



Revista Cubana de Salud Pública

ISSN: 0864-3466

ecimed@infomed.sld.cu

Sociedad Cubana de Administración de Salud
Cuba

Lecha Estela, Luis Bartolomé; Ciómina de Carvajal, Elena; Estrada Moreno, Alejandro; Gómez Acosta, Elba Caridad

Pronósticos biometeorológicos: vía para reducir la ocurrencia de crisis de salud. Caso Sagua La Grande

Revista Cubana de Salud Pública, vol. 34, núm. 1, enero-marzo, 2008

Sociedad Cubana de Administración de Salud
La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21420865009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

SIMPOSIO "JUAN PÉREZ DE LA RIVA" IN MEMORIAN

Pronósticos biometeorológicos: vía para reducir la ocurrencia de crisis de salud. Caso Sagua La Grande

Biometeorological forecasts: a way of reducing occurrence of health crises. The Sagua La Grande case

Luis Bartolomé Lecha Estela^I; Elena Ciómina de Carvajal^{II}; Alejandro Estrada Moreno^{III}; Elba Caridad Gómez Acosta^{IV}

^IDrC. Geográficas. Centro de Estudios y Servicios Ambientales. Villa Clara, Cuba.

^{II}Ingeniera Hidrometeoróloga. Centro Meteorológico Provincial. Villa Clara, Cuba.

^{III}Licenciado en Computación. Centro Meteorológico Provincial. Villa Clara, Cuba.

^{IV}Máster en Higiene y Epidemiología. Unidad de Análisis y Tendencias de Salud. Sagua La Grande, Villa Clara, Cuba.

RESUMEN

En Cuba se ha producido un ascenso en los servicios médicos y el país muestra indicadores de salud comparables a los de los países más desarrollados. Se trabaja en un nuevo procedimiento, útil para seguir mejorando la salud de la población cubana. Se trata del método de pronósticos biometeorológicos, dirigido a ofrecer, con antelación suficiente a las instituciones de salud y servicios de emergencia médica, la información oportuna para la prevención y profilaxis de algunas enfermedades crónicas no transmisibles de alta incidencia en el país. Este método avisa hasta con 180 horas de anticipación, la ocurrencia de condiciones favorables para el desencadenamiento de crisis de salud, utiliza como indicador principal la variación en 24 horas de la densidad parcial del oxígeno en el aire, el tipo de situación sinóptica predominante y la ocurrencia de efectos locales de contaminación atmosférica. Para validar los resultados de estos pronósticos se viene desarrollando desde el 1 de diciembre de 2006, en las instituciones de salud del municipio de Sagua la Grande, provincia de Villa Clara, un estudio piloto donde se monitorea la ocurrencia diaria de varias enfermedades y su asociación con los cambios bruscos del estado del tiempo. Las enfermedades bajo estudio fueron: el asma bronquial, las enfermedades cardiovasculares, los accidentes cerebro-vasculares, las crisis hipertensivas, las cefaleas y algunos tipos de infecciones respiratorias agudas. Se muestra los resultados preliminares de la aplicación operativa del servicio de pronósticos biometeorológicos, inexistente en otras partes del mundo, en instituciones de salud del municipio Sagua La Grande, durante el período poco lluvioso (invierno) de 2006 a 2007.

Palabras clave: Biometeorología, pronósticos, salud humana.

SUMMARY

There has been a rise of medical service provision in Cuba and the country shows health indicators comparable to those of the most developed nations. A new procedure that will be useful for continuous improvement of the Cuban population's health is being worked out. It refers to the biometeorological forecast method aimed at providing health institutions and emergency services with early and timely information about the prevention and treatment of some non-communicable chronic diseases with high incidence in the country. Such a method can alert to favorable conditions for unleashing health crisis up to 180 hours in advance on the basis of the changes of partial air oxygen density within 24 hours, the type of prevailing synoptic situation and the local effects of the environmental pollution. In order to validate the results of these forecasts, a pilot study is being conducted from December 1st, 2006 in health centers located in Sagua La Grande municipality, which monitors daily occurrence of several diseases and their association to sudden weather changes. The diseases under study were bronchial asthma, cardiovascular diseases, strokes, hypertension, headaches and some types of acute respiratory diseases. The preliminary satisfactory results of the operation of this biometeorological forecast service in health centers located in Sagua la Grande municipality during the little rain period (winter) from 2006 to 2007 were shown.

