

EMISIÓN DE DIOXIDO DE AZUFRE POR LAS PRINCIPALES FUENTES FIJAS EN EL MUNICIPIO SANTIAGO DE CUBA.

*Autor: Lic. Caridad Imbert Lamorú.
Colaboradora: Lisandra Zapata Despaigne.*

Centro Meteorológico Provincial Santiago de Cuba. Santiago de Cuba. Cuba.
Teléfonos: 641656, 644400, 643357. E-mail: caridad.imbert@scu.insmet.cu.

RESUMEN

Se analizan las principales fuentes fijas emisoras a la atmósfera de dióxido de azufre por el uso de combustible fósiles en el municipio Santiago de Cuba. Las muestras fueron agrupadas por OACES y emisiones relacionándolas con el comportamiento de las variables meteorológicas. Se concluye que la emisión masiva de gases a la atmósfera, su origen se remonta a la Revolución Industrial, se concluye además que el mayor aporte de dióxido de azufre en la ciudad de Santiago de Cuba está determinado por las diferentes industrias que se encuentran en el litoral de la bahía y que su efecto de Contaminación Atmosférica depende del contenido de azufre (calidad), de la cantidad de emisiones, tiempo de exposición y del comportamiento las variables meteorológicas.

Palabras claves: Organismos de la Administración Central del Estado (OACES).

ABSTRACT

We analyze the main fixed sources emitted to the atmosphere of sulfur dioxide by the use of fossil fuels in the municipality of Santiago de Cuba. The samples were grouped by OACES and emissions related to the behavior of the meteorological variables. It is concluded that the mass emission of gases to the atmosphere, its origin goes back to the Industrial Revolution, it is concluded that the largest contribution of sulfur dioxide in the city of Santiago de Cuba is determined by the different industries that are in the and that their effect of Atmospheric Pollution depends on the sulfur content (quality), the amount of emissions, exposure time and the behavior of the meteorological variables.

Key words: Organizations of the Central State Administration (OACES).

INTRODUCCIÓN

La solución de los problemas medio ambientales constituye un paso fundamental para el desarrollo de la vida con sentido de sostenibilidad. La satisfacción de tal aspiración es condicionada por la preservación de una atmósfera limpia.

Los estudios relacionados con la contaminación atmosférica presentan tres niveles atendiendo a su escala espacial y temporal. El nivel global que responde a la escala planetaria con efectos temporales de prolongada manifestación como las emisiones de gases de efecto invernadero y el recalentamiento global. El nivel regional que responde a las características continentales o de grandes zonas rurales y marinas con manifestaciones de efectos temporales de semanas y meses como son los procesos de acidificación de la atmósfera. Por último, el nivel local está relacionado con asentamientos urbanos o industriales con efectos inmediatos de la contaminación atmosférica sobre la salud humana y los ecosistemas.

El **dióxido de azufre**, u óxido de azufre (IV), es un óxido cuya fórmula molecular es SO_2 . Es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Se trata de una sustancia reductora que, con el tiempo, el contacto con el aire y la humedad, se convierte en trióxido de azufre. La velocidad de esta reacción en condiciones normales es baja. El dióxido de azufre es el principal causante de la lluvia ácida transformándose en la atmósfera en ácido sulfúrico. Es liberado en muchos procesos

de combustión que como el carbón, el petróleo, el diésel o el gas natural contienen ciertas cantidades de compuestos azufrados.

El SO₂ al combinarse en la atmósfera es muy perjudicial para la salud, produciendo afecciones respiratorias y en la mucosa ocular, altamente corrosivo, puede depositarse sobre la vegetación y el suelo, produciendo lesiones en las hojas de las plantas y pérdida de nutrientes en los suelos por efectos de la lixiviación.

La importancia del este gas (SO₂) viene dada de su papel como precursor de Gases de Efecto Invernadero, emitido a la atmósfera de forma directa.

