



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

***Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.***



***Trabajo de investigación.***

***Caracterización de la calidad del aire en el municipio habanero de Regla.***

Autor: Lic. Milena Carbó Alfonso

milenacarbo@yahoo.com

Ecuador, Quito, 2013.



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

**Resumen:**

El desarrollo de la sociedad contemporánea ha traído consigo el aumento de los contaminantes atmosféricos en el mundo, por lo tanto el deterioro de la calidad del aire y la ocurrencia de efectos adversos en la salud humana. Por esta razón los estudios encaminados a la caracterización de la misma cobran un gran impulso en la actualidad. Los modelos de dispersión de contaminantes, la aplicación de los índices de calidad del aire y los sistemas de información geográfica se han convertido en herramientas muy usadas a la hora de realizar caracterizaciones de la calidad del aire.

Dentro de este contexto el presente trabajo se propone realizar una caracterización de la calidad del aire en el municipio Regla mediante el uso de la modelación de la dispersión de contaminantes, la aplicación de un índice de calidad del aire y los sistemas de información geográfica que sirva de base para la futura implementación de un sistema de alerta temprana en el territorio.

**Introducción:**

La atmósfera es una envoltura gaseosa que rodea la tierra; su importancia radica en que contiene los elementos indispensables para la formación de la vida y que absorbe las radiaciones de longitud de onda corta que provienen del sol. La contaminación atmosférica consiste en la presencia de sustancias o formas de energías que alteran la calidad del aire, y que provocan riesgos o daños al ecosistema. La actividad del hombre junto con su rápido desarrollo industrial contribuye con esta contaminación a través de la emisión de gases, partículas, aerosoles etc.

La contaminación aparece cuando los ciclos biogeoquímicos; que son los procesos naturales que reciclan elementos químicos desde el medio ambiente hasta los organismos vivos en una atmósfera limpia, no son capaces de absorber estas emisiones. El deterioro de las condiciones ambientales es el factor principal en la contribución de la salud y la calidad de vida en general. Los estimados recientes de la Organización Mundial de Salud (OMS) indican que más de cien millones de personas en América Latina y el Caribe están expuestos a niveles de concentración del aire que exceden los recomendados por la OMS, Finkelman et al (1993). A pesar de que la mayoría de estos países son subdesarrollados y son los que presentan menor índice de emisión. Las principales fuentes de polución proceden de los grandes núcleos industriales y de centros urbanos densamente poblados, el 80% de los contaminantes emitidos a la atmósfera provienen de la combustión de combustibles fósiles.

Dentro de este contexto los índices de calidad del aire se han convertido en una importante herramienta a la hora de realizar estudios referentes a la caracterización de la calidad del aire en una zona determinada, representándose sus resultados a través de sistemas de información geográfica, que sirvan de base para la creación futura de sistemas de alerta temprana.

**Objetivo General:**

- Caracterizar la calidad del aire en el municipio habanero de Regla a través de un Índice de Calidad del Aire como base de la futura elaboración de un sistema de alerta temprana.



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

**Objetivos Específicos:**

- Calcular la dispersión de la contaminación atmosférica con el uso del modelo SCREEN.
- Caracterizar la calidad del aire mediante la aplicación de un Índice de Calidad del Aire a partir de las concentraciones de los contaminantes.
- Elaborar mapas de alerta por contaminación atmosférica.
- Representar los resultados obtenidos a partir de un Sistema de Información Geográfica.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 201  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