Key words: Biometeorology, forecasts, human health.

INTRODUCCIÓN

Durante el quinquenio 1991 a 1995 se ejecuta un nuevo conjunto de investigaciones para conocer en detalle los efectos del clima y el tiempo sobre la salud de la población cubana. Se terminó la caracterización compleja del clima de Cuba¹ iniciada desde años antes, se estudió la morbilidad de un conjunto de enfermedades crónicas no transmisibles, a partir de los registros diarios de su ocurrencia en los cuerpos de guardia de varios hospitales provinciales y municipales del país, conformando una amplia base de datos de cinco años que fue comparada con la información meteorológica correspondiente a través del uso de diversos métodos estadísticos multivariados.

Como consecuencia de este amplio esfuerzo se obtuvieron numerosos resultados que demostraron la fuerte influencia que ciertos tipos de tiempo y situaciones sinópticas ejercen en el desencadenamiento de crisis de salud.^{2,3} La mayor parte de los resultados de las investigaciones realizadas en este fructífero período se recogen en los trabajos monográficos de *Lecha y Lecha*, *Paz y Lapinel*.^{4,5}

Fue a partir de estos resultados que se hizo factible diseñar y aplicar de forma preliminar un Sistema de Avisos y Alertas para la Salud Humana (SAAS), que se probó con éxito en el Instituto de Meteorología durante los inviernos 1995-1996 y 1996-1997 en las instituciones de salud de la ciudad de Cienfuegos. Sin embargo, en esta época no eran accesibles desde Cuba las salidas numéricas de los modelos hidrodinámicos ya disponibles en Internet, ni tampoco eran operativos los modelos baroclínicos cubanos, por lo que no fue posible organizar de manera sistemática el trabajo de elaboración y difusión de los pronósticos biometeorológicos diarios. Como alternativa, el resultado fue dado a conocer a la comunidad biometeorológica internacional en el XIV Congreso de la Sociedad de Biometeorología, celebrado en Ljubljana, Eslovenia (Lecha L, Delgado T. On a regional Health Watch & Warning System, 94-107. En: The Proceeding of the 14th Int. Congress of Biometeorology, Part 2, Vol 3. Ljubljana, Slovenia; 1996); y también se probó en instituciones del Servicio Meteorológico de Alemania, en el Centro Nacional del Clima de los Estados Unidos y en centros científicos de las universidades de Delaware e Iowa en los Estados Unidos, desde donde sí era posible

trabajar con las salidas de los modelos objetivos de pronóstico del tiempo hasta plazos de cinco días.

En el año 2006, (Moya y Estrada. Comunicación personal, 2006) obtuvieron importantes resultados prácticos en el desarrollo de modelos de pronóstico de precipitaciones para toda Cuba. Para la aplicación de este modelo de pronóstico se ha desarrollado un programa de computadora que accede a la base de datos del "Global Forecast System (GFS)" localizada en Internet (http://nomad5.ncep.noaa.gov/ncep_data/index.html) y toma los valores pronosticados de las variables que sean necesarias para hacer los cálculos.

A través de esfuerzos cooperados, se generó una salida operativa de este programa para su aplicación biometeorológica. Se utilizan los datos de presión atmosférica, temperatura y humedad del aire en superficie, desde 24 hasta 180 h de anticipación (una semana), con un paso temporal de cálculo cada 12 h.

Los efectos del tiempo y el clima sobre la salud humana son predecibles y se puede alertar oportunamente sobre su ocurrencia a las autoridades e instituciones de salud, lo que permite adoptar los planes de acción y las medidas profiláctico-preventivas de respuesta que minimicen los impactos desfavorables, entre ellos, disminuir la morbilidad y mortalidad de múltiples enfermedades o reducir los riesgos de letalidad asociados a la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos peligrosos para la vida humana.

