

Estudio de la influencia de la contaminación atmosférica en la producción agrícola urbana

Study of the influence of the atmospheric contamination in the urban agricultural production

Rosabel Rodríguez Rojas¹, Vladimir Núñez Caraballo¹, Yami Castro Conrado¹, Edilma Martín Álvarez¹, Antonia Alonso Machado².

1. Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara, Marta Abreu 59 altos, esq. J. B. Zayas, Santa Clara, Villa Clara. Teléfonos: 20 2444, 20 6768.

2. Delegación CITMA Villa Clara.

E-mail: rosabel.rodriguez@vcl.insmet.cu

RESUMEN. Los principales contaminantes atmosféricos (dióxido de azufre, óxidos de nitrógenos y partículas suspendidas totales) emitidos por las industrias y el transporte en la ciudad de Santa Clara, en las diferentes épocas del año fueron estudiados, así como la dependencia de estos a las variables meteorológicas y su influencia al medio ambiente, especificando en los principales cultivos urbanos que son afectados en sus etapas de crecimiento, desarrollo y recolección. Se llevó a cabo una valoración de las áreas principales de desarrollo agrícola en la ciudad y cuanto se afecta en su calidad y productividad. Las contaminaciones más grandes aparecen en el período no lluvioso, las tres áreas contaminadas de la ciudad son el hospital, centro de la ciudad y ferrocarril donde los volúmenes altos pueden dar lugar a que se afecten los rendimientos agrícolas.

Palabras clave: Contaminación atmosférica, desarrollo agrícola urbano.

ABSTRACT. The main atmospheric pollutants (dioxide of sulfur, oxides of nitrogens and total suspended particles) emitted by industries and transport in Santa Clara city, in the different season of the year they were studied, as well as the dependence of these to the meteorological variables and their influence to the environment, specifying in the main urban cultivations that are affected in their stages of growth, development and harvest. It was carried out a valuation of the main areas of agricultural development in the city and affected in their quality and productivity. The biggest contaminations appear in the not very rainy period, the three polluted areas of the city are the hospital one, downtown and the railroad where high volumes of agricultural production take place, which can be affected by these.

Keywords: atmospheric pollutants, agriculture urban development.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire constituye uno de los principales problemas ambientales de las ciudades en el mundo, tanto en los países desarrollados como en los de mayor atraso tecnológico. En los primeros, por un alto volumen y diversificación de la producción industrial y un flujo intenso de vehículos automotores; mientras que en los segundos es por causa del desarrollo no planificado de las industrias, el uso de tecnologías obsoletas en la producción, los servicios y el transporte, la mala calidad del saneamiento básico y el crecimiento urbanístico no planificado. (Díaz,

1999)

Las plantas muestran una especial sensibilidad a la mayor parte de los contaminantes del aire, y sufren daños significativos a concentraciones mucho más bajas que las necesarias para causar efectos perjudiciales sobre la salud humana y animal (Ormerod, 1982). Los efectos de los contaminantes sobre la vegetación y la agricultura dependen de una serie de factores, entre ellos el tiempo de exposición y características morfológicas de las plantas, tales como el tamaño de la hoja, el índice del área foliar y la cobertura. (Castillo, 2004)

Los efectos producidos por la contaminación atmosférica se pueden manifestar por la alteración de diversos mecanismos vitales de las plantas. Así, las funciones metabólicas y los tejidos vegetales se pueden ver afectados como consecuencia de la acción de gases como el anhídrido sulfuroso, el monóxido de carbono y los compuestos de flúor. Los daños causados se manifiestan en forma de clorosis, adquiriendo el tejido una coloración verde pálida o amarilla, o por la aparición de manchas puntuales necróticas en áreas localizadas que presentan un color marrón-rojizo-blanco. Si la acción del contaminante es muy fuerte puede llegar a paralizar el crecimiento de la planta. (Seoanez, 1997)

Entre los distintos contaminantes que se presentan generalmente en el aire ambiente, el SO_2 es el que tiene mayor importancia debido a lo tóxico que resulta para la vegetación (Schwartz, 1997). Los daños producidos por el SO_2 a las plantas obedecen a la exposición a altas concentraciones durante períodos cortos; o por la exposición a concentraciones relativamente bajas durante largos períodos. (Schwartz, 1997)

