

# **APLICACION DE UN SIG EN UN ESTUDIO DE CALIDAD DEL AIRE Y SU RELACION CON LA SALUD EN EL MUNICIPIO REGLA**

**Autores:** Antonio Wallo Vázquez, Osvaldo Cuesta Santos  
Instituto de Meteorología, Loma de Casablanca S/N, Regla, Ciudad de la Habana.  
Telf: 8670721 al 26 Ext: 241, e-mail: awallo@met.inf.cu

## **RESUMEN**

Los aspectos relacionados con la protección del medio ambiente atraen cada vez más la atención de investigadores en diferentes ramas e incluso de políticos, comprometidos estos últimos desde la Cumbre de Río a jugar un papel más protagónico desde su posición de decisores, por cuanto la solución a los actuales problemas medio ambientales constituye una premisa fundamental para el desarrollo de la vida con sentido de sostenibilidad.

Con el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica se contó con una herramienta que permitiera realizar análisis espaciales sobre la influencia de las condiciones ambientales, específicamente en este caso de la contaminación atmosférica en la salud humana.

Dentro de este contexto el presente trabajo realiza un estudio de riesgo sobre la influencia de la contaminación atmosférica en la salud humana, específicamente en el asma bronquial dentro del municipio de Regla, mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica.

## **ABSTRACT**

The aspects related with the protection of the environment attract the attention of researcher in different thematic and even of political, committed actually, from the Summit of Río to play a more protagonist activity from their police- marker position. Since the solution to the current environmental problems constitutes a fundamental premise for the development of the life with a sustainable sense.

With the development of the Geographical Information Systems, it had a tool that allowed to carry out spatial analysis related with the influence of the environmental conditions, specifically in this case the air pollution in the human health.

Inside this context the present article carrier out a study of risk, based on the influence of the air pollution in human health, specifically in the bronchial asthma inside the county of Regla, by means of the use of a Geographical Information Systems.

## **INTRODUCCION**

Las aglomeraciones urbanas, en crecimiento progresivo y el incremento del número de fuentes de contaminación atmosféricas, que entre las más comunes se encuentran las refinerías de petróleo y centrales termoeléctricas afectan cada vez más la salud de sus habitantes. Los contaminantes atmosféricos y sus efectos sobre la salud son aspectos muy complejos y difíciles de determinar, sus impactos son altamente riesgosos, cuando estos son inhalados afectan el sistema respiratorio en primera instancia y pueden producir daños también en otras funciones del organismo humano, constituyendo un serio problema para la salud de los seres humanos.

En los estudios medioambientales cada día cobran mayor importancia el análisis de la influencia de la calidad del aire sobre la salud humana y los posibles daños que pueda provocar, con el surgimiento de los Sistemas de Información Geográfica se contó con una herramienta capaz de analizar espacialmente este problema.

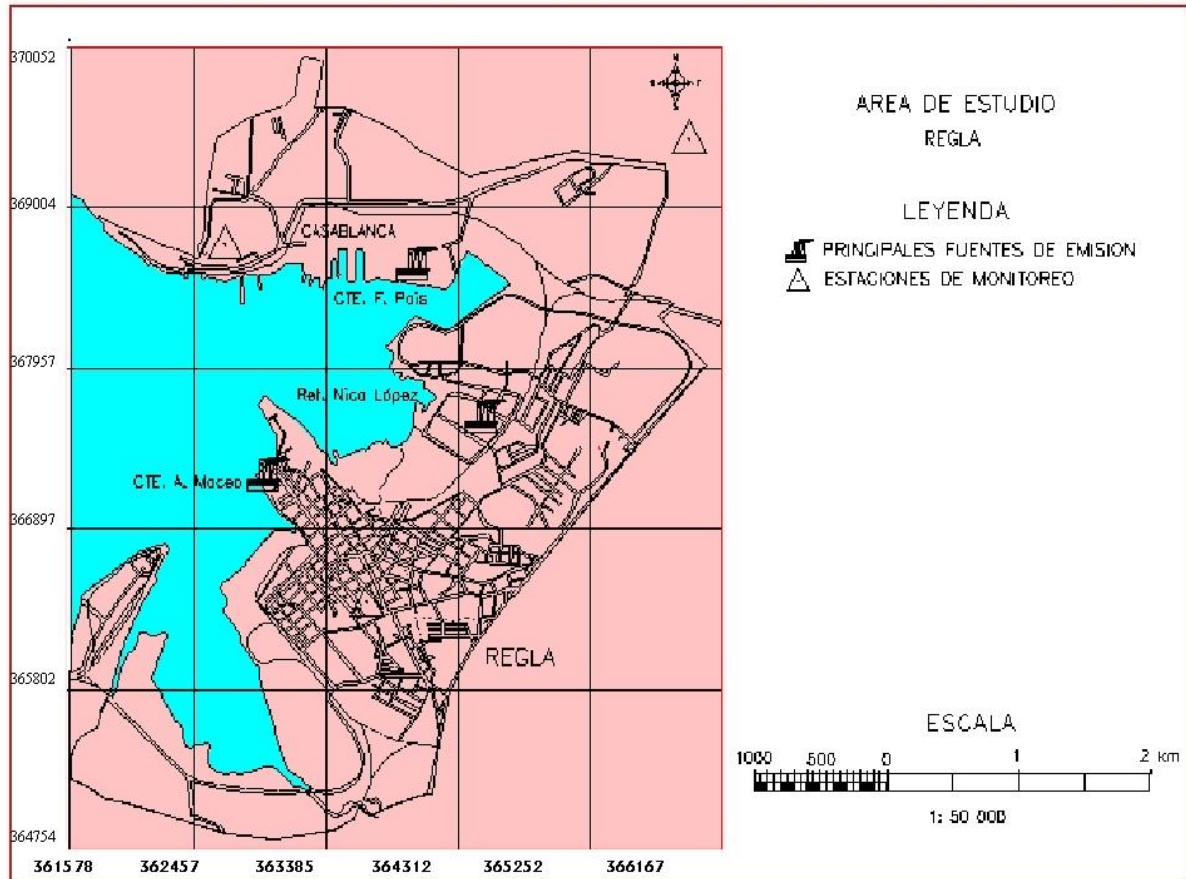
En el presente trabajo se realiza el análisis de estos efectos utilizando los elementos fundamentales de la teoría de evaluación y manejo de riesgos (Munn, 1975; Reed, 1994; Gómez, 1995; López et. al. 1999) adaptada a este estudio, con vistas al análisis espacial y tratamiento cartográfico de toda la información.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Características generales de la zona de estudio**