## FUNDAMENTACION TEORICA Y ANTECEDENTES.

### Características de los contaminantes:

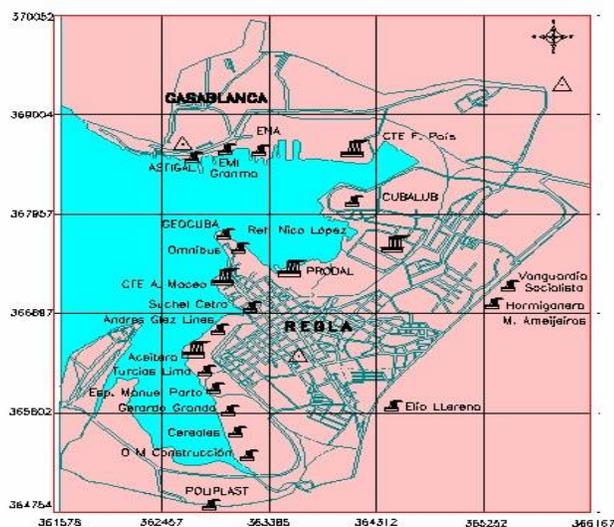
Dióxido de azufre es un gas incoloro que tiene un olor picante. Cuando se oxida y se combina con agua produce ácido sulfúrico, es el componente básico de la lluvia ácida. El compuesto de azufre que se emite hacia la atmósfera en mayores cantidades es el dióxido de azufre, ( $SO_2$ ). Lo acompaña por lo común una pequeña cantidad de trióxido de azufre ( $SO_3$ ), en conjunto, ambos óxidos se designan como  $SO_x$ , según González (1999).

Dióxido de nitrógeno es un gas oxidante color café rojizo que tiene un olor picante. La contaminación atmosférica provocada por los óxidos de nitrógeno se considera por lo general en términos de monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), ambos participan en las reacciones fotoquímicas en la atmósfera.

Las partículas totales suspendidas pueden ser sólidas, aerosoles o líquidas que se encuentran dispersas en la atmósfera engloban al polvo, la tierra, la arena, la ceniza, el hollín, las partículas de metales, el cemento, los diversos tipos de polen, etc. La fracción respirable, torácica o PM10, está compuesta por las partículas que tienen un diámetro menor a 10 micras y que debido a su tamaño es posible que penetren hasta los alvéolos pulmonares. Las PM10 se pueden combinar con los  $NO_x$ , óxidos de azufre y cuando se combinan con agua forman la lluvia ácida.

### Características geográficas del terreno:

El municipio Regla se encuentra en su mayor parte en una llanura baja pantanosa con áreas de superficie baja - marino palustre que bordea la bahía de La Habana. Las zonas más alejadas de la costa se encuentran sobre una llanura ondulada, medianamente diseccionada, en Casablanca se destaca un escarpe denudativo de alrededor de 50 m de altura con altos valores de pendiente. El municipio está fuertemente antropizado, presentando grandes industrias y gran desarrollo urbanístico, además de ser atravesado por vías importantes de comunicación, cuenta con una superficie territorial de 0.9 km<sup>2</sup>, una población de 43004 habitantes y una densidad de 3945.3 hab/km<sup>2</sup>.

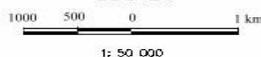


AREA DE ESTUDIO  
MUNICIPIO REGLA

LEYENDA

- PRINCIPALES FUENTES DE EMISION
- OTRAS FUENTES DE EMISION
- ESTACIONES DE MONITOREO

ESCALA



2 abril de 2014. México



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
 Multidisciplinario  
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
 ISBN: 978-607-95635

**MATERIALES Y METODOS.**

**Contaminantes estudiados**

En la zona de estudio los principales contaminantes emitidos a la atmósfera son producto de la quema de combustibles fósiles, principalmente el petróleo y sus derivados, así como material particulado proveniente de esta y además la actividad constructiva y agrícola del territorio. Estos contaminantes junto con sus concentraciones máximas admisibles (Cma) según NC: 39:1999, son los siguientes: Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Cma- 50 µg/m<sup>3</sup>. Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Cma- 40 µg/m<sup>3</sup>. Partículas Suspendidas Totales (PST), Cma- 100 µg/m<sup>3</sup>. El período de estudio fue 1998-2005.

**Cálculo de los contaminantes**

Como modelo pronóstico de concentraciones se utilizó el SCREEN, un modelo gaussiano que permite realizar el cálculo de la dispersión de los contaminantes tanto en áreas urbanas como rurales, tomando en cuenta una meteorología completa del lugar. El modelo SCREEN también puede calcular la concentración máxima a cualquier número de distancias especificadas por el usuario en un terreno simple elevado o plano incluyendo distancias de hasta 100 km para transporte de largo alcance. Con la excepción de las estimaciones de 24 horas para impactos en terreno complejo, los resultados de SCREEN se calculan en concentraciones máximas de 1 hora. Para manejar promedios de período más largos, el documento de procedimientos de tamizado contiene los factores de ajuste recomendados para calcular concentraciones hasta de 24 horas a partir del valor máximo en 1 hora (Sección 4.2, Paso 5). Además, SCREEN examina un amplio rango de condiciones meteorológicas, incluyendo todas las clases de estabilidad y velocidades del viento para encontrar impactos máximos.