Las brumas de ácido sulfúrico, causadas por la presencia en el aire de los óxidos de azufre, producen daños en las hojas, caracterizados por la aparición de manchas producidas por las gotas de ácido depositadas sobre las hojas humedecidas por el rocío o la niebla. Concentraciones relativamente bajas de SO_2 pueden causar daños importantes en la vegetación sensible, como consecuencia de la acción sinérgica de este contaminante con el ozono y los óxidos de nitrógeno, aunque estos se presenten en bajas concentraciones en el aire. (AQI, 2001)

Entre los óxidos de nitrógeno solo el NO_2 es tóxico para las plantas, a pequeñas concentraciones y largo tiempo de exposición. Los daños se manifiestan por la aparición de necrosis y clorosis de color negro o marrón rojizo en las hojas. Los sinergismos de NO_2 y SO_2 provocan a bajas concentraciones alteraciones en la vegetación. Este hecho se ha observado en las zonas urbanas. (AQI, 2001)

Luego de la gran crisis generada por la caída del Campo Socialista en Europa, en Cuba, en la década de los noventa ocurre una reducción en la producción de alimentos, y tiene una notable expansión la

Agricultura Urbana, la cual contribuyó al autoabastecimiento alimentario de la población urbana y a mejorar la calidad y el nivel de vida de la población. (Companiononi *et al.*, 2001)

La Agricultura Urbana es considerada como un movimiento por el cual se producen alimentos en cada m^2 de superficie en ciudades, pueblos y asentamientos poblacionales utilizando al máximo los recursos locales, bajo los principios de agricultura sostenible. En la ciudad de Santa Clara una de las estrategias desarrolladas es la ubicación de entidades agrícolas dentro de la trama urbana, actualmente cuenta con un número de 45 organopónicos, situados indistintamente cerca de vías principales, vías férreas, fuentes fijas de emisión de contaminantes, entre otros.

En este trabajo se realiza una valoración de las zonas más contaminadas de la ciudad de Santa Clara en correlación con las variables climáticas y sus posibles efectos en el desarrollo de la agricultura urbana de la ciudad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio en el que se tomó como punto de partida los principales focos de contaminantes en áreas cultivadas de la ciudad de Santa Clara y datos meteorológicos tomados del Centro Meteorológico de Villa Clara. Las variables climáticas fueron la dirección del viento y las precipitaciones.

Los parámetros sobre la calidad de aire se tomaron de referencia mediante estudios realizados por especialistas del CETA, Universidad Central de Las Villas y del Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara como parte de los resultados del proyecto internacional "Índice de calidad del aire de la ciudad de Santa Clara" (2001).

Para la determinación de las zonas más contaminadas de la ciudad se tomaron los datos de la modelación de la dispersión de contaminantes de las fuentes fijas y los monitoreos de calidad del aire realizados por el departamento de Calidad del Aire del Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara en los periodos poco lluvioso y lluvioso, siendo los principales contaminantes: las partículas suspendidas totales, el dióxido de Azufre y Óxidos de Nitrógenos.

Otra entidad que proporcionó información para este trabajo fue La Granja Urbana de la ciudad de Santa Clara, la cual brindó la ubicación de las áreas urbanas de producción agrícola, entre otros aspectos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad del aire

A partir de estudios realizados se determinan las zonas más contaminadas de la ciudad. Se aprecia que la zona hospitalaria, centro de la ciudad y la zona del ferrocarril (Figura 1) son las que presentan mayor afectación en cuanto a la calidad del aire.