El área de estudio comprende el municipio de Regla (Figura 1), el cual 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. Esta zona tiene una superficie territorial de 10.9 km<sup>2</sup>, con una población de 43004 habitantes y una densidad de 3945.3 habitantes/km<sup>2</sup>. Posee una intensa actividad portuaria e industrial; destacándose la Refinería Níco López, la Empresa Nacional de Astilleros, los Molinos de Trigo, las Instalaciones ferroviarias, las Terminales Marítima, de Atraques, de Contenedores y la Pesquera entre otras. Es de señalar que dos importantes vías de comunicación de la ciudad coinciden en este territorio, con un alto tráfico automotor, estas son; la Vía Blanca y el Anillo del Puerto. Los límites del municipio Regla son los siguientes: Norte: Municipio Habana del Este, Sur: Municipios San Miguel del Padrón y Guanabacoa, Este: Municipios Guanabacoa y Habana del Este, Oeste: Municipio Habana Vieja y bahía de La Habana.

Se situaron tres estaciones de monitoreo de contaminantes ubicadas en la Estación Casablanca del Instituto de Meteorología, el policlínico del reparto Antonio Guiteras y la Escuela Secundaria Básica Mártires de Regla de esta localidad.



**Figura1. Área de estudio y principales fuentes emisoras de contaminantes  
Métodos de muestreo y análisis químico.**

Para elaborar el presente trabajo se tomaron los datos validados del Laboratorio Central del Centro de Contaminación y Química Atmosférica (**CECONT**) del Instituto de Meteorología del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, el cual se guía en lo fundamental por las metodologías recomendadas por la Organización Meteorológica Mundial, la y el GEMS-OMS para el muestreo y análisis químico de estos compuestos en condiciones urbanas. También se toman en cuenta las normas cubanas para la toma de las muestras (NC: 93-02-203, 1986; NC: 93-02-221, 1986) y las indicadas por instituciones internacionales (Martínez y Romieu, 1997).

Las Concentraciones máximas admisibles de los compuestos químicos estudiados para 24 horas son las siguientes: NO<sub>2</sub>- 40 µg/m<sup>3</sup>, NO- 600 µg/m<sup>3</sup>, NH<sub>3</sub>- 200 µg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub>- 50 µg/m<sup>3</sup> y PTS- 100 µg/m<sup>3</sup>.

### Muestreo de las enfermedades

El criterio utilizado para la definición de los casos de las enfermedades fue la consideración de las entidades que aparecen como tales en la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE), según se recoge en normativas de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1975). Además se tuvo en cuenta la opinión y los criterios de diagnóstico clínico de los especialistas consultados.

Según la CIE, el Asma Bronquial (493) se ubica en el Subgrupo de Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica y Afecciones Afines (490 - 496) del mismo Grupo VIII (Enfermedades del Aparato Respiratorio) (Lecha, et al., Inédito). Los datos de esta enfermedad fueron tomados en el cuerpo de guardia del policlínico de Regla "Lidia y Clodomira" y los consultorios de los médicos de familia, clasificándose según los criterios anteriormente señalados y por grupos etarios.

### Índice de Calidad del Aire (ICA)

En la Norma Cubana (NC-111) se establece un Índice de Calidad de Aire (ICA) para los asentamientos humanos del cual se hace uso en este trabajo y mostramos a continuación en la tabla 1.

**Tabla 1. Índice de Calidad del Aire**

Índice	Categoría	Comentarios
0 - 79	<b>Buena</b>	No sobrepasa el 79 % del valor de la <b>Cma</b> prescrito en la NC. 39. Óptima calidad sanitaria del aire. Supuesta protección de toda la población (aunque no puede asegurarse que no sobrepase el umbral de respuesta de efectos adversos en individuos aislados).
80 - 99	<b>Aceptable</b>	No supera el 99 % de la <b>Cma</b> . Comienza el deterioro de la calidad del aire. Posible aparición de efectos leves en individuos o grupos de alta susceptibilidad (variabilidad individual de umbral de respuesta a los efectos) de muy difícil detección aún por investigaciones.

100 - 199	<b>Deficiente</b>	Sobrepasa entre 100 - 199 % el valor de la <b>Cma</b> prescrito en la NC 39. Ligeramente incremento en la frecuencia y severidad de los efectos adversos agudos y crónicos en la población general y principalmente en personas con enfermedades cardiovasculares, respiratorias y alérgicas y en otras de elevada susceptibilidad, solo detectables mediante investigaciones muy específicas y sensibles.
<b>Índice</b>	<b>Categoría</b>	<b>Comentarios</b>
200 - 299	<b>Mala</b>	Supera entre 2 y 3 veces (200 – 300 %) el valor de la <b>Cma</b> . Aumento de la frecuencia y gravedad de los efectos adversos en grupos de alta susceptibilidad y en la población general, ya medibles mediante investigaciones específicas a escala individual y ecológica, basadas en registros morbilidad. Da lugar a una <b>SITUACIÓN DE ATENCIÓN</b> .
300 - 499	<b>Pésima</b>	Supera entre 3 y 5 veces el valor de la <b>Cma</b> . En dependencia del incremento de la concentración del contaminante y el tiempo de exposición continua el aumento de la frecuencia y gravedad de efectos adversos en los grupos de alta susceptibilidad y en la población general. Da lugar a una <b>SITUACIÓN DE ALERTA</b> .
≥ 500	<b>Crítica</b>	Se supera el límite de 5 veces la <b>Cma</b> , dando lugar a un incremento aún mayor del riesgo o probabilidad de ocurrencia de los efectos adversos sobre la salud de la población general y en grupos de riesgo, que se traduce en un evidente incremento agudo de la morbilidad y mortalidad que sobrecarga los servicios asistenciales; da lugar a una <b>SITUACIÓN DE EMERGENCIA AMBIENTAL</b> .