**Índice de Calidad del aire**

En la NC 111: 2002 se determina un Índice de calidad del Aire para los asentamientos poblacionales, el cual se utilizó para el municipio Regla, que fue dividido por consejos populares para su aplicación. El ICA define la calidad del aire de acuerdo con las siguientes categorías, de la forma en que se refleja en la Tabla 2.

INDICE	CATEGORIA	COMENTARIOS
0-79	BUENA	No sobrepasa el 79 % del valor de la Cma prescrito en la NC. 39. Óptima calidad sanitaria del aire. Supuesta protección de toda la población
80-99	ACEPTABLE	No supera el 99 % de la Cma. Comienza el deterioro de la calidad del aire. Posible aparición de efectos leves en individuos o grupos de alta susceptibilidad.
100-199	DEFICIENTE	Sobrepasa entre 100 - 199 % el valor de la Cma prescrito en la NC 39. Ligero incremento en la frecuencia y severidad de los efectos adversos agudos y crónicos en la población.
200-299	MALA	Supera entre 2 y 3 veces (200 – 300 %) el valor de la Cma. Aumento de la frecuencia y gravedad de los efectos adversos a los grupos más susceptible y a la población en general. Da lugar a una SITUACION DE ATENCION.
300-499	PESIMA	Supera entre 3 y 5 veces el valor de la Cma. En dependencia del incremento de la concentración del contaminante y el tiempo de exposición será la gravedad de los efectos adversos en la población. Da lugar a una situación de SITUACION DE ALERTA.



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
 Multidisciplinario  
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
 ISBN: 978-607-95635

≥500	CRITICA	Se supera el límite de 5 veces la Cma, dando lugar a un incremento aún mayor del riesgo o probabilidad de ocurrencia de los efectos adversos sobre la salud de la población general, se traduce a incrementos de la morbilidad y mortalidad, o sobre carga de los servicios asistenciales. Da lugar a una SITUACION DE EMERGENCIA AMBIENTAL.
------	---------	--

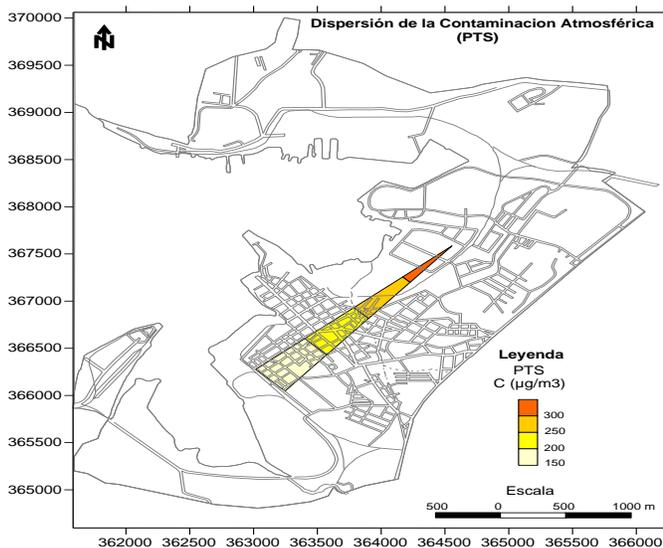
**Aplicación de los sistemas de información geográficos**

Para la confección de los mapas se utilizó el SPRING, INPE (2004); un sistema de información geográfica que cumple con los requerimientos necesarios para el procesamiento espacial de toda la información procesada en este resultado. El mismo tiene las ventajas de permitir trabajar en un mismo módulo tanto el formato raster como el vectorial y la realización de isolíneas, entre otras. La escala de trabajo usada en los mapas fue 1: 50 000.

**RESULTADOS.**

**Cálculo de la concentración de los contaminantes utilizando el modelo SCREEN.**

Al analizar los valores del cálculo de la dispersión de la contaminación atmosférica en la zona de estudio, el municipio de Regla, aplicando el modelo SCREEN y asumiendo como rumbo predominante el NE, tomando en cuenta que durante la mayor parte del año es este rumbo es el que se mantiene afectado esta área, se obtuvieron los siguientes resultados.