Figura 1

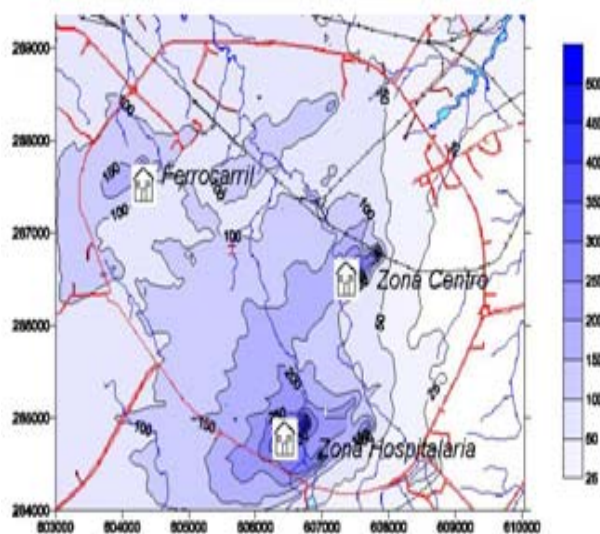


Figura 2

En las zonas centro y hospitalaria (Figura 2), las partículas totales suspendidas (PST) y el SO_2 sobrepasan en su concentración media la máxima concentración admisible por la NC.39/99 con una categoría del índice de Calidad del Aire, que llega a ser de mala en el periodo poco lluvioso, según NC: 111-2004, mientras que en el periodo lluvioso el Índice de Calidad del Aire llega a ser aceptable. En la zona del ferrocarril la categoría del Índice de Calidad del Aire para ambos periodos es de aceptable. En todas estas áreas existen valores de muestras para 20 minutos que indican una categoría del Índice de Calidad del Aire de Pésima, estos resultados varían en dependencia de las siguientes variables meteorológicas, tales como la dirección del viento, la estabilidad atmosférica, el volumen de emisión y las precipitaciones.

Variables climáticas. Precipitación y Viento

La atmósfera cuenta con distintos elementos para diluir los contaminantes del aire y disminuir sus efectos: el viento, los torbellinos (movimiento del aire en sentido vertical), las lluvias que hacen precipitar las partículas hacia el suelo, la topografía del terreno, etc. En este trabajo las variables climáticas que se tienen en cuenta son viento y precipitaciones.

Precipitaciones

Se identifican dos épocas climáticas para la región:

- la época poco lluviosa, que abarca de noviembre a abril.
- la época lluviosa, de mayo a octubre.

Durante la época poco lluviosa, el promedio histórico mensual oscila entre 32,1 mm y 84,0 mm, y entre 157,6 y 224,2 mm para la temporada de lluvias.

Desde el año 1996 hasta el 2004 el déficit de precipitaciones ha persistido significativamente en todo el país. El escaso acumulado de lluvia desde mayo de 2003 a septiembre del 2004 (17 meses), constituye el más severo desde 1961 para este grupo de meses. En ese período los totales acumulados llegaron a ser inferiores al 60 % de las lluvias que normalmente se deben acumular en este intervalo de tiempo.

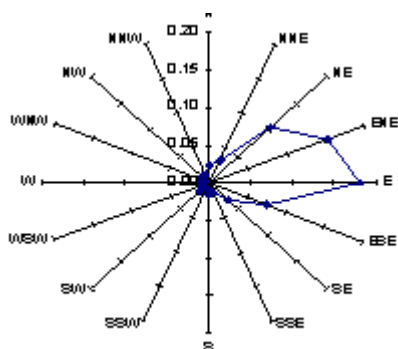
El promedio histórico anual para la variable precipitación para nuestro municipio es de 1 373 mm. Se cuenta con una serie histórica de más de 30

años, presentándose periodos de sequía en los años 1977, 1979, 1986 y 2004, este último año presentó los valores más bajos dentro de toda la serie.

La reducción de los acumulados anuales de lluvia se ha producido como resultado de la notable disminución observada en el período más lluvioso del año (mayo-octubre). Existen evidencias de la existencia de un inicio tardío del período lluvioso, toda vez que durante los últimos años se han observado persistentes y significativos déficit de lluvia en los meses de mayo y junio (cuando normalmente se inicia el período lluvioso).

En cuanto a los procesos de sequías, aunque no se puede hacer un diagnóstico seguro, llama la atención el aumento de los mismos por el déficit de precipitaciones, que ha sido variable y más acentuado en la década de 1994-2004, donde la provincia, y el municipio en menor grado, se enfrentaron a un periodo de características atípicas y dentro de este, hubo un periodo lluvioso del año 2002 muy favorable donde los acumulados de lluvia estuvieron por encima de la norma histórica, y el periodo poco lluvioso del 2004 con valores acumulados muy por debajo del promedio histórico. (Estudio de las precipitaciones para la provincia de Villa Clara, 2006)

