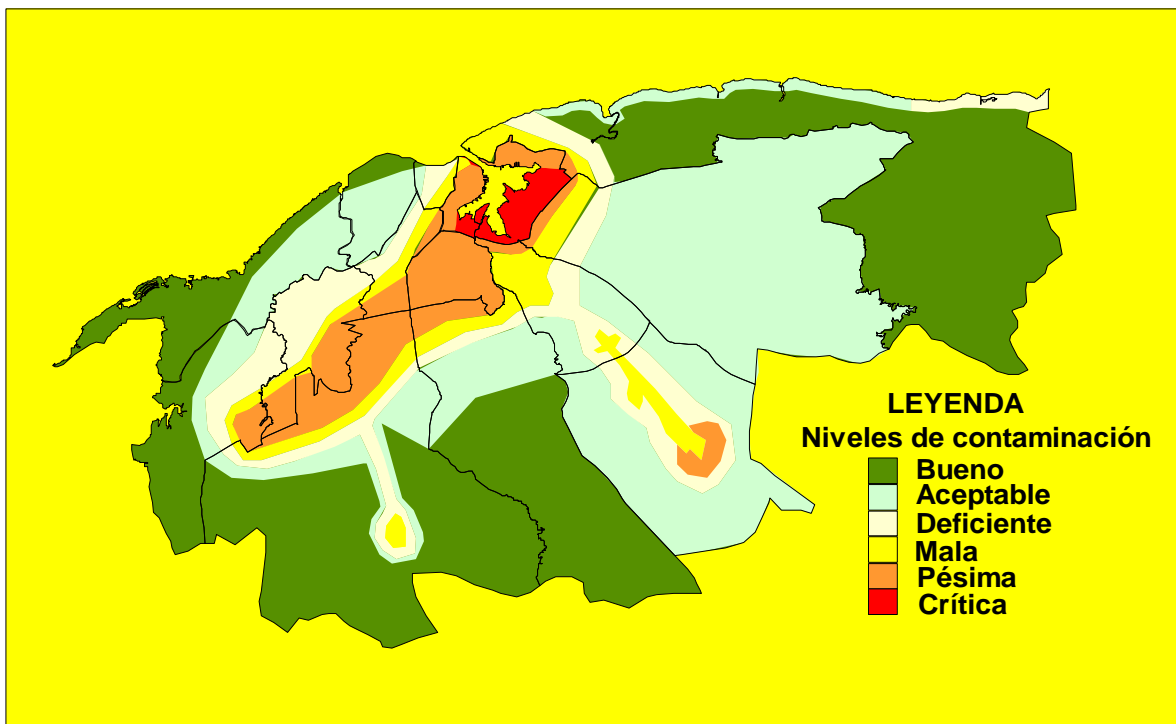
Por otro lado, el nivel de contaminación "**malo**" lo alcanzan, por la potencia de sus fuentes, los asentamientos urbanos de: Santa Lucía y Nicaro y las ciudades de Camagüey, Holguín y Santa Clara, que manifiestan desarrollo industrial y a su vez son cabeceras provinciales con mayor densidad de población.

El nivel de contaminación "**deficiente**" se corresponde con las capitales de provincia que tienen un nivel de desarrollo industrial inferior y una densidad de población, relativamente baja como son: Pinar del Río, Sancti Espíritus, Ciego de Ávila, Las Tunas, Bayamo y Guantánamo. Otras ciudades estudiadas que tienen este nivel de contaminación son: Artemisa, San José, Cárdenas, Santa Cruz del Norte, Artemisa y Sagua la Grande. Estas dos últimas ciudades a pesar de no contar con una población elevada, tienen fuentes potentes de contaminación (cemento y química respectivamente), mientras San José y Cárdenas, presentan una diversidad de industrias que provocan emisiones de

contaminantes a la atmósfera en magnitudes suficientes para catalogarlas en el nivel moderado.

En nivel de contaminación "**aceptable**" lo alcanzan las ciudades de: Guines, Colón, Manzanillo, Nueva Gerona. Mientras que el nivel de contaminación "**bueno**" se corresponde: Baracoa, Puerto Padre y La Fe donde las afectaciones a la calidad del aire son mínimas.