El municipio de Sagua La Grande posee todos los elementos necesarios para el éxito de un proyecto piloto de investigación-intervención en salud. Tiene una facultad de ciencias médicas con más de 200 alumnos, un hospital regional con la infraestructura y el personal requeridos, dispone de total cobertura con médicos de familia, todos con suficiente voluntad política, técnica y ciudadana; cuenta además con una unidad de análisis y tendencias de salud (UATS), una dirección municipal de salud y un gobierno receptivos a la introducción de los resultados de la ciencia y la tecnología en función de mejorar continuamente los indicadores de salud de esa población.

En este municipio la contraparte meteorológica posee una estación meteorológica muy bien equipada, que incluye una estación meteorológica automática y otra también automática que registra continuamente los niveles de contaminación ambiental. Dispone de dos profesionales de la meteorología y seis técnicos medios, quienes brindan servicios diarios operativos a la población del municipio a través de una emisora local de radio y de un centro de televisión comunitaria.

Por estas razones, se escogió este municipio para realizar el proceso de validación de los pronósticos biometeorológicos operativos. Así, desde el 1 de diciembre de 2006 y hasta diciembre de 2007 se realiza una prueba de terreno donde se comparan las salidas de los pronósticos biometeorológicos diarios, con la ocurrencia de casos de un grupo de cinco enfermedades crónicas no transmisibles e infecciones respiratorias agudas.

La advertencia pública anticipada de los efectos del tiempo sobre la salud resulta algo novedoso en el ámbito nacional e internacional. Con este tipo de servicio se fortalecen las bases de la vigilancia en salud para lograr el desarrollo de nuevos procedimientos organizativos, metodológicos, terapéuticos y preventivos dirigidos a evitar o reducir los efectos meteorotrópicos de los cambios bruscos del estado del tiempo en la población local.

En el contexto internacional, desde hace casi 20 años, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han realizado numerosos esfuerzos para

lograr mecanismos de cooperación e intercambio a niveles nacional, regional y mundial, con el objetivo de facilitar el trabajo conjunto entre los investigadores de la meteorología y la comunidad médica, y para lograr una mejor comprensión a los complejos procesos que se establecen entre el tiempo y la salud humana.

MÉTODOS

El programa que accede automáticamente a las bases de datos del Global Forecast System (GFS), calcula los valores pronosticados de la densidad parcial de oxígeno del aire (DOA), generando como salida una secuencia de 14 mapas (para 7 días de antelación en 2 horarios: 0000 y 1200 UTC) correspondiente a las diferencias en 24 h de la DOA en toda el área de trabajo de la escala sinóptica para Cuba, o sea: el rectángulo formado por las coordenadas: 10° N, 50° W; 50° N, 50° W; 50° N, 105° W y 10° N, 105° W. Las aplicaciones del programa para otras zonas geográficas también se encuentran disponibles.

La DOA se calcula mediante la expresión:

$$DOA = 80,51 * P / (T + 273) * (1 - TVA / P)$$

Donde:

T: es la temperatura del aire en grados Celsius.

TVA: es la tensión del vapor de agua en hPa.

P: es la presión atmosférica reducida al nivel medio del mar, también en hPa.

Al evaluar los impactos meteorotrópicos de los cambios del estado del tiempo mediante este índice complejo, se está reflejando realmente el efecto combinado de tres elementos meteorológicos directamente vinculados con la fisiología humana: la temperatura del aire, el grado de humedad y la presión atmosférica. La temperatura y humedad del entorno tienen una influencia directa sobre el funcionamiento del sistema termorregulador del hombre, ya que intervienen en el mecanismo de intercambio de calor; mientras que la presión atmosférica ejerce una acción directa sobre el sistema cardiovascular.

La diferencia en 24 h de la DOA se calcularon para los horarios sinópticos de las 00:00 y 12:00 GMT, lo que permitió evaluar el comportamiento de los contrastes del estado del tiempo en días sucesivos (variación interdiaria) y en el transcurso del día (variación diaria).

Las condiciones de hiperoxia e hipoxia representan, respectivamente, el aumento o disminución en 24 h del contenido de oxígeno en el aire. Los valores de contraste interdiario así obtenidos se representaron mediante una escala de colores apropiada que tuvo en cuenta el factor de adaptación de cada población a los cambios de tiempo; pero básicamente concebida para tres tipos de situaciones: los habitantes de baja latitud o zona tropical, que es el caso de Cuba; los habitantes de latitudes medias entre los 30° y 60°; y los habitantes de altas latitudes, por encima de los 60° (tabla 1). El empleo de estas escalas también puede tener un sentido estacional, según las peculiaridades de la propia variabilidad del clima local.

