

# EFECTOS DEL CLIMA SOBRE EL PATRÓN EPIDEMIOLÓGICO DEL ASMA BRONQUIAL EN GUANABACOA DURANTE EL PERÍODO 1997-2001

AUTORES: PAULO LÁZARO ORTIZ BULTÓ  
FAUSTA CLARITZA MORGADO GUTIÉRREZ\*

Centro del Clima. Instituto de Meteorología. E-mail: paulo@met.inf.cu

\*Asesora Municipal, Miembro titular de la SOCUENF Municipio de Salud. Guanabacoa

## Resumen

*En este trabajo se aborda como las variaciones del clima a escala intra-mensual, estacional e intra-estacional, influyen sobre el comportamiento del patrón epidemiológico del Asma Bronquial (AB). Las variaciones del clima en cada una de las escalas son simuladas por dos índices climáticos (IB), los cuales conjuntamente con el indicador de la densidad de oxígeno disuelta en el aire (DOA) intervienen como variables de entrada en los modelos Autorregresivo y de medias móviles con variable exógena (ARMAX).*

*Los resultados del estudio permiten concluir que es posible con el modelo propuesto predecir con más de un mes de antelación el comportamiento del patrón del AB en un área de salud a partir de las variaciones climáticas esperadas con una efectividad de un 70%, lo cual brinda a los tomadores de decisiones de las áreas una herramienta que ayude a la toma de decisiones para la intervención ante contingencias.*

## Introducción

La conexión entre el clima y la salud se puede considerar, en el mejor de los casos, como muy compleja [4]. El clima cambia a través del tiempo, afectando los ecosistemas por medio de eventos directos e indirectos, los cuales influyen a su vez en las condiciones para el desarrollo de las enfermedades. La biología y la salud en las poblaciones humanas reciben la influencia no solo de las condiciones climáticas, sino también del lugar que rodea el hábitat, afectando a variables climáticas como la temperatura, el régimen de vientos y la humedad [2,3,4].

Los recientes avances científicos y tecnológicos brindan la oportunidad de incorporar la capacidad de predicciones climáticas a los programas de la salud, con vista a reducir los impactos de los brotes de enfermedades. [5,6]. Cuba, país tropical, no está exento de los cambios ocurridos en el clima, ni de los efectos de la variabilidad climática actual, pues las fluctuaciones de las temporadas de seca y lluvias que se han venido observando han traído consigo, variaciones estacionales en los patrones de las enfermedades conllevando a modificaciones en su comportamiento, como es el caso de las enfermedades respiratorias por tan solo citar un ejemplo [6,7,8].

Por todo lo anterior el objetivo de este trabajo se centra en la determinación de la influencia de las variaciones del clima en los patrones epidemiológicos del AB, así como las predicciones del comportamiento de los casos en un área de salud de Guanabacoa

## Materiales

Para la investigación se utilizaron dos tipos de información con carácter retrospectivo: la primera referida a las variables representativas de los elementos climáticos fundamentales en la estación de Casablanca, en la sede del Instituto de Meteorología en La Habana; la segunda referida a los datos epidemiológicos tomados de los registros estadísticos del Cuerpo de Guardia del Policlínico Angel Machaco. Toda la información utilizada está referida al período 1997 – 2001, con una frecuencia mensual.

Las variables que se usaron para describir el clima y con la cual se conformó la matriz de entrada para el estudio se incluyeron las siguientes variables: series de valores medios mensuales de temperatura máxima (TX), temperatura mínima (TN), humedad relativa (HR), tensión de vapor de agua (TVA) y presión atmosférica (PAT), y densidad de oxígeno disuelta en el aire (DOA), como variable de respuesta por la parte epidemiológica se usó el número de pacientes a Cuerpo de Guardia aquejados por crisis agudas de Asma Bronquial (AB), esta última correspondiente al rango de edades entre 0 y 14 años por ser estos los de mayor vulnerabilidad al clima [6].