**ICA TOTAL:** Cuando se evalúan varios contaminantes principales en el mismo lugar y período de tiempo, la evaluación general del **ICA** corresponderá al mayor de los subíndices determinados para cada contaminante.

### **Sistema de Información Geográfica (SIG)**

Se utilizó el SPRING (INPE, 2004); un sistema de información geográfica que cumple con los requerimientos necesarios para el procesamiento espacial de la información. La escala de trabajo usada en los mapas fue 1: 50 000.

Técnica AHP - Proceso Analítico Jerárquico: Cuando se tiene diferentes factores que contribuyen a una decisión es necesario determinar su contribución relativa para cada uno, para esto existe una técnica basada en la comparación lógica de dos parámetros. Los factores que influyen en la toma de decisión son comparados "dos a

dos" en un criterio de importancia relativa conforme a una escala que se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2. Escala de valores AHP para comparación pareada.**

importancia	Definición
1	Importancia igual: los dos factores contribuyen con el mismo peso.
3	Importancia moderada: Un factor es ligeramente más importante que otro.
5	Importancia esencial: Un factor es esencialmente más importante que otro.
7	Importancia demostrada: Un factor es fuertemente favorecido por su mayor relevancia demostrada en la práctica.
9	Importancia extrema: Evidencia que la diferencia entre los factores es del mayor orden posible.
2,4,6,8	Valores intermedios.

La formulación final en Legal es la que se muestra:

$$\text{var3} = 0.667 * (\text{Pondere}(\text{var1}, \text{tab1})) + 0.333 * (\text{Pondere}(\text{var2}, \text{tab2}))$$

## Riesgo

En los estudios medioambientales cada día cobra mayor importancia el estudio de la influencia de la calidad del aire sobre la salud humana y los posibles daños que pueda provocar, con el surgimiento de los Sistemas de Información Geográfica se contó con una herramienta capaz de analizar espacialmente este problema. En el presente trabajo para el análisis de estos efectos fue necesario utilizar los elementos fundamentales de la teoría de evaluación y manejo de riesgos (Munn, 1975; Reed, 1994; Gómez, 1995; López et. al. 1999) y adaptarla a este estudio, con vistas al análisis espacial y cartografía de toda la información. A continuación se muestran las definiciones de peligro vulnerabilidad y riesgo.

**Peligro:** Probabilidad de ocurrencia de concentraciones de contaminantes atmosféricos (calidad del aire) como fenómeno de afectación a la salud humana y se determina por la frecuencia de ocurrencia y la intensidad del fenómeno.

**Vulnerabilidad:** Medida que indica la propensión de determinada población a los daños que pueden causar las concentraciones de contaminantes atmosféricos (calidad del aire).

Riesgo: La conjunción del peligro y la vulnerabilidad determina el riesgo y señala la medida de los daños esperados a que está sujeta la población en un área o zona geográfica ante los impactos de la de la calidad del aire.

En la tabla 3 se muestran los niveles de riesgo usados en el trabajo.

**Tabla 3. Niveles de Riesgo**

<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>ICA (categorías)</b>	<b>Prevalencia de Asma</b>
Bajo	Buena (0-79)	< 8%
Medio	Aceptable (80-99)	8%-11%
Alto	Deficiente (100-199)	>11%

## **RESULTADOS**

### **Prevalencia de asma bronquial**

Los niveles actuales de los contaminantes atmosféricos y su relación con la ocurrencia de enfermedades respiratorias, resultan de gran interés por su vinculación directa con la salud humana y con el nivel de vida de la población.

El asma es una de las enfermedades más importantes a nivel mundial. En Cuba, dentro de las enfermedades crónicas no transmisibles, es la principal causa de admisión en los hospitales. Afecta el 5% de la población adulta y entre el 10 y el 15% de los niños a nivel mundial. En Cuba, en el año 2000, la prevalencia en pacientes dispensarizados fue de 77,1 por 1000 habitantes (7.71%). La tasa de mortalidad en la población es de 3 muertes por 100 000 por año, en Cuba, en 1999, fue de 2,7 por 100 000 habitantes. El impacto de esta enfermedad no es solo en los pacientes, sino también en su familia y en la comunidad (Díaz-Perera, G. Alemañy, E. (2002)).

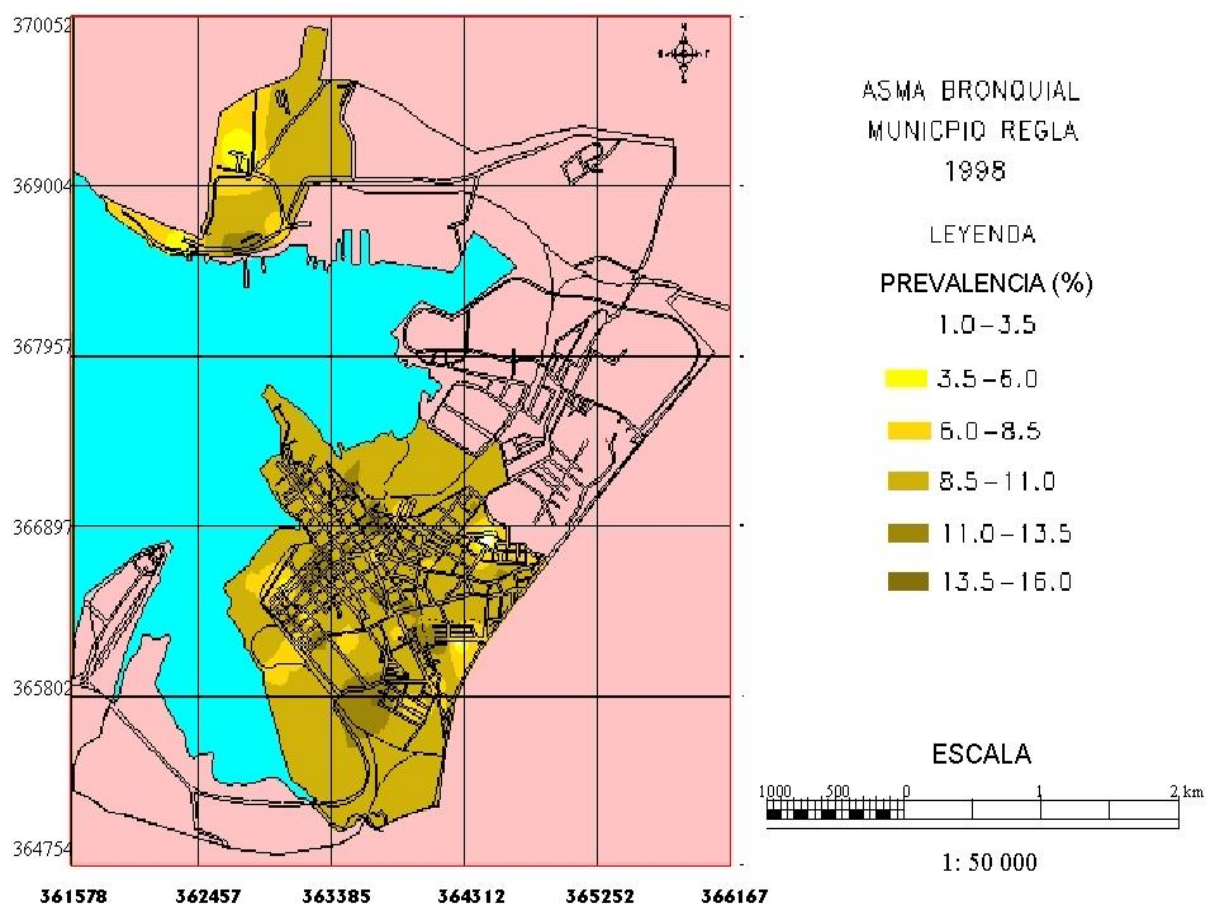
A continuación, se analiza la prevalencia del Asma Bronquial, en el municipio Regla, haciendo una comparación entre los años 1998 y 2002, a partir de los datos de casos crónicos tomados en las casas de los médicos de la familia.