Viento Anual

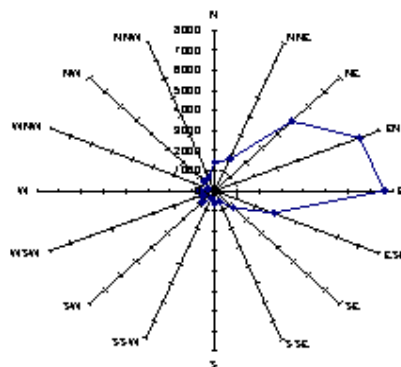


El viento histórico para el período 1976-2005 presenta componente predominante del E, con una velocidad media de 9,01 km/h, aunque si consideramos la incidencia de las calmas en los registros analizados la rapidez del viento se reduce a solo 6,39 km/h. Las calmas presentan un valor medio de ocurrencia de 29,3 %.

Si analizamos la dirección de los vientos predominante durante el período nocturno del día vemos que desde el final de la noche y durante la madrugada, hasta las primeras horas de la mañana el viento se comporta del E cambiando el rumbo en horas de la tarde al ENE (16 y 19).

En los horarios de la noche es donde ocurre el mayor por ciento de calmas, aumentando la rapidez del viento en los horarios del día con velocidades medias sin tener en cuenta las calmas entre 10 y 13 km/h en los horarios desde las 10:00 a.m. hasta las 16:00 p.m. En los meses de febrero a abril es donde ocurren las velocidades medias del viento sin tener en cuenta las calmas, más altas entre 10 y 11, si se considera la incidencia de las mismas esta velocidad se reduce a 7 y 8 km/h.

Viento período poco lluvioso



El viento histórico para este período 1976-2005 presenta componente predominante del E, con una velocidad media de 10,64 km/h, aunque si consideramos la incidencia de las calmas en los registros analizados la rapidez del viento se reduce a solo 7,5 km/h. Las calmas presentan un valor medio de ocurrencia de 25,1 %.

En los meses de febrero a abril es donde ocurren las velocidades medias del viento sin tener en cuenta las calmas, más altas entre 10 y 11 aunque considerando la incidencia de las calmas se reducen a 7 y 8 km/h. (Estudio de la Climatología de la dirección y velocidad del viento para la estación Agrometeorológica del Yabú, 2006)

Análisis de la ubicación de los organopónicos

Estas zonas de mayor contaminación poseen una red de organopónicos que suman en su totalidad 14, que representan un 9 % del total de estos que presentan riesgo por la contaminación. (Tabla 1).

Tabla 1. Relación de organopónicos en las diferentes áreas de mayor contaminación atmosférica en la ciudad de Santa Clara

Área	Número de organopónicos
Hospitalaria	9
Centro	2
Ferrocarril	3
Total	14

La zona de mayor contaminación, zona hospitalaria, coincide con la de mayor número de organopónicos con 9, seguida por la del Ferrocarril con 3 y el Centro con solo 2.

Existen otras unidades ubicadas en zonas donde no se cuenta con una base de datos que demuestre con exactitud la concentración de contaminantes, pero sí se encuentran bajo la influencia de esto, lo cual en cierta medida tiene incidencia negativa en los cultivos, ejemplo de estas áreas son: Condado y Santa Catalina.

La parte Este y Este Noreste son las menos contaminadas como resultado de un menor número de fuentes fijas de emisión y mejores condiciones para el transporte y dispersión de los contaminantes (pocos contornos altos, mayor ventilación), también influye una mayor Calidad del Aire de fondo.

Valoración de las zonas más contaminadas de la ciudad de Santa Clara

Luego del análisis de toda la información la zona más contaminada de la ciudad es la hospitalaria, la cual presenta concentraciones medias de los principales contaminantes por encima de la permisible, llegando a ser considerada como mala para el periodo poco lluvioso. En esta zona se encuentran ubicados 9 organopónicos muy próximos a las vías principales de acceso a la ciudad y de fuentes fijas, tal como es el caso de las calderas de las instalaciones hospitalarias y chimeneas de otras pequeñas industrias, que emiten sus contaminantes al aire. Unido a ello está la dirección predominante del viento (E-ENE), o sea desde estas zonas más contaminadas hacia la ciudad, lo cual proporciona que los gases contaminantes y algunas de las formas particuladas puedan ser transportados a grandes distancias, causando problemas en sitios alejados de las fuentes, así las deposiciones locales sumadas a las que provienen de otras zonas, pueden llegar

a superar la capacidad de suelos, vegetación, etc.