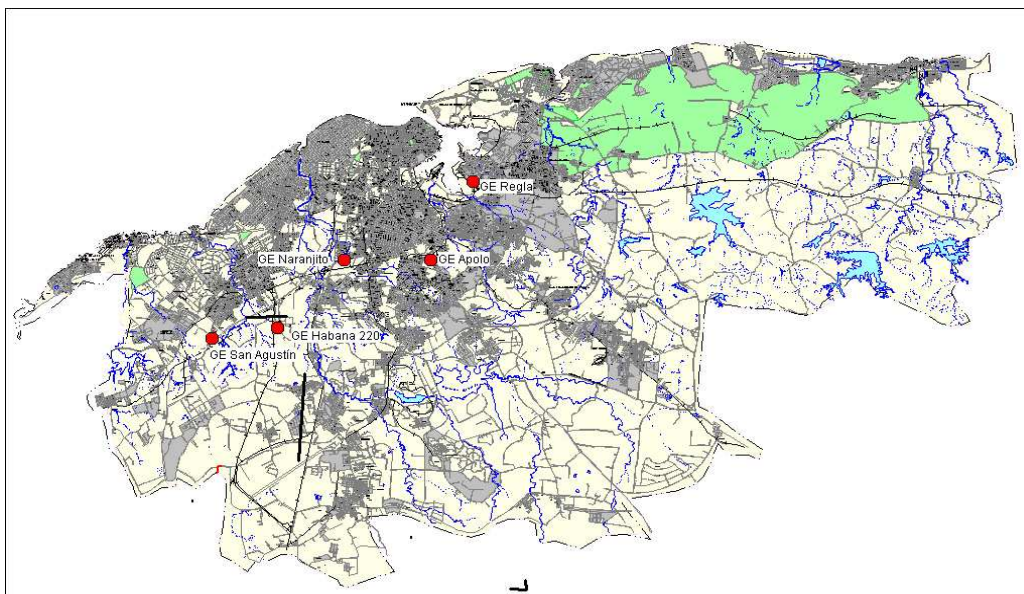
En el presente trabajo se actualizan los resultados alcanzados para la Ciudad de La Habana en (Geo Cuba, 2009), lo cual se puede apreciar en la Figura 2 donde se reflejan los diversos niveles de contaminación establecidos para la capital. El panorama de la calidad del aire en la ciudad cambia con la introducción de la generación eléctrica por grupos electrógenos de producción continua en algunos de sus municipios, sobre todo con el aumento de las emisiones de los óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre a la atmósfera.



**Figura 2. Niveles de contaminación atmosférica en zonas de Ciudad de La Habana.**

La provincia Ciudad de La Habana se clasificó utilizando los seis niveles de contaminación atmosférica que se aprecian en la Figura 2. El nivel de contaminación "**crítico**" está presente en el municipio de Regla y la parte sureste de los municipios Habana Vieja y Centro Habana. Este nivel se alcanza por las altas emisiones provenientes de las fuentes altamente contaminantes como son la refinería Níco López, el grupo electrógeno de trabajo continuo y la termoeléctrica Otto Parellada, además de un sinnúmero de instalaciones portuarias y otras industrias menores que aportan igualmente una cantidad de sustancias contaminantes a la atmósfera.

El nivel de contaminación atmosférica "**pésimo**" forma un anillo alrededor del nivel crítico; bordea la bahía de La Habana hasta las proximidades de su canal de entrada por ambos márgenes. También bordea el noroeste del municipio Guanabacoa y el norte de San Miguel del Padrón. Este nivel de contaminación se prolonga al SW de la bahía de La Habana (Municipio 10 de Octubre), debido a la dispersión (transporte y dilución) de contaminantes desde la zona crítica, por la dirección predominante de los vientos y debido a las propias fuentes contaminantes de este municipio, densamente poblado y con gran tráfico automotor. Continúa afectando el norte del municipio Arroyo Naranjo y el sur del Cerro; se prolonga por el norte del municipio Boyeros y el sur de Marianao y La Lisa. Esta zona coincide con la ubicación (como se aprecia en la Figura 3) de los nuevos grupos electrógenos que generan electricidad de forma continua, afectando una importante zona de la ciudad.