En la zona urbana de Regla durante el año 1998 (Figura 2.), se aprecian algunas áreas de elevada prevalencia de casos crónicos de asma bronquial CAAB). Los máximos entre 13% y 16% se encuentran en el área limítrofe con la refinería y continúan a lo largo de un área cercana con el estadio y la terminal pesquera. En la



cercanía al emboque también se registran valores por encima de 13%. Otra región significativa se localiza entre las calles Recreo, González Rubiera, Pereira y Calixto García manteniéndose entre 11% y 13.5% y por último en los alrededores de la Vía Blanca en la parte limítrofe con al Anillo del Puerto oscilando también entre 11% y 13.5% donde tanto la actividad del transporte como la industrial son altas de forma general.

En Casablanca la prevalencia de los casos crónicos de asma bronquial es más baja que en resto del área de estudio y su máximo entre 11% y 13.5% se encuentra a lo largo de una franja en la parte central de la localidad donde se ubica la mayor densidad de población, el resto del territorio donde esta no es tan alta se mantiene entre 8.5% y 11%.



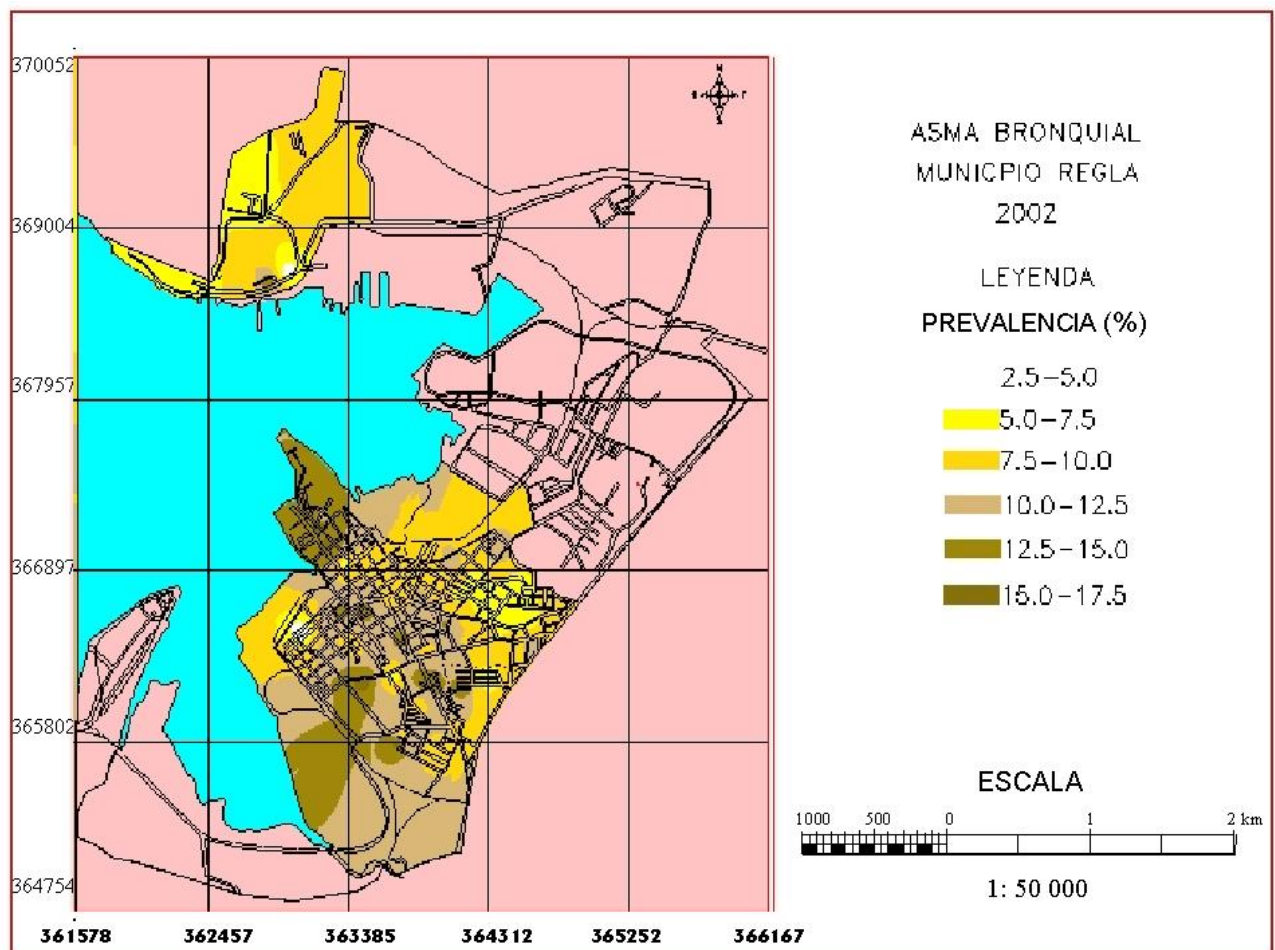
**Figura 2. Prevalencia de asma bronquial en el municipio de Regla (año 1998)**