## Métodos

Durante todas las épocas la modelación ha sido una herramienta de gran utilidad para la simplificación y comprensión de la dinámica de las enfermedades y su trans-

misión. La utilización de los modelos epidemiológicos ha permitido tener un mejor conocimiento de las variables o factores desencadenantes de las epidemias las cuales actúan en su conjunto como factores moduladores, permitiendo realizar predicciones del comportamiento de la entidad y poder anticipar con cierto grado de certeza lo que va ocurrir. Por ello se ha decidido en nuestro estudio usar las potencialidades que brinda la modelación para realizar un enfoque complejo del problema, a partir de la metodología propuesta por Ortiz, [10,11]. La adecuación de la misma al presente estudio siguió los siguientes pasos.

La misma parte de la descomposición de la matriz de datos iniciales, en factores ortogonales, los cuales aportan las ponderaciones para la construcción de un índice que describe las anomalías del clima y cuyos pasos se describen a continuación.

**Paso I. Formulación del índice climático.**

Los índices climatológicos surgen con el objetivo de resumir las variables descriptoras del clima, para hacer posible sus comparaciones entre regiones o países. En este caso, todas las variables de la matriz constituyeron las series de entrada para la conformación del índice climático. Antes de integrar el mismo, a las variables en que tenía sentido tal proceder, se les determinaron las principales señales (tendencia, estacionalidad, ciclo y componente aleatoria), de manera que se obtuvieran las señales o frecuencias de la variabilidad climática estacional e interanual. Con estas señales, se conformó la matriz Z', a la cual se le hallaron las Funciones Ortogonales Empíricas (FOE) también conocidas como Componentes Principales [14]. Con los resultados de ella se generó el Índice de Bultó [6], expresado por:

$$IB_{t,r,p} = \sum_{\epsilon}^n \omega_{\epsilon} [(\mu_{\epsilon,t} - \bar{\mu}_{\epsilon}) / \sigma_{\epsilon}] \quad (1)$$

Donde  $\epsilon = 1, 2, 3, \dots, n$ .

$\epsilon$ : Índice que señala la cantidad de variables climáticas que caracterizan la región

$\omega_{\epsilon}$ : Coeficiente de ponderación para los elementos climáticos

$\mu_{\epsilon}$ : Es la serie del elemento climático  $\epsilon$  en el tiempo  $t$ .

$\sigma_{\epsilon}$ : Desvío estándar de  $\mu_{\epsilon,t}$

$IB_{t,r,p}$ : Índice que describe el clima a través de sus elementos, de formas simultánea, por meses en la región de estudio, en dependencia de las variables que entren en él, donde  $t$  representa los meses,  $r$  es el número de orden del índice y  $p$  es la región en estudio.

Con el procedimiento anterior se conformó el indicador climático. En esta ocasión se contó con dos índices el  $IB_{t,1,p}$  y  $IB_{t,2,p}$  en atención al valor propio correspondiente a la componente asociada la cual explicó el 86.45% de la variabilidad climática, luego los mismos describen

la variación estacional del clima en la región de estudio, y que actuará en el modelo dinámico en el dominio del tiempo como variable exógena.

**Paso II. Formulación del modelo.**

Para la modelación de los efectos del clima sobre la cantidad de casos del AB e IRA se propone el siguiente modelo dinámico [11,16].

$$Y_t = \frac{\omega(B) B^b}{\delta(B)} X_t + \frac{\Theta(B)}{\Phi(B)} a_t + \mu \quad (2)$$

$$= V(B)$$

Donde:

$V(B)$ : Son los pesos de las señales climáticas sobre indicadores de salud

$\omega(B)$ : Es el polinomio en B.

B: Es el parámetro que representa las diferencias entre las variables de entrada.

$X_t$ : Es el vector que contiene la serie de valores del índice climático  $IB_{t,r,p}$ .