El presente trabajo tiene como objetivo abordar la problemática de la emisión del dióxido de azufre de Santiago de Cuba tomando como punto de partida las principales fuentes fijas de emisión a nivel local.

Las principales fuentes de Emisión de contaminación atmosférica en la ciudad tienen su origen en los procesos industriales que implican combustión del carbón que contiene azufre, tanto las industrias como los automóviles que generan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre. Existen otras industrias que emiten gases en sus procesos productivos, amoníaco material particulado no relacionado con la combustión completa, reduciendo la visibilidad y emitiendo olores desagradables a la atmósfera.

En los finales del 90 del siglo pasado y principio de este siglo (Cuesta et al., 1999; 2000; 2001), se realizaron estudios de evaluación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes atmosféricos de algunas de las principales fuentes contaminantes del aire de la ciudad de Santiago de Cuba y su comportamiento con algunas variables meteorológicas, obteniendo como resultado una elevada contaminación de aire de origen industrial por el uso de una tecnología obsoleta y un combustible con un alto contenido de azufre, mal ordenamiento urbanístico, topografía y comportamiento de variables meteorológicas que favorecen a la dispersión difícil de sus contaminantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la preparación del inventario a escala local se empleó lo establecido en la NC 242:2005. Luego se procedió a trabajar con el Inventario de las Principales fuentes fijas Contaminantes a la Atmósfera del municipio Santiago de Cuba. Se trabajó con las informaciones captadas en cada una de las fuentes teniendo en cuenta los siguientes aspectos: Fuentes que emplean en sus procesos combustibles fósiles, tipo de combustible y algunos casos de fuentes emisoras de polvo.

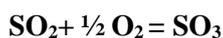
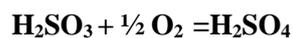
Se procedió al cálculo de los valores de las emisiones de los contaminantes de dióxido de azufre (kilogramo por año) tomando como referencia el método de Factores de Emisión de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) AP-42 del año 1995. Los resultados obtenidos se asentaron en tabla y figuras, discutiéndose posteriormente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mayores concentraciones de Emisiones de dióxido de azufre en el municipio Santiago de Cuba tienen su origen en las fuentes fijas Refinería Hnos Díaz, fábrica de Cereales Frank País, fábrica de Asbestos Cemento, termoeléctrica Rente Antonio Maceo, Grupo de Generación Distribuida Antonio Maceo y otras ubicadas principalmente en litoral de la bahía en una costa orientada de oeste a este. El SO₂ gaseoso se forma cuando los combustibles fósiles arden y los minerales que contienen azufre se funden.

En la atmósfera la oxidación del dióxido de azufre se realiza mediante diversas reacciones químicas. Las más importantes se producen en solución y en finas películas acuosa o por reacción fotolítica de radiación solar.





El dióxido de azufre emitido por las chimeneas de las industrias permanece escaso tiempo en la atmósfera por su alta higroscopicidad, reaccionando con el agua formando el ácido sulfúrico, manteniéndose en la atmósfera en forma de aerosol más o menos concentrado.

Estudios climatológicos realizados por Departamento de Clima del Centro Meteorológico de Santiago de Cuba, demuestran que el viento predominante en la ciudad tiene lugar en los cuadrantes I y II con una mayor probabilidad entre el N y NE y componente S, con una velocidad no superior de los 10,8 Km/h y calmas, caracterizados por brisas y terrales influenciados por la orografía de la región. La humedad relativa media anual de un 72%, y una temperatura media anual de 26.6°C.

Teniendo en cuenta el comportamiento de estas variables podemos entender que la formación de ácido sulfúrico a partir del dióxido de azufre se ve extremadamente condicionada por la humedad del aire, aumentando las concentraciones de ácido sulfúrico. Así por ejemplo la quema de 1,5% de azufre libera 0.6 kg de ácido sulfúrico concentrado en una atmósfera de una humedad relativa de 50% aumentando este valor 4,5 kg bajo humedades relativas de un 98% (Winkler, 1973). Otro aspecto sobre la contribución de los efectos de la humedad relativa se observa en el aumento de las concentraciones de las partículas en suspensión emitidas en las cercanías de sus focos de expulsiones ocurriendo la deposición seca que suele ser muy dañina.