En el año 2002 (Figura 3) la mayor ocurrencia de prevalencia en Regla se desplazan hacia la zona del embarcadero donde está entre 12.5% y 15%, el emboque y sus

cercanías donde llegan a alcanzarse extremos entre 15% y 17.5%, al igual que en la región central de la localidad, la región que ocupaba el máximo en las cercanías del anillo del puerto en el año 1998, se ha alargado hacia esta área, alcanzándose los valores más altos en la parte urbana, también entre 15% y 17.5%.

En Casablanca es de destacar que los máximos se mantiene localizados en la misma área que en 1998, pero su extensión ha disminuido, sin embargo sus valores han aumentado para situarse entre 12.5% y 15%, la mayor parte del pueblo se encuentra en el rango entre 10% y 12.5%, un poco más elevado que el año 1998.

De forma general los Casos Agudos de Asma bronquial alcanzan su máxima prevalencia en la zona urbana de Regla con valores entre 15 y 17.5%, durante el 2002, esto coincide con igual comportamiento en 1998. En este último año el rango más elevado está entre 13 y 16% de prevalencia. En Casablanca la prevalencia siempre se comportó por debajo de la obtenida en Regla.

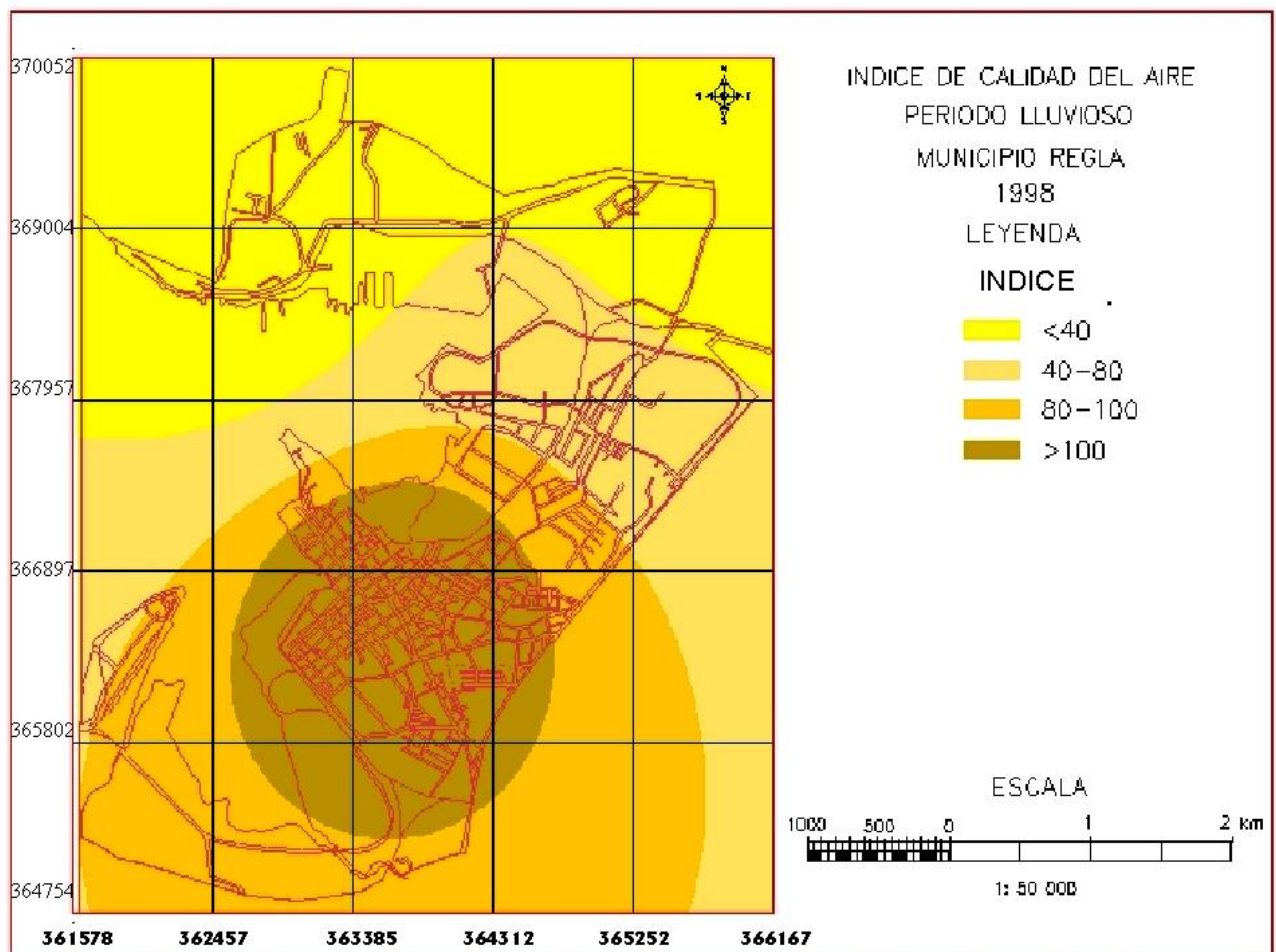


**Figura3. Prevalencia del asma bronquial en el municipio de Regla (año 2002)**

El Índice de calidad del aire (ICA) fue calculado para las mediciones hechas en las tres estaciones de monitoreo de los contaminantes atmosféricos y representada espacialmente mediante el uso del SPRING.

Para el año 1998 (Figura 4) podemos observar que hacia la estación de monitoreo de Regla se observan los máximos valores de este índice, por encima de 100 coincidiendo con la categoría deficiente de calidad del aire, pudiendo provocarse un ligero incremento en la frecuencia y severidad de los efectos adversos crónicos en personas con enfermedades respiratorias.