**Figura 3. Ubicación de los Grupos Electrógenos de generación continua en la Ciudad de La Habana.**

Para el caso del nivel de contaminación "**malo**" se mantiene la configuración del nivel de contaminación anteriormente descrito, aunque el área es ligeramente menor en la parte norte y un poco mas amplia en el sur debido al predominio del arrastre del viento hacia esa zona. Otra área con nivel de contaminación mala, se refleja en la zona urbana del Cotorro, asociado a la actividad industrial de dicho municipio y otra en el aeropuerto internacional José Martí, en el municipio Boyeros, vinculado con las emisiones que provoca la actividad aeroportuaria a la atmósfera.

El nivel de contaminación atmosférica "**deficiente**" sigue el mismo patrón de los anteriores bordeando el nivel anterior, extendiéndose hacia el resto del municipio Marianao y la parte central y sur del municipio La Lisa y prolongándose a través de la Avenida de Rancho Boyeros y alrededores del aeropuerto, por último se presenta un área también en la zona de Guanabo, provocada esta última, por la cercanía a una zona de extracción de petróleo.

El nivel de contaminación atmosférica "**aceptable**", se extiende por una estrecha franja en el litoral del municipio Habana del Este hasta la zona de Boca Ciega. En gran parte del municipio de Guanabacoa, el Cotorro, el sur de San Miguel del Padrón, una franja de la zona norte de Arroyo Naranjo, Boyeros y La Lisa y a partir de aquí continúa por una franja al este de los municipios de Playa y Plaza de la Revolución.

Por ultimo el nivel de contaminación "**bueno**" ocupa gran parte de los municipios Habana del Este, el sur de Arroyo Naranjo, Boyeros y La Lisa. En el municipio Playa, el nivel de contaminación muy bajo se encuentra en toda la parte sur y una estrecha franja litoral al norte que continúa en el municipio Plaza de la Revolución.

### **Evaluación de cantidad de población expuesta**

Las características y potencia de las fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera y la cantidad de habitantes fueron los factores analizados para conocer la cantidad de población expuesta a las diversas condiciones de calidad del aire. Se tomó la cantidad de población urbana por municipio (ONE, 2009) y la evaluación de la calidad del aire realizada por el método cualitativo a las principales ciudades de Cuba. A los pequeños asentamientos urbanos que no tienen fuentes potentes de emisiones de contaminantes cercanas se les consideró con calidad de aire bueno y aceptable. Para el caso de las ciudades clasificadas con calidad de aire de "Deficiente a Crítica" se consideró que

solamente el 50% de la población estaba expuesta a las emisiones de las fuentes potentes de contaminación atmosférica cercanas.

Al analizar la Tabla 5 podemos apreciar que más de la quinta parte de la población de la Ciudad de La Habana es afectada por condiciones de calidad del aire consideradas como pésimo y crítico. Mientras que más de la mitad de la población sufre condiciones deficientes de calidad del aire. Planes de descontaminación de la atmósfera son necesarios aplicar en las zonas con marcado deterioro de la calidad del aire.

**Tabla 5. Población urbana expuesta según clasificación del índice cualitativo de calidad del aire.**

Nivel de exposición	Calidad del Aire (Método Cualitativo)	Población urbana de Cuba (Miles de Habitantes)	Ciudad de La Habana (Miles de Habitantes)	Observaciones
<b>Bajo</b>	Bueno y Aceptable	4 831,2 (76%)	1050,9 (49%)	
<b>Medio</b>	Deficiente y Malo	1 023,0 (16%)	626,0 (29%)	Se consideró el 50% de la población
<b>Alto</b>	Pésimo y Crítico	478,0 (8%)	465,0 (22%)	Se consideró el 50% de la población
		6 332,2 *	2 141,9	

Nota: \* Sin Ciudad de La Habana

Para el resto de las zonas urbanas se puede apreciar que casi medio millón de personas presenta situaciones de calidad del aire de pésimo y crítico. Mientras que por otro lado un millón de personas presentan condiciones de calidad de aire deficiente y malo. También es necesario aplicar planes locales para mejorar las condiciones de vida de esta población.