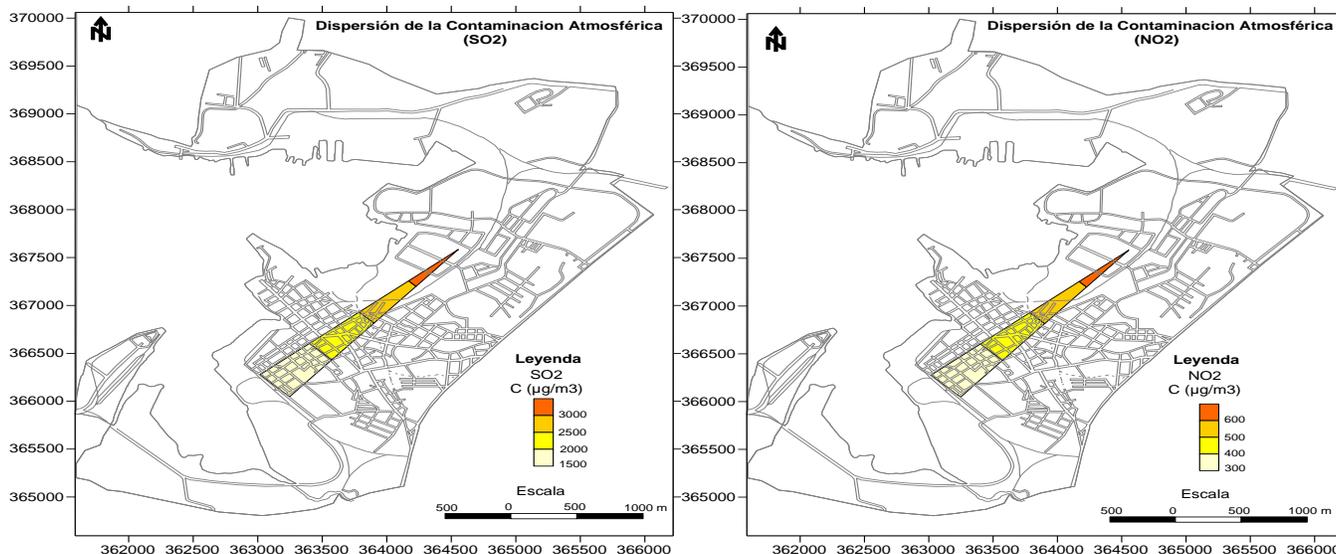


**Figura 1.1 Distribución de la dispersión del contaminante PTS sobre el territorio de Regla.**

**Figura 1.2 Distribución de la dispersión del contaminante SO<sub>2</sub> sobre el territorio de Regla.**



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635



En el caso de la dispersión de las partículas suspendidas totales (PTS), el registro de las máximas concentraciones en los primeros 500m de la fuente emisora (Figura 1.1), para un valor de  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y con una disminución de las concentraciones para situarse en  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a 2000m de la fuente. Para el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), se determinó que las máximas concentraciones se manifiestan en los primeros 500m de la fuente emisora (Figura 1.2) con un valor de  $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y que estos valores van disminuyendo hasta llegar a  $1500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a una distancia de 2000m de la fuente. Al estudiar la dispersión del dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), se determinó un similar comportamiento al contaminante anterior, de máximas concentraciones en los primeros 500m de la fuente emisora (Figura 1.3), con un valor de  $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y que estos valores tienen también una disminución situándose en  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en una distancia de 2000m de la fuente. Estos valores indican que igualmente se sobrepasa la concentración máxima admisible del contaminante, teniéndose en cuenta la misma dirección predominante del viento.

**Aplicación del Índice de Calidad del Aire a partir de los valores mensuales de las concentraciones medidas en el área de estudio.**

De un total de días analizados en el período 1998-2005, en la Tabla 2.1 se muestra la cantidad de días que se incluyen en cada una de las categorías del ICA de acuerdo al cálculo de este índice para cada uno de los contaminantes tratados.

Tenemos que para los gases se presentó el mayor número de días en la categoría de calidad de aire deficiente con 1155, y un valor de 151 días con categoría del índice mala, además de presentar 838 días en la categoría buena, sin embargo las PST mostraron la mayor cantidad de días con categoría mala para un valor de 910 días. Además de mostrar un valor de 716 días para una categoría del índice crítica y para la categoría del índice buena presento solo un valor de 20 días.