En Casablanca el ICA se mantiene por debajo de 40, ubicándose en la categoría de calidad del aire buena, donde supuestamente estaría protegida toda la población aunque no puede asegurarse que no se sobrepase el umbral de respuesta de efectos adversos en individuos aislados.



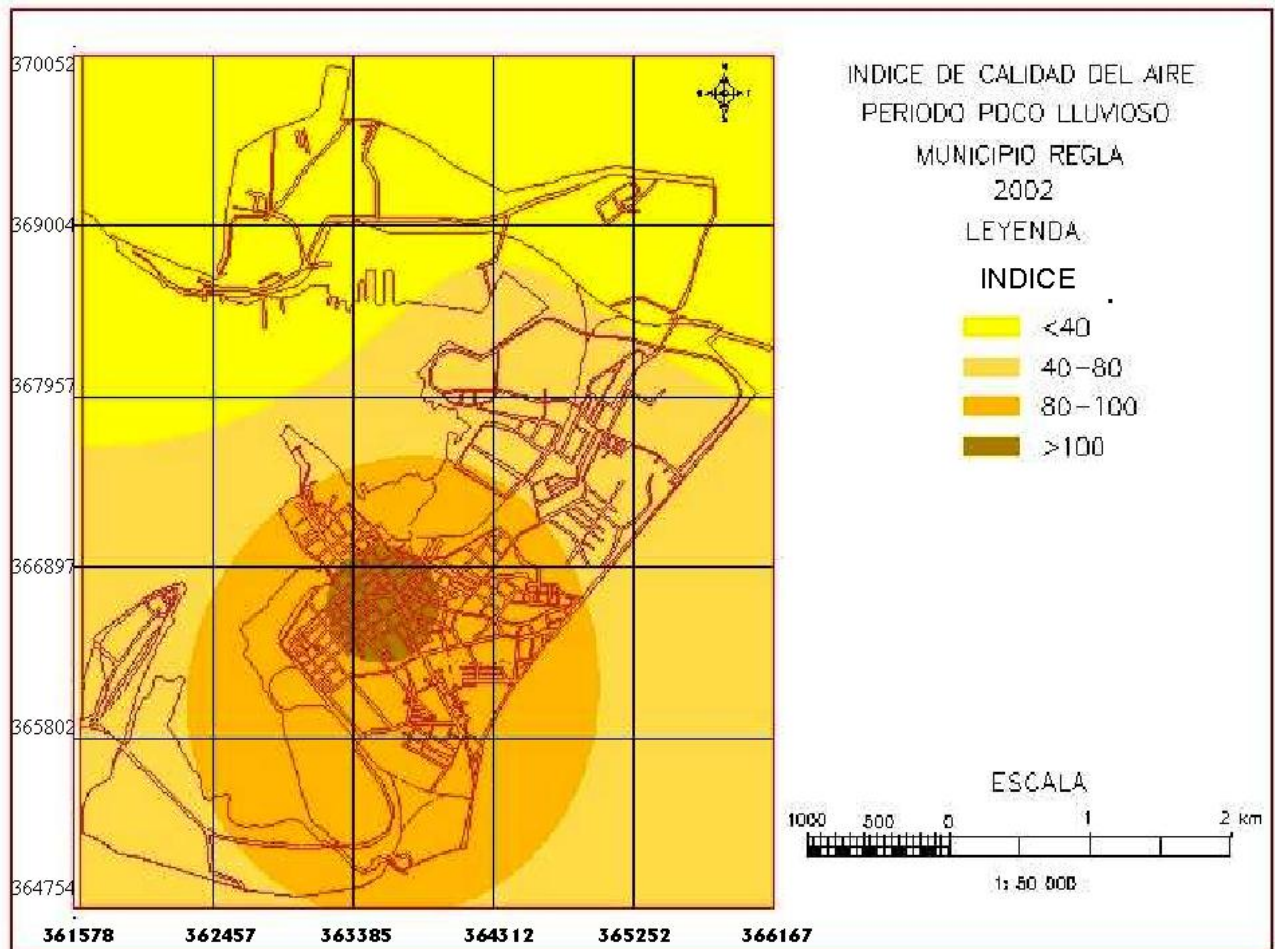
**Figura 4. Índice de Calidad del Aire calculado para el municipio de Regla (año 1998)**

Para el año 2002 la representación espacial del ICA (Figura 5) muestra igualmente sus más altos valores hacia la localidad de Regla, por encima también de 100, situándose en la categoría de calidad del aire deficiente, aunque en una zona un poco más reducida que en 1998, fundamentalmente hacia el centro del área urbana de la localidad, pudiendo provocar efectos similares a los descritos para 1998.

También se observan en el resto de la localidad de Regla valores entre 80 y 100 ubicándose dentro de la categoría de calidad del aire aceptable, aquí comienza el deterioro de la calidad del aire con la posible aparición de efectos leves en individuos o grupos de alta susceptibilidad que se hace en este nivel muy difícil de detectar aún por investigaciones.

Casablanca se mantiene con valores inferiores a 40 ubicándose en la categoría de calidad del aire buena, al igual que en el año 1998.

Como puede apreciarse de la representación espacial de ICA, la localidad de Regla presenta su calidad del aire más comprometida que Casablanca, sobrepasando los valores promedios de las mediciones a los valores de las Concentraciones Máximas Admisibles de los contaminantes establecidos en las normas cubanas, por lo que la población que habita en este asentamiento humano y en especial los asmáticos, son más propensos a sufrir las afectaciones que puede provocar una calidad del aire más deteriorada.