$Y_t$ : Es el vector que contiene las dos series de las enfermedades para la que se evaluarán los impactos.

Los modelos de la forma (2) en la literatura reciente reciben el nombre de modelos autorregresivos con retardos distribuidos (ARDL - Autorregressive Distributed Lag Model.[15]

Estos modelos son los llamados modelos autorregresivos y de medias móviles con variable exógena (ARMAX), si la varianza es constante; de lo contrario, será un Modelo Autorregresivo con Varianza No Constante (ARCH-AutoRegressive Conditionally Heteroscedastic) [1,2] con variable exógena.

El enfoque metodológico presentado permite modelar los cambios en el tiempo que manifiestan los indicadores epidemiológicos pues, de manera general, no presentan varianza constante, y en muchas ocasiones este cambio de varianza esta inducido por factores externos que modulan su comportamiento.

**Resultados**

-Formulación de los índices  $IB_{t,1,Guanabacoa}$  e  $IB_{t,2,Guanabacoa}$

Como resultado de la aplicación de los pasos metodológicos descritos en los párrafos precedentes, se encontraron las siguientes ponderaciones para las variables que integraran el índice descriptor de las anomalías de las condiciones climáticas en el área de estudio, las cuales quedan expresadas en la tabla.1

Tabla 1. Contribución de cada variable al índice climático.

Variables	IB <sub>t,1,Casablanca</sub> Contribuciones	IB <sub>t,2,Casablanca</sub> Contribuciones
TX	.960071	-.079883
TN	.979785	.261184
OSC	-.048651	.879048
HR	.422428	-.709347
DOA	-.985792	.079826
Variable suplementaria		
AB	-.58	.45

El índice IB<sub>t,1,Guanabacoa</sub> es el factor que caracteriza la variación estacional del clima, y refleja los efectos de las anomalías de la circulación general de la atmósfera. En este índice, las temperaturas máximas y mínimas, presentan signos opuesto con respecto a la densidad de oxígeno disuelto en el aire, indicando las temporadas estacionales del año, y de hecho describiendo las etapas de mayor o menor riesgo para el aumento o disminución del número de casos de asma bronquial, que como es bien conocido presentan deficiencias en su mecanismo termo regulador, por ende variaciones en este índice, hacen aumentar o disminuir el riesgo al aumento de las crisis y por consecuencia del número de pacientes enfermos en nuestros cuerpos de guardia.

El segundo índice IB<sub>t,2,Guanabacoa</sub>, revela los procesos asociados con la variabilidad estacional, describiendo los periodos más contrastantes y secos, así como los de menos contrastantes y húmedos, los cuales se asocian perfectamente con los periodos lluvioso y poco lluvioso caracterizados anteriormente, siendo entonces este indicador un factor importante a considerar como factor desencadenante de casos de AB, ya que las personas que padecen esta enfermedad, responden muy rápidamente a los cambios bruscos del clima, que son simulados por este indicador.

-Estratificación del índice climático.

Como resultado de la interpretación del índice climático, es posible establecer una estratificación del mismo, de manera que podamos determinar según su comportamiento y futuro pronóstico, como será el mes y en que dirección y magnitud son sus anomalías esperadas, tanto a escala estacional como intra-estacional, es decir si el mes será más propicio para la aparición de casos de asma.

A continuación se muestra la estratificación que se propone para el índice IB1, a partir de los rangos de valores que este toma en el tiempo teniendo en cuenta que este describe claramente el clima de la región, así como sus variaciones y anomalías.

Cuadro 1 Estratificación del Índice del Bultó para la Ciudad de la Habana.