Como se aprecia son las partículas el contaminante que más influyeron en el deterioro de la calidad del aire y afectaciones en la salud, pudiendo provocar desde efectos leves hasta adversos en la población, además de situaciones de atención alerta y emergencia ambiental.



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
 Multidisciplinario  
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
 ISBN: 978-607-95635

**Tabla 2.1. Días observados en las diferentes categorías del ICA**

Índice	Categoría	Gases	PST
0-79	Buena	838	20
80-99	Aceptable	615	10
100-199	Deficiente	1155	168
200-299	Mala	151	910
300-499	Pésima	84	371
>500	Crítica	79	716

Del análisis mensual referido a las PST (Tabla 2.2) podemos inferir que la categoría de calidad del aire mala presentó mayor cantidad de días que las restantes durante todos los meses, siendo significativo enero con 91, es de destacar que en la pésima aunque mucho menos que la mala se registraron más días que el resto de las categorías de enero a marzo y la crítica mostró ocurrencias en todos los meses, apreciándose el máximo en enero con un valor de 41 días.

De lo que se desprende que durante el período poco lluvioso se produjo la mayor afectación en la calidad del aire y pudieron aparecer los más importantes efectos a la salud y la ocurrencia de las tres situaciones ambientales aquí analizadas.

**Tabla 2.2. Días observados en las diferentes categorías del ICA. PST de Regla (Mensual)**

Índice	Categoría	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0-79	Buena	0	0	0	0	5	1	7	5	0	1	1	0
80-99	Aceptable	0	0	6	0	1	0	1	0	0	0	0	1
100-199	Deficiente	0	11	23	12	19	7	6	12	27	25	22	5
200-299	Mala	91	60	60	73	64	90	87	95	80	69	64	80
300-499	Pésima	23	30	42	45	47	25	24	22	26	32	23	31
>500	Crítica	41	40	24	20	19	26	30	21	17	28	40	38

El índice Calidad del Aire Total, fue calculado a partir de los valores máximos diarios de cada contaminante, para los gases, arrojó los siguientes resultados:

En cuanto a la cantidad de días en cada categoría por meses (Tabla 2.3) estos se observaron en su generalidad en la deficiente. Las más altas ocurrencias que se dieron en la crítica apareciendo en marzo y abril con 14 y 26 días respectivamente. Poniéndose de manifiesto de nuevo que el período poco lluvioso



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
**Multidisciplinario**  
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
 ISBN: 978-607-95635

del año fue en el que se producen las mayores afectaciones producto del aumento de las concentraciones de los contaminantes y una mayor cantidad de días con posibilidad de ocurrencia de las situaciones de advertencias ambientales.

**Tabla 2.3. Días observados en las diferentes categorías del ICA Total (Mensual)**

Índice	Categoría	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0-79	Buena	48	41	46	56	100	33	57	67	67	77	113	48
80-99	Aceptable	26	33	62	49	80	20	30	78	30	88	68	33
100-199	Deficiente	130	108	84	82	63	152	143	73	115	65	54	124
200-299	Mala	19	13	27	18	3	20	13	11	16	11	4	11
300-499	Pésima	16	10	5	12	2	3	3	47	11	6	1	10
>500	Crítica	9	12	14	26	0	2	2	12	0	1	0	2

De todo el análisis anterior se desprende que el material particulado fue el que presentó mayor número de días en las categorías mala y crítica e incluso en deficiente y pésima aunque en menor cantidad que en las anteriores. Sin embargo las concentraciones medidas más elevadas en el área de estudio corresponden a los gases como se observa en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4 Concentraciones medidas de gases y partículas.**