**Figura 5. Índice de Calidad del Aire calculado para el municipio de Regla (año 2002)**

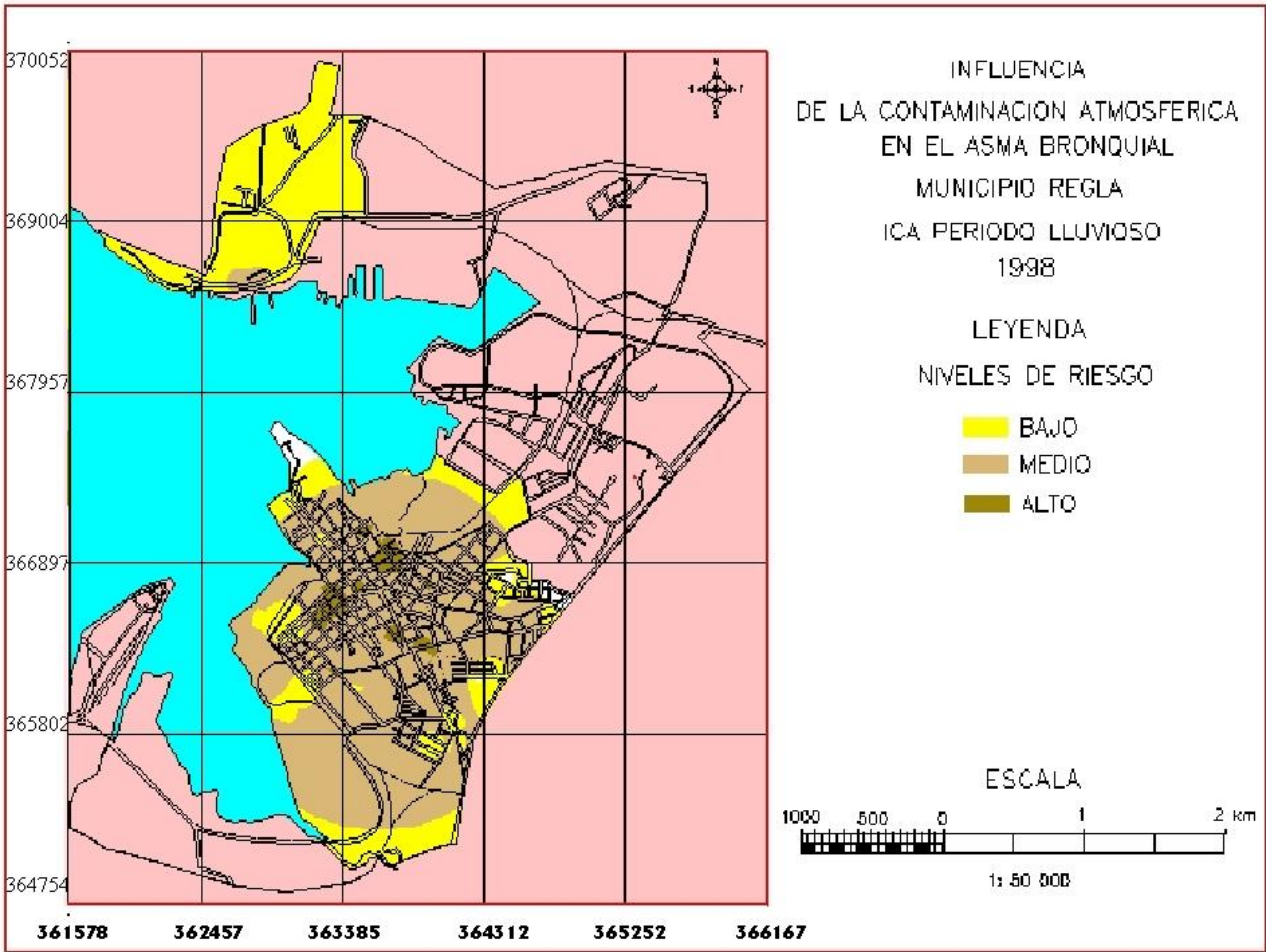
En la figura 6 podemos apreciar la influencia de la contaminación atmosférica en el asma bronquial mediante niveles de riesgo.

Como se aprecia para el año 1998 el nivel de riesgo alto se sitúa en el centro del área urbana de la localidad de Regla donde coinciden los más altos valores del Índice de Calidad del Aire, prevaleciendo la categoría deficiente de este, combinándose con altos valores de prevalencia de asma que de forma general se encuentran por encima del 11%.

El nivel de riesgo medio coincide con valores del ICA también por encima 100, en la categoría de deficiente pero los valores de la prevalencia son más bajos, situados de forma general entre 8 y 11% y solo las áreas periféricas de esta localidad se sitúan en el nivel bajo.



Para Casablanca prevalece el nivel bajo prácticamente todo su territorio, apareciendo el nivel medio solamente en la parte central de la localidad, a lo largo de la calle principal, aunque el ICA en Casablanca se ubica en la categoría de buena, este nivel de riesgo medio puede estar condicionado por el incremento del asma bronquial debido a otras causas, como pueden ser diversos factores relacionados con la calidad de la vivienda, el hábito de fumar y la influencia de las condiciones ambientales y del tiempo, que al ser esta una localidad más limpia en lo que a su calidad del aire respecta con relación a Regla pueden incidir más que los contaminantes atmosféricos.