## Algunos valores del Índice de Calidad del Aire (ICA) en zonas urbanas de Cuba

La situación de la calidad del aire o grado de contaminación del aire en los asentamientos humanos se evalúa mediante el Índice de Calidad del Aire (ICA) el cual fue establecido en la Norma Cubana 111: 2004, e incluye una escala de seis categorías: **Buena, Aceptable, Deficiente, Mala, Pésima y Crítica**. El ICA se determina utilizando como criterio el valor resultante del cociente de las concentraciones reales de cada uno de los contaminantes, tomando como denominador las Concentraciones Máximas Admisibles (Cma) correspondientes al período de tiempo evaluado y que están establecidas en la Norma Cubana 39: 1999. Este método cuantitativo permite conocer sobre la base del monitoreo el nivel de contaminación atmosférica que esta afectando a las diversas localidades del país que han realizado mediciones in situ de la calidad del aire, en este trabajo se muestran algunos de estos resultados.

A continuación se mostrarán diversos datos provenientes del monitoreo realizado a través de proyectos y estudios de gestión de la calidad del aire en nuestro país. En la Tabla 6 se muestra la marcha mensual del ICA correspondiente al NO<sub>2</sub> medido en la localidad de Regla, Ciudad de La Habana, la categoría de calidad del aire deficiente registra la mayor cantidad de días en los meses de junio y julio con 43 casos respectivamente. Dentro de las categorías Buena y la Aceptable ocurren un número considerable de casos y en la categoría Crítica ocurren muy pocos casos, y la mayoría esta concentrada en los meses de febrero y marzo con 7 y 14 respectivamente. Estos valores se corresponden al periodo 2001 – 2003, tres años de monitoreo (Cuesta, et al., 2005).

**Tabla 6. Aplicación del ICA para el NO<sub>2</sub> en la Estación de Regla (mensual).**

Índice	Categoría	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0-79	Buena	24	25	27	40	46	8	15	33	22	33	33	26
80-99	Aceptable	20	22	12	19	20	19	20	37	27	40	27	28
100-199	Deficiente	23	15	23	14	25	43	43	17	18	9	27	21
200-299	Mala	16	7	14	13	0	17	10	1	13	4	2	7
300-499	Pésima	10	8	3	4	2	3	3	4	10	6	1	9
>500	Crítica	0	7	14	0	0	0	2	1	0	1	0	2

Valores del ICA encontrados en otras localidades de Cuba se reflejan en la Tabla 7. Estos valores fueron hallados durante experimentos desarrollados en actividades de investigación y gestión ambiental. Para hacer comparables y más comprensible la información se refleja en por ciento (%) de ocurrencia.

**Tabla 7. Porcentaje de ocurrencia del ICA en diversas localidades de Cuba (Valor diario).**

Índice	Categoría	Héctor Molina, San Nicolás (PST)	Zona Franca Berroa (PST)	Habana Vieja (SO <sub>2</sub> )	Falla, Ciego de Ávila (PST)	Varadero Santa Marta (SO <sub>2</sub> )	Stgo Cuba (SO <sub>2</sub> )	Palma Soria no (NO <sub>2</sub> )
0-79	Buena	-	-	55	60	50	50	85
80-99	Aceptable	-	-	25	5	10	20	10
100-199	Deficiente	10	30	15	20	25	15	5
200-299	Mala	20	40	5	15	10	10	-
300-499	Pésima	30	20	-	-	5	5	-
>500	Crítica	40	10	-	-	-	-	-

Como se puede apreciar son diversos los contaminantes que influyen sobre el deterioro de la calidad del aire en nuestro país, en dependencia de las características de la fuente de emisión. Para el caso de los Centrales Azucareros, el Material Particulado influye grandemente en la calidad del aire. En zonas urbanas el NO<sub>2</sub> tiene un gran peso debido alas industrias y al tráfico automotor y en zonas de explotación petrolera el SO<sub>2</sub> es uno de los contaminantes que mayor efecto nocivo provoca sobre la salud humana y el medio ambiente en general.



## Conclusiones y recomendaciones

La contaminación atmosférica en las ciudades cubanas motivada por la potencia de sus fuentes está provocando el deterioro de la calidad del aire encontrándose tres asentamientos humanos catalogados de críticos y pésimos respectivamente. Por otro lado, clasificados con calidad de aire malo y deficiente encontramos 5 y 11 ciudades respectivamente; mientras que el resto de los asentamientos humanos poseen calidad de aire buena y aceptable.