FECHA	Gases	Partículas
Máximo	2136,4	1812,0
Mínimo	0,1	22,5
Promedio	54,7	349,6

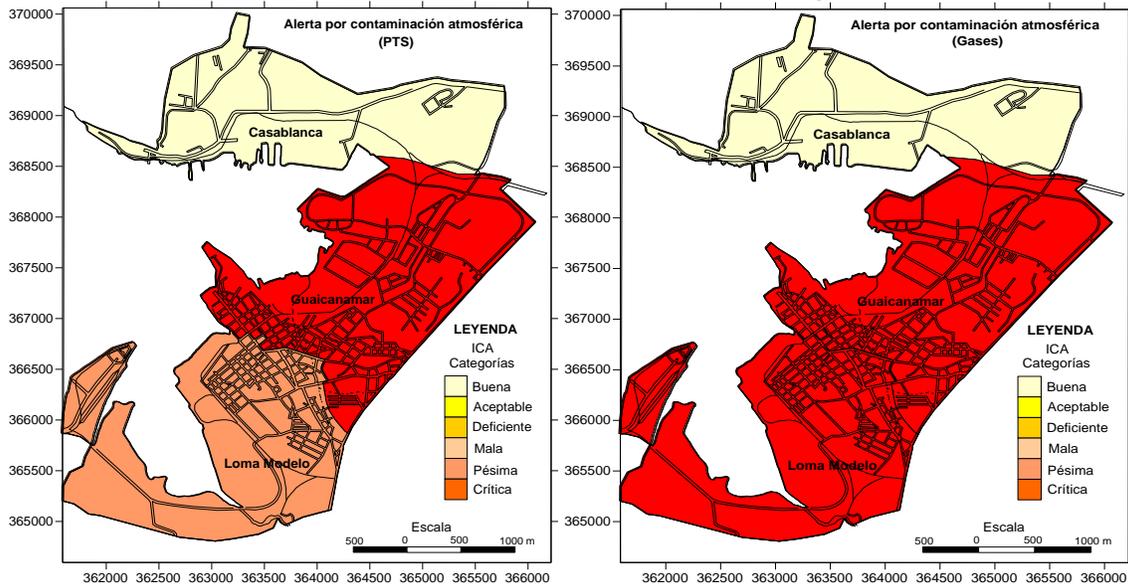


**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
 Multidisciplinario  
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
 ISBN: 978-607-95635

**Aplicación del Índice de Calidad del Aire a partir de las concentraciones obtenidas del modelo de dispersión de contaminantes.**

Como resultado de todos los análisis anteriores en este acápite se procede a la aplicación del Índice de Calidad del Aire establecido en las normas cubanas con el objetivo de brindar alertas que permitan tomar medidas para mitigar la negativa influencia de la contaminación atmosférica sobre la salud humana y que sirva de base del futuro sistema de alerta temprana que debe implementarse en el municipio.

En la región de Casablanca el índice presenta una categoría de calidad del aire buena, lo que indica que no se sobrepasa el 79% el valor del Cma y una supuesta protección de toda la población aunque no se puede asegurar que supere el umbral de respuesta de efectos adversos en individuos aislados. Los consejos populares de Guaicanamar y Loma Modelo se ubican en un nivel crítico dando lugar a un incremento del riesgo de ocurrencia de los efectos nocivos en la salud y en los grupos más vulnerables al incremento de la morbilidad y mortalidad de la población. En estos 2 consejos donde la calidad del aire es alarmante debido a que los niveles de concentración de los contaminantes superan considerablemente las Cma se presenta una situación de emergencia ambiental.





## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

En la siguiente figura se muestra el mapa de alerta de la contaminación atmosférica para las PTS y gases, basado en el ICA. En la zona de Casablanca la calidad del aire es buena al igual que en el análisis de los gases, demostrando que no se sobrepasa el 79% el valor de los niveles admisibles y que no constituye un riesgo para la salud de la población. En el caso del consejo popular Loma Modelo el índice mostró una categoría pésima para el aire, dando valores que exceden entre 3 y 5 veces la Cma. Los habitantes de este consejo en general y los grupos más susceptibles están expuestos a el aumento de la frecuencia y gravedad de los efectos adversos debido al tiempo de exposición continua y al incremento de la concentración del contaminante dando lugar a una situación de alerta. Para el consejo popular de Guaicanamar la calidad del aire es crítica superándose el límite de 5 veces la Cma proporcionando un incremento superior de la probabilidad de ocurrencia de efectos dañinos en la salud que pueden llegar hasta la mortalidad y sobrecarga de los servicios asistenciales. Para esta localidad se establece una situación de emergencia ambiental por concentración de PTS y gases en la atmósfera regional.