La temperatura, velocidad de salida de los contaminantes y la altura de sus chimeneas así como el tamaño de las partículas son factores determinantes también del transporte de estas.

Los vientos imperantes condicionan a la formación y difícil dispersión de los contaminantes de la región dado a su comportamiento (débiles y predominio de calmas), la temperatura media anual favorece a los procesos de difusión de los aerosoles aumentando velocidad de reacciones químicas en el medio atmosférico. La orografía y la mala distribución urbanística así como el empleo de la tecnología obsoleta ocasionan también sus impactos negativos sobre el Medio Ambiente Atmosférico.

El aporte de contaminantes a la atmósfera por la emisión de fuentes móviles (transporte automotor) en la ciudad también tiene su repercusión en el aumento de las concentraciones de gases y polvo por los efectos de la combustión incompleta, uso de combustible con alto contenido de azufre, tecnología deficiente.

En la (Tabla 1) se presentan las emisiones de dióxido de azufre a la atmósfera (Kg/año), de las principales fuentes fijas contaminantes atmosféricos por OACES del municipio Santiago de Cuba, ocasionando impactos negativos sobre el ecosistema la salud humana y los materiales.

Las Emisiones de dióxido de azufre mayores resultaron del MINEM y del MICONS, para el caso MINEM sus fuentes de emisiones se encuentran ubicadas en el litoral de la bahía, termoeléctrica Antonio Maceo, junto a un grupo de generación de 6 baterías. Otro de los grupos que se encuentra en el litoral, es el Héctor Pavón, con 8 baterías. Los demás se encuentran uno al Este de la ciudad y el otro en la zona industrial ambos con 8 baterías. Para el caso del MICONS aportan los más altos valores la fábrica de asfalto Aguadores que emplea en su proceso tecnológico combustible Fuel-oil y Diésel (Gas-oil).

Tabla 1. Emisiones de SO₂ por organismos de las principales fuentes fijas de los contaminantes atmosféricos del Municipio Santiago de Cuba 2017 en Kg/año.

No.	OACES	SO ₂
-----	-------	-----------------

1	MINSAP	155 383,05
2	MINEM	2956474,92
3	MICONS	3495510,99
4	MINAL	289967,25
5	MINDUST	3769,13
6	OLPP	1443.07
7	BOIFARM	46128,7
8	MINIL	45281,65
9	MINED	7652,45
10	MINTUR	4282,99

***OACES . Organismos de la Administracion Central del Estado .**

La (Figura 1) representa el consumo de Combustible por cada uno de los sectores que emplean en sus procesos combustible fósil Fuel-Oil .como se aprecia la barra el mayor consumo corresponde al MINEM .