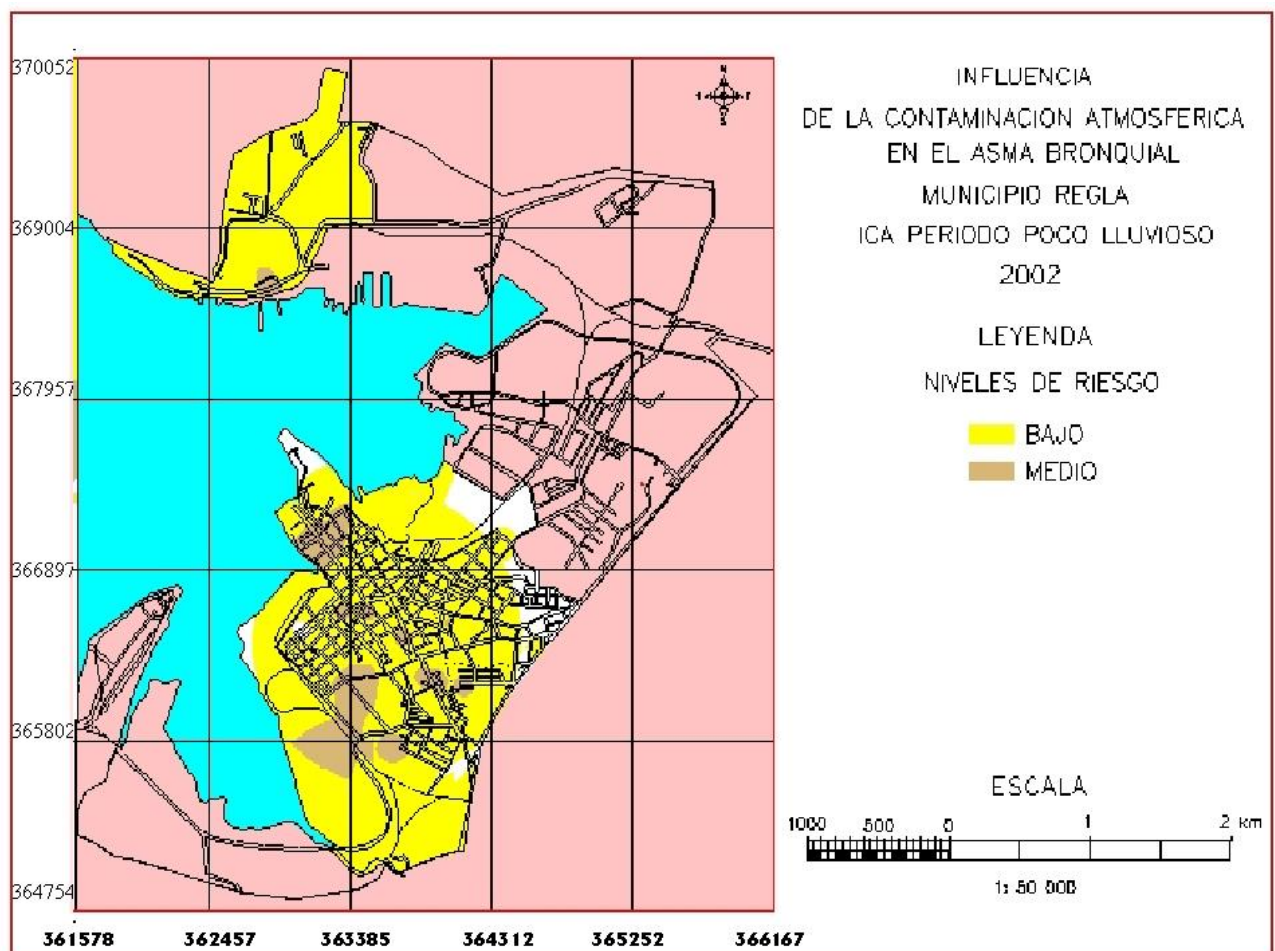
**Figura 6. Influencia de la contaminación atmosférica en el asma bronquial. Niveles de riesgo (año 1998).**

En el año 2002 (Figura 7) puede apreciarse que en la localidad de Regla solo se observa el nivel medio de riesgo en la zona central urbana de esta localidad manteniéndose como la más afectada al igual que en el año 1998, coincidiendo en ella los valores más altos observados tanto del Índice de Calidad del Aire como de la prevalencia del asma bronquial.

También se muestra otra zona de riesgo medio extendida hacia el anillo del puerto y la vía blanca, que pueden estar determinadas por la actividad industrial y transporte que se reporta hacia esta región.

Casablanca continúa con el nivel de riesgo bajo en casi toda su extensión y la misma área que en el año 1998 aparecía con el nivel de riesgo medio se mantiene lo que puede estar determinado por las mismas causas ya explicadas anteriormente.

Como se aprecia en ambos años Regla es localidad que mas afectada tiene su calidad del aire de acuerdo a los valores del ICA, así como la que presenta un mayor por ciento de asmáticos crónicos por cada consultorio, siendo mayores los niveles de riesgo de su población a sufrir crisis agudas de asma bronquial provocadas por las afectaciones de la contaminación atmosférica.



**Figura 7. Influencia de la contaminación atmosférica en el asma bronquial. Niveles de riesgo (año 1998)**

## CONCLUSIONES

La prevalencia de los casos crónicos de asma bronquial por consultorios en el área de estudio durante los dos años estudiados se mantiene más elevada en la localidad de Regla que en la de Casablanca.

La representación espacial del Índice de Calidad del Aire muestra que en la localidad de Regla en los dos años estudiados se observan valores promedios anuales por encima de 100, situándose en la categoría de calidad del aire deficiente, en Casablanca está por debajo de 40 ubicándose en la categoría de calidad del aire buena.

La localidad de Regla durante el año 1998 presenta un nivel de riesgo alto y en el 2002 medio fundamentalmente en su zona central urbana, contrariamente a Casablanca donde prácticamente excepto una pequeña área que se encuentra en el nivel de riesgo medio se mantiene en el nivel de riesgo bajo, por lo que la población de Regla es más susceptible a sufrir crisis agudas de asma bronquial provocadas por la influencia de la contaminación atmosférica que la de Casablanca.

## BIBLIOGRAFIA

- ✚ Gómez J (1995) Análisis de riesgo: una poderosa para optimizar los esfuerzos en la gestión del medio ambiente. Industry and environment UNEP april-septiembre, 1995 (48-54)
- ✚ INPE (2004): Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales, Manual de operación de SPRING 4.0, Brasil. (Licencia autorizada).
- ✚ López, C. et al (1999). Aplicación de la teoría de evaluación y manejo de riesgos a la deposición atmosférica de acidificantes. Revista cubana de Meteorología, volumen 6, número 1
- ✚ Martínez, A.P. y I. Romieu (1997): Introducción al Monitoreo Atmosférico. ECO/OPS, Metepec, Estado de México.
- ✚ Munn, RE (1975).Environmental impact assesment: principes and procedures,, ICSU-SCOPE
- ✚ NC: 93-02-203 (1986): Atmósfera: Requisitos Generales para el Muestreo del Aire. Norma Cubana. Comité Estatal de Normalización.
- ✚ NC: 93-02-221 (1986): Determinación gravimétrica del polvo en suspensión.



- ✚ NC: 111: 2002 (2002) Calidad del aire. Reglas para la vigilancia de la calidad del aire en asentamientos humanos.
- ✚ OMS (1975). Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE) IX Revisión, OMS.
- ✚ Reed, SB (1994) Introducción a las amenazas. Programa de entrenamiento para el manejo de desastres. UNDP DHA, 176 pp.