### **Conclusiones**

Como resultado de la investigación puede concluirse que

El cálculo de la dispersión de los contaminantes en el municipio de Regla, utilizando el modelo SCREEN permitió obtener los valores de las concentraciones para cada contaminante dando una idea de la situación de la calidad del aire en la zona. Al comparar estas concentraciones con los niveles máximos admisibles, se obtuvo que las mismas exceden su Cma hacia el centro de la localidad de Regla, tomando como viento predominante el Noreste.

El cálculo del Índice de Calidad del Aire es una herramienta apropiada para caracterizar la calidad del aire en el municipio Regla, donde el  $SO_2$  es el contaminante que más veces supera su Cma. Siendo el material particulado el que presentó mayor número de días en las categorías mala y crítica e incluso en deficiente y pésima aunque en menor cantidad que en las anteriores. Sin embargo las concentraciones medidas más elevadas en el área de estudio corresponden a los gases.

De acuerdo a los resultados de la contaminación atmosférica para caracterizar la calidad del aire se concluye que en la localidad de Regla existe una situación de emergencia ambiental en los consejos populares de Guaicanamar y Loma Modelo, para los gases y



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

Guaicanamar solamente para las partículas, manteniéndose Casablanca en ambos casos con una calidad del aire buena.

Los Sistemas de Información Geográfica constituyen una herramienta fundamental para integrar, representar y divulgar informaciones complejas sobre el estado de la calidad del aire y sus repercusiones en áreas urbanas.

### Recomendaciones

Se recomienda emplear los resultados obtenidos en la futura elaboración e implementación de un sistema de alerta por contaminación atmosférica en el municipio de Regla, que permita a través de la aplicación del índice de calidad del aire y utilizando un sistema de información geográfica poner en manos de las autoridades pertinentes una importante herramienta para la toma de decisiones.

Tomar las medidas de mitigación necesarias para disminuir las altas concentraciones de contaminantes atmosféricos que están afectando el estado de la calidad del aire en el área de estudio.

### Bibliografía

1. AGIS (1999): Advance Geographic Information Systems,. INTERNED, página web. Sistemas de Información Geográficos.
2. Álvarez, R. (1978): Tesis para el grado de doctor en Ciencias Físico Matemáticas. Instituto de Física de la Atmósfera, Moscú.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

3. APHEIS. Air Pollution and Health: a European Information System. Health Impact Assessment of Air Pollution in 26 European Cities. First, second and third year reports (citado 21 Sep 2004). Disponible en: <http://www.apheis.net/>
4. AQI (2000): Air Quality Index. A Guide to Air Quality and your Health. EPA 454/R-00-005, June, 2000.
5. Ballester F. (2009) Vigilancia de Riesgos Ambientales en Salud Pública. Gaceta Sanitaria. Barcelona, España.
6. Bustos, C. (2004) Aplicación de los modelos de dispersión atmosférica en la evaluación de impacto ambiental. Tesis presentada en opción al grado de Maestro en Gestión y Planificación Ambiental. Universidad de Chile.
7. Cuesta, O., A. Collazo, A. Wallo, A. Roque, A. Campos, L. Álvarez, R. González, A, Arriba, M. González, P. Sánchez, R. Labrador, D. Pérez (2000a): Caracterización del medio ambiente atmosférico en la zona de la refinería Níco López. Resultado Científico Técnico, pp. 226, Instituto de Meteorología, La Habana.
8. González, M. L. (1997): Calidad del Aire. Inédito.
9. González, M/L/ (1999). Contaminación atmosférica. Inédito.
10. IMECA (2006): Índice Metropolitano de Calidad del Aire. Región de Distrito Federal, México, 2006.
11. Mapinfo Corporación (2002): Manual de Mapinfo 6.0, USA.
12. NC: 111: 2002: Calidad del aire. Reglas para la vigilancia de la calidad del aire en asentamientos humanos.
13. (2004d): Uso de los sistemas de información geográfica para el estudio de la calidad del aire en la bahía de La Habana. Revista Cubana de Meteorología Vol. 11 No.1 2004.
14. WMO (1990). Meteorological Practical Guides, World Meteorological Organization (WMO), N° 100, Geneva.



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

15. Wallo. A. (1999): Aplicación de un SIG en el estudio del medio ambiente atmosférico en la ribera. este de la bahía de La Habana. Tesis presentada en opción al grado de Maestro en Ciencia Meteorológicas, INSMET.