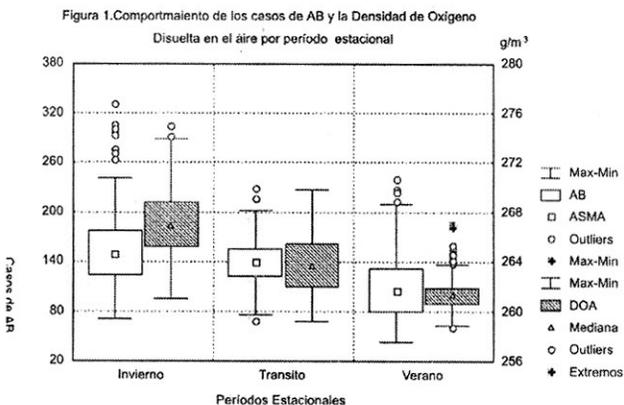
IB1 =	{	Si IB < -0.5	Periodo lluvioso
		Si -0.5 < IB ≤ 0.5	Tránsito
		Si IB > 0.5	Periodo poco lluvioso

Discusión de los resultados.

□ Análisis de las variaciones AB respecto a las variaciones estacionales del IB<sub>t,1,Guanabacoa</sub> y el IB<sub>t,2,Guanabacoa</sub>\*

Nadie duda que las enfermedades varían con las estaciones del año, al igual que lo hacen los estados de ánimos y diversos trastornos psíquicos. En invierno se manifiestan diferentes trastornos y enfermedades en el organismo humano que son diferentes a la que se presentan en el verano, luego el incremento de los patrones de inestabilidad en la atmósfera hacen que se exacerbén algunas enfermedades, de aquí que la escala en la variabilidad más importante para los estudios de impacto en salud sean la estacional, ya que el cuerpo humano responde y se adapta con mayor dificultad a los cambios repentinos que a las condiciones estables y cambiantes lentamente, sin embargo, las otras escalas no dejan de ser importante para los estudios en salud[5,13].

En la Figura 1, se muestra como en función del periodo estacional descrito por el IB1, hay una variación de la densidad de oxígeno disuelta en el aire y por ende una respuesta diferenciada en el comportamiento de los casos de AB, lo cual corrobora la importancia de esta variable dentro del IB1 y nos permite caracterizar los periodos estacionales.



Los meses comprendidos entre octubre y marzo presentan índices estacionales positivos (por encima de su tendencia) en todos los casos en las series, lo que coincide con el período en que las variables climáticas son menos estables. En oposición, el intervalo abril-septiembre registra valores negativos del índice estacional o por debajo de su tendencia.

De todo el análisis anterior hay dos elementos muy interesantes a destacar respecto a la enfermedad:

1- La enfermedad presenta un patrón estacional bien definido, el cual es único, y coincide por el reportado en otros estudios donde solo varían en sus volúmenes o intensidades.

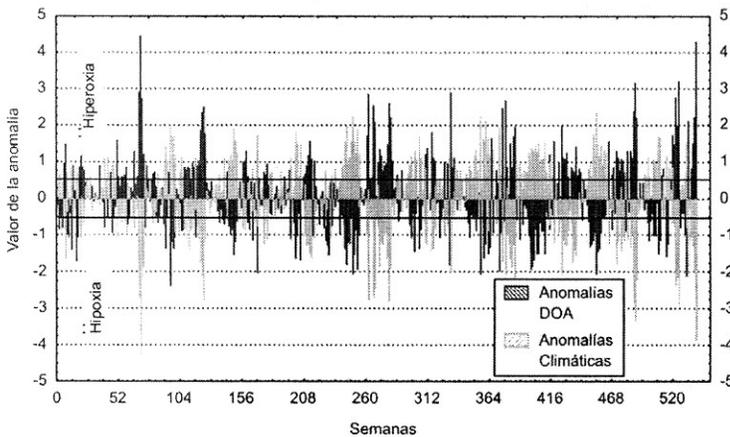
2- El período de mayor índice estacional del asma bronquial coincide con la temporada de mayor variabilidad de las variables meteorológicas dados por los mayores o menores contrastes en el régimen térmico y de la densidad de oxígeno.