Estos efectos pueden pasar desapercibidos por mucho tiempo hasta que se traspasa el umbral de la carga crítica y súbitamente empiezan a aparecer los síntomas de deterioro con los costos económicos y sociales derivados de ellos con posibles efectos de secado de las plantas, interferencia en la captación de energía lumínica, afectando la fotosíntesis y pudiendo producir manchas rojizas y negruzcas, porque facilitan el desarrollo de microorganismos, disminuyendo así la producción de los cultivos desarrollados en estas áreas.

CONCLUSIONES

1.El estudio aportó como resultado la caracterización de las tres zonas más contaminadas de la ciudad, las cuales son: la hospitalaria, el centro de la ciudad y la zona del ferrocarril.

2.Se apreció una estrecha relación entre las características de las zonas de menor calidad del aire y las variables climáticas analizadas.En la zona hospitalaria, donde se ubican fuentes fijas y vías principales de comunicación de la ciudad, existe una pésima calidad del aire de fondo.

3.Se determinó que en la ubicación de los organopónicos en la trama urbana no se tienen en cuenta las características del entorno construido, ni las características climáticas ambientales que pudieran contribuir con el desarrollo y calidad de los cultivos agrícolas urbanos.

BIBLIOGRAFÍA

1.AIR QUALITY INDEX (AQI). Centro de Información y Gestión Tecnológica, CIGET, Villa Clara, Cuba, 2001. sitio: www.epa.gov/airnow.htm.

2.CASTILLO CARO, C.: Elementos de Contaminación Atmosférica. El Dióxido de Azufre y sus Efectos sobre las Plantas, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2004. <http://>

cabierta.uchile.cl/revista/28/articulos/pdf/edu1.pdf

3. COMPANIONI, N.; YANET OJEDA; E. PÁEZ Y CATHERINE MURPHY: La Agricultura Urbana en Cuba. Transformando el campo cubano. Avances de la Agricultura sostenible pp 93-108, 2001.

4. DÍAZ, R. Y A DÍAZ: "Programa de mejoramiento de la calidad del aire en Cuba," RESUMED ;12(3):151-6, Ministerio de Salud Pública, Área de Higiene y Epidemiología, 1999.

5. LIBRO DE LA TIERRA, Edición Electrónica. Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente, sitio www.tecnun.es/asignaturas/ecologia/hipertexto/00General/IndiceGral.html Consultado: Enero, 2007.

6. MARTINEZ, R. ET AL.: Informe Final Proyecto Internacional "Índice de calidad del aire de la ciudad de Santa Clara", 2001.

7. MARTÍN, E. ET AL.: Informe Final Proyecto Territorial "Caracterización de los procesos de sequía para las cuencas de Sagua la Grande y Sagua la Chica", 2006.

8. NC 111/2004. CALIDAD DEL AIRE-Reglas para la vigilancia de la calidad del aire en asentamientos humanos.

9. NC 39/1999. CALIDAD DE AIRE. Requisitos higiénico-sanitarios. Modificativa de la NC 93-02-202:1987. Requisitos higiénico sanitarios: Concentraciones máximas admisibles, alturas mínimas de expulsión y zonas de protección sanitaria.

10. ORMROD, D.P.: Air pollutant interactions in mixtures. Unsworth, In M.H.; Ormrod, D.P., eds. Effects of gaseous air pollution in agriculture and horticulture. London, Butterworth Scientific, pp. 307-331, 1982.

11. SEOANEZ, M.: *Ingeniería Medioambiental Aplicada*. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España, 1997.

12. SCHWARTZ, J.: "Air Pollution and Hospital Admissions for Cardiovascular Disease in Tucson", *Epidemiol.* 8(4):371-7, 1997.

13. SOCORRAS, J. ET AL.: Estudio de la Climatología de la dirección y velocidad del viento para la estación Agrometeorológica del Yabú, Villa Clara, 2006.

Recibido: 21 /Febrero /2007

Aceptado: 11/Julio/2007