La capital del país por su población y extensión territorial posee niveles de contaminación atmosférica desde crítica en la zona industrial alrededor de la bahía hasta calidad de aire buena y aceptable en zonas residenciales alejadas de fuentes potentes.

El 22% de la población de la capital posee calidad de aire entre crítica y pésima, mientras que el 8% de la población del resto del país presenta esta categoría. Casi el 30% de los capitalinos respiran aire de calidad deficiente y mala; por otro lado en otras ciudades solo el 16% de la población poseen estas categorías.

Los asentamientos urbanos clasificados en el nivel crítico deben profundizar en sus estudios sobre calidad del aire y emprender rápidamente planes de descontaminación de su atmósfera. Entre los que se encuentran una parte importante de la Ciudad de La Habana, el Mariel, Moa y Nuevitas. Otras ciudades en los niveles de contaminación catalogados entre malos y pésimos requieren de estudios integrales de la calidad del aire.

Es necesario reactivar la red de monitoreo de la contaminación del aire basado en los estudios anteriores de forma tal que se puedan enfrentar los problemas de salud, de corrosión atmosférica y de conservación del patrimonio cultural. Esta tarea se podrá realizar con el concurso de las instituciones gubernamentales competentes y otras instituciones nacionales e internacionales interesadas en la conservación del medio ambiente atmosférico.

## Referencias bibliográficas

Amárales, M. y J. Villarroel (2010): Influencia del transporte en la contaminación atmosférica. CETRA, Ponencia Seminario Taller CONTAT 2010, La Habana.

Cuesta, O., A. Wallo, A. Collazo, P. Castellanos (2005): Contaminación atmosférica en el Municipio Regla. Aplicación del Índice de Calidad del Aire (ICA). Revista Cubana de Meteorología, 12(1): 38-44

Cuesta, O., y Wallo, A. (2009): Algunos aspectos del estado de la contaminación atmosférica a nivel local y regional en Cuba. Publicación Electrónica, ISBN, 978-959- 304-003-7, Memorias de la Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Ciudad de la Habana, 6 – 10 de Julio de 2009.

IPCC (2000): Penman, J. et al., (Eds). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.

IPCC-OECD-IEA (1997): Houghton J. T., et al., (Eds). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volumes I, II, III.

IPF (2001): Las ciudades y su interacción con los cambios globales. Capitulo del proyecto de investigación: Los asentamientos humanos, el uso de la tierra y los cambios globales en Cuba, La Habana.

López Carlos, González M, Cuesta O, Sánchez P, Collazo A, Wallo A, Manso R, Imbert C, Morejón L.E, Moreno E. (1998): La Deposición Acida Atmosférica a Nivel Regional en Cuba y Su Contribución al Riesgo de los Ecosistemas Terrestres. Informe Técnico, INSMET, La Habana Cuba.

López, C., P. V. Fernández, R. W. Manso, A. León, A. V. Guevara, C. González, S. Mesa, E. Martínez, N. Rodríguez, J. Dávalos, M. E. García, R. Biart, I. López, D. Pérez, H. Ricardo, S. F. Pire, J. M. Ameneiros, A. Mercadet, A. Álvarez (2009): Determinación de Emisiones y Absorciones de Gases de Invernadero en Cuba. Reporte preliminar para el año 2004. CITMA/AMA/Instituto de Meteorología. La Habana 37 pp.

Nuevo Atlas Nacional de Cuba (1989): Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.

NC: 39 (1999): Atmósfera. Requisitos Higiénicos-sanitarios: Concentraciones máximas admisibles, alturas mínimas de expulsión y zonas de protección sanitaria. *INN, La Habana.*

NC:111 (2004): Calidad del Aire. Reglas para la vigilancia de la calidad del aire en asentamientos humanos. Oficina Nacional de Normalización, La Habana.

ONE (2009): <http://www.one.cu/EstadisticaPoblacion/EstadisticaPoblacion.asp>

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

Sluyter, Rob (1996): Panorámica de la contaminación del aire en las ciudades europeas Boletín de la OMM Vol. 45 No. 2, 123 – 128, abril 1996.

---