Además del uso del modelo de pronósticos biometeorológicos ya mencionado, se clasificó también el tipo de estado del tiempo diario (ETD) y el tipo de situación sinóptica (TSS) influyente cada día sobre Sagua La Grande, para lo cual se aplicó una metodología específica.

Ello completó la base de datos meteorológicos. Como contraparte se recopiló en todos los centros asistenciales del municipio la ocurrencia diaria y la mortalidad causada por una selección de enfermedades crónicas no transmisibles como el asma bronquial (AB), las enfermedades del corazón (EC), las enfermedades cerebro-vasculares (ECV), las cefaleas (C) y la hipertensión arterial (HTA). La información original se tuvo por cada uno de los nueve consejos populares del municipio.

En los casos que ocurrieron máximos diarios de alguna enfermedad no previstos por la emisión de pronóstico alguno, y como medida de la posible influencia de efectos locales que no llegaron a representarse en la escala sinóptica, se consideró el valor de la diferencia en 24 h de la densidad del oxígeno en el aire medida a las 1200 GMT en la estación meteorológica de Sagua La Grande, así como la presencia de eventos de contaminación atmosférica a partir del control de fuentes locales del municipio.

RESULTADOS

El invierno 2006-2007 en Cuba se caracterizó en su primera mitad por la influencia de un evento ENOS que produjo importantes anomalías en el comportamiento de los sistemas extratropicales que llegaron hasta la zona estudiada. Las principales anomalías detectadas fueron: la presencia de fuertes corrientes en chorro sobre el Golfo de México que impidieron la llegada a Cuba de los frentes fríos durante la etapa inicial del invierno y entre los meses de enero y febrero, dando anomalías positivas de temperatura en las regiones occidental y central del país. Otro importante efecto estuvo asociado a la corta duración de los episodios invernales, aunque algunos de ellos tuvieron una intensidad notable, en términos del valor mínimo alcanzado por las temperaturas nocturnas.

En total, durante la temporada invernal 2006-2007 llegaron a la provincia de Villa Clara 22 sistemas frontales. De ellos, entre diciembre y abril afectaron al municipio de Sagua La Grande un total de 15 sistemas frontales, siendo dos de intensidad moderada y el resto débiles. Atendiendo a las características del giro del viento: nueve de los sistemas frontales fueron clásicos y seis revesinos.

A partir de febrero la temporada invernal se activó notablemente, en concordancia con el fin del evento ENOS ya mencionado. El trimestre febrero-abril fue mucho más activo que el trimestre precedente, con una dinámica significativa de cambios contrastantes del estado del tiempo diario. Como se muestra en la figura 1, las diferencias en 24 h de la DOA, calculada para los horarios sinópticos principales, reflejaron el aumento de la variabilidad diaria de los procesos sinópticos a partir del día 57, lo que contado desde el 1 de diciembre de 2006 equivalía al día 26 de enero de 2007.

Se consideró que en un día dado ocurre una respuesta meteorotrópica masiva de la población local, cuando el valor diario observado de las enfermedades es igual o superior a 160 % de la media mensual (tabla 2).

Entre el 1 de diciembre de 2006 y el 30 de abril de 2007 se detectaron por el modelo de pronóstico biometeorológico 63 situaciones complejas con impactos meteorotrópicos potenciales, de las cuales 24 generaron avisos o alertas por hiperoxia y 39 dieron lugar a reportes por condiciones de hipoxia.

Como se puede apreciar en la tabla 3, de los 24 pronósticos emitidos bajo condiciones esperadas de hiperoxia, 22 (91,7 %) fueron precisos y pronosticaron la ocurrencia de respuestas meteorotrópicas masivas en la población local y 2 fueron "falsas alarmas" (8,3 %)

al no exceder la ocurrencia diaria de ninguna enfermedad el límite de casos prefijado. Entre los 39 pronósticos emitidos bajo condiciones esperadas de hipoxia: 32 fueron exitosos (82,1 %) y 7 constituyeron falsas alarmas (17,9 %).