-Comportamiento de las variaciones estacionales, Inter-estacionales e interanuales del clima.

Tanto las características periódicas del clima como sus tendencias, ejercen en la actividad del hombre una profunda influencia; sin embargo la variabilidad del clima es la que origina situaciones caóticas y desastrosas sobre los seres humanos, creándose condiciones propicias para la aparición de enfermedades. Existen varias escalas temporales en la que se manifiesta la misma, las cuales discutiremos a continuación.

La explicación fisiológica de por que aumenta en el periodo invernal la respuesta de los enfermos de AB ante las variaciones climáticas, esta dada por que en esos meses se concentra la mayor variabilidad y contrastes climáticos debido a la influencia extratropical, trayendo consigo mayor densidad de oxígeno disuelto en el aire, todo lo cual favorece los aumentos de casos de Asma Bronquial a consecuencia de una hiperoxia. Sin embargo en el periodo lluvioso también se observan casos de Asma, los cuales están asociados al predominio de condiciones de hipoxia. Figura 2.

Figura 2. Anomalias de las variaciones del clima y la Densidad de Oxígeno que propician condiciones favorables para el aumento de la crisis de AB

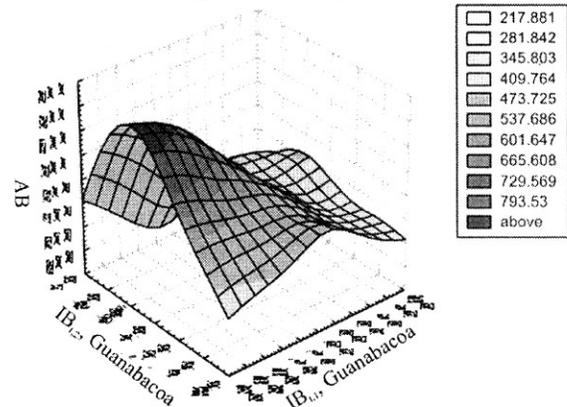


Entonces los impactos de las variaciones del clima sobre la fisiología de los individuos dependen tanto de la magnitud de los contrastes, como de su intensidad las cuales pueden ocurrir indistintamente con la presencia de procesos Extratropicales (época invernal o poco lluviosa) o con procesos ciclónicos. (época lluviosa).

Aunque estos resultados no presuponen una relación causa efecto entre las variables del complejo climático y el comportamiento del asma bronquial AB, queda evidenciado que la enfermedad es tan estacional como lo es el clima. Todo esto indica que para efectuar cual-

quier estudio sobre dichas enfermedades no puede observarse esta particularidad, pues este movimiento es sumamente fuerte en las dos series. Todo lo anterior corrobora la hipótesis de que tanto el índice  $IB_{t,1,Guanabacoa}$  como el índice  $IB_{t,2,Guanabacoa}$ . Permiten describir el comportamiento de los casos del asma a partir de sus valores como se muestra en la Figura 3, donde la mayor incidencia coincide con las condiciones mas frescas, secas y contrastantes.

Figura 3. Respuesta de los casos de AB ante las variaciones del clima evaluadas mediante el  $IB_{t,1,Guanabacoa}$  e  $IB_{t,2,Guanabacoa}$



Por todas estas características, los índices  $IB_{t,1,Guanabacoa}$  e  $IB_{t,2,Guanabacoa}$  se perfilan como buenos predictores para simular la cantidad de casos de AB, pues se conoce que los niveles de concentraciones de oxígeno juegan un rol fundamental en la respuesta fisiológica de los individuos y, en especial, en las personas que padecen de esta enfermedad, que presentan insuficiencias en su mecanismo termo-regulador como ya mencionamos.

#### Modelos de pronósticos.

Existen diversas técnicas de pronóstico que van desde aquellas basadas en la experiencia de los especialistas (el llamado «criterio de expertos») hasta los análisis complejos de datos. Una condición necesaria para la predicción es que ésta debe sustentarse en lo acontecido en el pasado. Al respecto, una técnica que asegura la descripción y el conocimiento del pasado con facilidad y permite efectuar pronósticos a partir de él es el análisis de series cronológicas, en la Tabla se muestran los resultados de la aplicación del modelo  $Ar(p)$  con variable exógena.

Tabla 2. Resultados de la calidad de ajuste del modelo usado para simular el comportamiento del AB en el Policlínico Machaco

Area de estudio	Enfermedad	Parámetros	Valor del Parámetros	Skill
Machaco	AB	DOA <sub>t-1</sub> IB1 <sub>t-1</sub> IB2 <sub>t-1</sub> AR(1)	1.746180** -43.50349** -31.73618** 0.528448**	71.5

\*\*  $p < \alpha = 0.01$

Resultan adecuados los modelos, para simular el comportamiento del Asma Bronquial, con una habilidad de pronóstico superior al 70%, los cuales se consideran aceptables (Tabla 2), si tenemos en cuenta que la estación de Casablanca no es la zona más representativa, diferencia que se observa en las habilidades de pronósticos entre cada área, otro elemento interesante a tener en cuenta y que podría mejorar estos resultados es la inclusión de las series de contaminantes de la zona de estudio, pues el caso de Guanabacoa esta muy afectada por la industria, pero esta información no cuenta con los datos requerido para ser incluidos en estos modelos de series temporales con variables exógenas.

Mediante el modelo Autoregresivo con variable exógena propuesto, se puede predecir el comportamiento del AB en el área de estudio, atendiendo a las variaciones de las anomalías de la densidad de Oxígeno disuelta en el aire y las anomalías climáticas simuladas por los índices IB1 e IB2 respectivamente las cuales modifican como se observo el comportamiento del patrón de la enfermedad.

## Conclusiones

Los resultados alcanzados mediante este estudio indican que es posible usar indicadores de anomalías climáticas como elementos desencadenantes de las crisis de asma bronquial en edades tempranas y así poder comprender el comportamiento estacional de la misma en nuestra área de acción, permitiendo que el personal en la atención primaria cuente con una herramienta para mejorar la toma de decisiones a la hora de realizar acciones en la comunidad con vistas a prevenir los picos de esta enfermedad.

Este estudio también brinda la posibilidad de establecer una vigilancia anticipada de las condiciones de riesgo ambiental que pueden provocar aumentos de casos de AB, y con ello el personal de enfermería pueda realizar un trabajo con la población enferma a partir de uso y dosificación adecuado de los medicamentos y ejercicio respiratorios y de control sico-emocional que eviten que el paciente desencadene crisis aguda ante variaciones del clima.

Con los modelos de ajustes propuestos a partir de las series dadas, se cuenta con una primera aproximación adecuada para realizar en el futuro pronósticos para cada Policlínico de contar con la información de base, de manera que permita dar avisos tempranos y brindar la posibilidad a las autoridades medica de la atención primaria y en particular la enfermera del área, para realizar

su trabajo profiláctico y educativo con la población en los momentos de mayor riesgo de aumento de los casos a consecuencia de las crisis de AB.

Una vez más los resultados alcanzados por los modelo aquí propuestos, corroboran las hipótesis planteadas por de Ortiz en 1998, de que estos modelos pueden ser aplicados a otras escalas espacio temporales, siempre que se cuente con la base de datos necesarios y se recojan mediante indicadores adecuados las características epidemiológicas del lugar.

## Referencias Bibliográficas

**Enders W: Applied Econometric time Series. 1995,** John Wiley and Sond, Inc New York.

**Engle, Robert F: «Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U.K. Inflation,» .1982,** *Econometrica*, 50, 987-1008

**McMichael AJ, Ando M, Carcavallo R, Et al (1996)** Human Population health. In Watson RT, Zinyowera MC and Moss RH ( eds.) *Climate change 1995- Impacts, adaptations and mitigation of climate Report of the Intergovernmental Panel on climate Change.* Cambridge, University Press, pp 561-584.