Si se considera la efectividad general de todos los pronósticos emitidos, descontando sólo los casos verificados de falsas alarmas, se logró un cumplimiento muy satisfactorio de 85,7 %, que fue ligeramente superior a la efectividad de los pronósticos emitidos para condiciones de hiperoxia.

Sin embargo, ocurrieron 18 días en los cuales hubo máximos diarios de distintas enfermedades que no fueron detectados por las salidas operativas del pronóstico biometeorológico, de los cuales 10 días se correspondieron con condiciones de hiperoxia y 8 con condiciones de hipoxia. A través del control efectuado por el Meteorograma de la estación meteorológica, se pudo comprobar que siete días coincidieron con contrastes locales significativos de la DOA, superiores a $\pm 2 \text{ g/m}^3$, pero fueron casos no registrados por las salidas del modelo numérico, aparentemente por la baja resolución de la rejilla de cálculo.

Se identificaron en total 81 días con respuestas meteorotrópicas masivas. De ellos 16 fueron considerados como los más críticos, al reportarse máximos de más de una enfermedad en el mismo día. El 29 de diciembre de 2006 fue el peor de todos, pues ocurrieron máximos en 4 de las 5 enfermedades bajo estudio; hubo 4 días con máximos de 3 enfermedades; 11 días con máximos de 2 enfermedades; y en los 38 días restantes se identificó un solo máximo de las enfermedades bajo estudio. Los 81 máximos reportados pudieron clasificarse en 34 que ocurrieron bajo condiciones de hiperoxia y 47 bajo condiciones de hipoxia (tabla 3).

Entre los 16 días con máximos múltiples reportados, 13 días (81,3 %) fueron previstos por la emisión oportuna de un pronóstico y tres no fueron contemplados; las fechas de estos últimos días correspondieron al 23 de diciembre de 2006, el 22 de marzo de 2007 y el 2 de abril de 2007.

En resumen, la efectividad real del trabajo realizado, considerando la ocurrencia total de los máximos diarios de las distintas enfermedades, fue de 67,9 % para las condiciones de hiperoxia y de 74,4 % para la hipoxia, con un cumplimiento general de 71,8 %. Se produjeron 9 falsas alarmas, 7 de ellas bajo condiciones de hipoxia.

Debe recordarse que hubo más máximos diarios por enfermedades que días con condiciones biometeorológicas peligrosas, porque en 10 de los días ocurrió más de un máximo por enfermedad. Por tanto, como se observa en la tabla 4, fueron 88 los máximos diarios por enfermedades encontrados en el período estudiado. El nivel de efectividad del pronóstico de los máximos por enfermedades fue variable, siendo óptimo (100 %) para el asma bronquial, satisfactorio para la hipertensión arterial (82,4 %) y las cefaleas (77,8 %); aceptable para los accidentes cerebro-vasculares (71,4 %); pero con menor efectividad en las enfermedades del corazón (67,7 %).

Al analizar cómo se relacionó la ocurrencia diaria de los máximos por enfermedades con la condición biometeorológica presente, o sea, en función del aumento o disminución de la DOA, es indudable que tanto los cambios significativos por hiperoxia como por hipoxia tuvieron la capacidad de producir respuestas meteorotrópicas masivas en la población local. No obstante, fue posible identificar una cierta preferencia de los máximos diarios de algunas enfermedades ante una u otra condición biometeorológica, así las crisis masivas asociadas a la hipertensión arterial, las cefaleas y los accidentes cerebro-vasculares indicaron una preferencia por las condiciones de hipoxia, mientras las crisis masivas por asma bronquial y

las enfermedades del corazón presentaron una ocurrencia casi equivalente ante una u otra condición biometeorológica.

Durante el período de trabajo se analizó también la mortalidad ocurrida por las enfermedades objeto de seguimiento. Resultó muy interesante el caso del día 16 de enero, fecha en que se reportaron siete fallecidos en el municipio: tres por infección respiratoria aguda, una por infarto y tres por accidentes cerebro-vasculares graves. En ningún otro día de la muestra estudiada la mortalidad diaria rebasó los cuatro casos, por lo que a continuación se hace un análisis detallado de lo sucedido.