**McMichael, A.J. y Kovats, S.: El tiempo, el clima y la salud. En: Boletín de la Organización Meteorológica Mundial.1999,** Vol. 48, N° 1, pp. 16 – 21.

**OMM. El tiempo, el clima y la salud. Ginebra: Suiza; 1999.** No. 892.

**Ortiz P. Models for setting up a biometeorological Warming System over a Populated Area in Havana. Book Urban Ecology. Alemania: Springer-Verlang; 1998.** p.87-91.

**Ortiz, P. The effect of the ENSO index in the variability of meningococcal disease series. Cuban Meteorological Society Bulletin. Electronic 1999.** Disponible en: URL: <http://www.met.inf.cu/sometcub/boletin/Vo.5,N02./default.htm>.

**Ortiz P, Aparicio M. Vulnerabilidad y Adaptación de la Salud Humana ante los Cambios Climáticos en Bolivia. VMARNDF, Programa de cambios Climáticos PNUD, GET, OPS/OMS, La Paz; 2000.** p.108.

**Ortiz, P. L. Guevara V, Díaz M, Pérez. Rapid assessment of methods / Models and human health sector sensitivity to climate change in Cuba. Climate Change Impacts and Responses. Proceeding of the Conference on National Assessment Results of Climate Change and Health in San José, Costa Rica; 1998 March 25-28; Japan; 2000.** p. 203 - 22.

**Ortiz, P.L, Guevara A, Perez, A. Impactos del cambio climático en el sector de la salud humana. Medidas de adaptación. Informe Final; 1999. Proyecto No. FP/CP/2200-97-12,** La Habana.

Ortiz P, Guevara V, Ulloa J, Aparicio M. Principios metodológicos para la evaluación del impacto de la variabilidad y el cambio climático en la salud. Un enfoque estadístico. *Rev Met de Colombia* 2001 Mar; (1): 25 – 36.

Patz JA, Epstein – PR, Burke TA, Balbus JM. Global climate change and emerging infectious diseases. *JAMA* 1996 Jun; 275 (3): 217 – 23.

Raddatz RL. A biometeorological model of encephalitis vectors. *Boundary Layer Meteorology* 3: 189 – 99. 1999 Disponible en: URL: <http://www.ciesin.org/docs/001-379/001-379/.html>

Sneyer R, Goosseens C. The Principal Component Analysis: application to climatology and meteorology. *Proceedings of the 9th Session of CCI; 1988*; Brussels; WMO.

Greene. W. *Econometric Models*. 1998, McGraw-Hill.

Wei William, W . S.: *Time Serie Analysis (Univariate and Multivariate Methods)*. 1990, Addison- Wesley, New Yor.

## Agradecimientos

Quiero expresar mis mayores agradecimientos al Investigador y Profesor Raimundo Vegas González por sus recomendaciones y sugerencia realizadas a los manuscritos, así como las correcciones y adecuaciones efectuadas a los textos en inglés, también deseo agradecer a la Lic. Antonia León por su cuidadosa actualización de las bases de datos climáticas que fueron usadas en el trabajo, pues sin ello no hubiera sido posible alcanzar estos resultados.

### ABSTRACT:

*Climate variations in seasonal, intra-seasonal and intra-monthly scales have influence on the behaviour of epidemiological pattern in the cases of bronchial asthma (BA). Two climatic indexes (BI) jointly with and index of oxygen density are used as exogenous variables in the ARMAX model. The results show the possibility of prediction with on month in advance and an effectiveness of about 70% the behaviour of BA in a health area of Havana City, providing a useful tool for authorities to face the challenge with an adequate action related to available resources.*

### Palabras Clave:

Variabilidad climática, modelos Autorregresivos, estacionalidad, Índice de Bulto.