El día 15 se emitió un pronóstico biometeorológico porque se previó el rápido debilitamiento del anticiclón oceánico que influía sobre Cuba y el avance desde el Noroeste, también rápido, de un intenso sistema anticiclónico continental que comenzaría a influir sobre la parte central de Cuba desde la noche del día 16 de enero.

El fuerte impacto de las condiciones de hiperoxia asociadas al anticiclón continental se desplazaría por latitudes al Norte de Cuba, sin afectar directamente el territorio nacional. Sin embargo, se produjo un importante cambio local de la DOA, con una variación (descenso) superior a los

10 g/m³, y de alguna manera este abrupto contraste del complejo biometeorológico local pudo haber tenido un efecto desencadenante en la ocurrencia del máximo notable de mortalidad registrado en el municipio ese día (figura 2).

Este tipo de interrelación entre los cambios del estado del tiempo y sus posibles efectos en la mortalidad asociada a algunas enfermedades crónicas deberá ser mejor estudiado para establecer objetivamente si existen bases científicas que la sustenten, el ejemplo antes expuesto constituye un elemento muy interesante del trabajo en ejecución.

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares logrados con la aplicación operativa del servicio de pronósticos biometeorológicos en las instituciones de salud del municipio de Sagua La Grande fueron muy satisfactorios. De los 63 pronósticos emitidos al detectarse situaciones biometeorológicas complejas, sólo 9 no produjeron máximos significativos de las enfermedades estudiadas y se consideraron, por tanto, como falsas alarmas. Ello significa que en el 85,7 % de las veces que pudo ser emitido un pronóstico se alertó efectivamente a las autoridades de salud del municipio sobre la posible ocurrencia de efectos meteorotrópicos masivos en la población local, dando tiempo a la adopción de medidas de respuesta efectivas para minimizar estos efectos desfavorables.

Sin embargo, en la muestra también se identificaron 18 días con máximos significativos de alguna de las enfermedades bajo seguimiento que no estuvieron cubiertos por la emisión de aviso alguno. Este tipo de error es peor que la falsa alarma, pues se produce una reacción meteorotrópica masiva en la población local sin previo aviso a las instituciones médicas y al sistema de urgencias. En este sentido hay que señalar que fueron detectadas en 12 ocasiones (60 %) variaciones locales significativas de los elementos meteorológicos medidos en la estación meteorológica, pero la información que se procesa en el Meteorograma diario aún no está incorporada al procedimiento de elaboración y difusión del pronóstico biometeorológico. Ello debe llevar a la revisión del procedimiento actualmente en uso y a la búsqueda de un mejor balance entre la información a escala sinóptica y la información local.

Fue detectado un caso donde pudo observarse la coincidencia del aumento notable de la mortalidad diaria debida a enfermedades crónicas no transmisibles y las condiciones variables del estado del tiempo. Un solo caso es insuficiente para establecer conclusiones al respecto, pero resulta una alerta elocuente en el sentido de que debe prestarse especial atención al posible vínculo entre los cambios abruptos del tiempo y la mortalidad por enfermedades crónicas como las consideradas en este artículo.

La emisión y validación de los pronósticos biometeorológicos debe continuar durante todo el año 2007 para establecer las diferencias que puedan estar presentes por los efectos estacionales y las características propias de los procesos sinópticos de cada época del año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lecha L. Caracterización compleja del clima de Cuba. Rev Cubana Meteorol. 1992a;5(1):94-105.
2. Lecha L. Efectos del tiempo y el clima sobre la salud humana. Rev Finlay. 1992b;6(3-4):126-36.
3. Lecha L. Biometeorological classification of daily weather types for the humid tropics. Int J Biomet. 1998;42(2):77-83.
4. Lecha L. Estudio bioclimático de la provincia de Cienfuegos. La Habana: Editorial Academia;1993.
5. Lecha L, Paz L, Lapinel B. El clima de Cuba. La Habana: Editorial Academia;1994.

Recibido: 10 de julio de 2007.

Aprobado: 17 de septiembre de 2007.

Luis Bartolomé Lecha Estela. Centro de Estudios y Servicios Ambientales. Carretera Central No. 716 e/ Colón y Cabo Brito. Santa Clara 50100. Villa Clara, Cuba. E mails: lecha@cesam.vcl.cu, 338@vcl.insmet.cu, eacosta@unimedsag.vcl.sld.cu