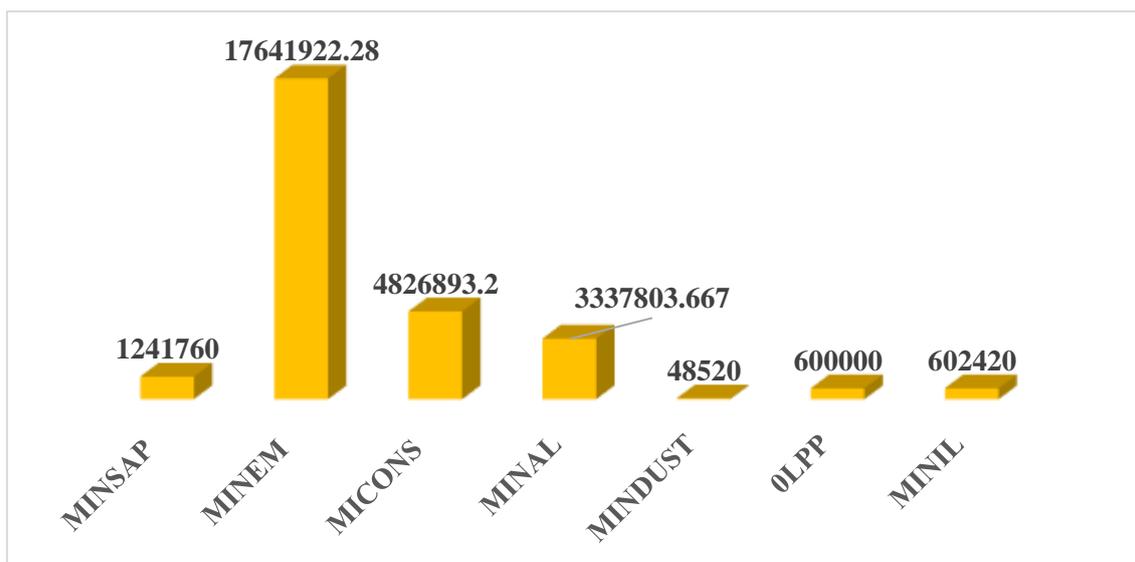


Figura 1. Consumo de combustible Fue- oíl por organismo, 2017.

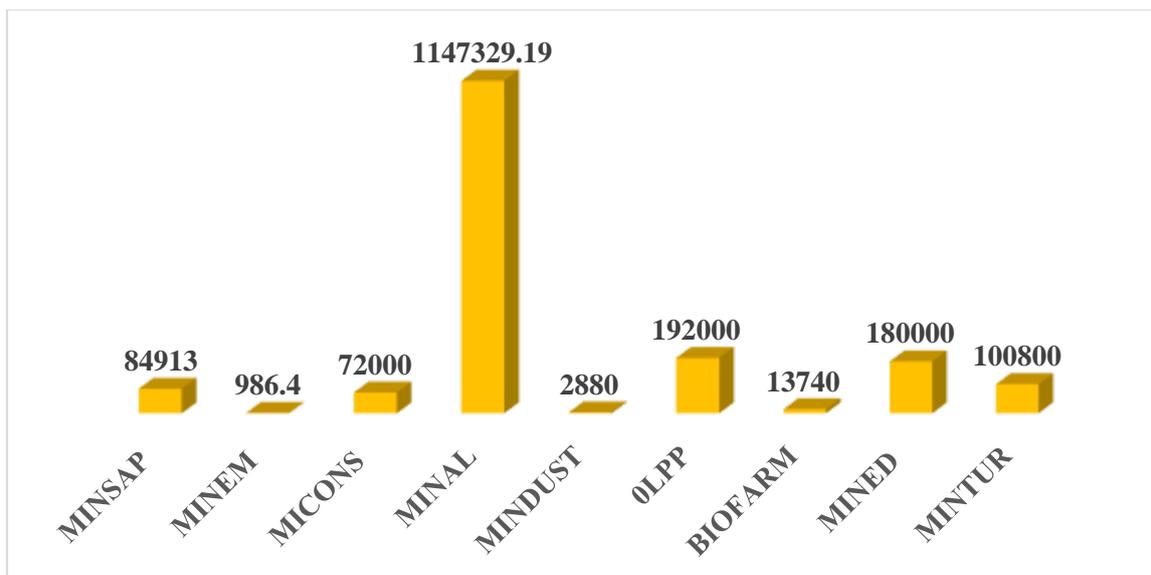


Figura 2. Consumo de combustible Diésel (GAS OIL) por organismo, 2017.

En la (Figura 2) se expone el consumo de Combustible de las OACES que utilizan en sus industrias como combustible el Diesel. Apreciándose que es el MINAL el máximo consumidor. Estas industrias no solo se encuentran en las cercanías del litoral sino que se encuentran dispersas en casi toda la ciudad.

Hay que destacar que mayoritariamente estas industrias emplean en sus procesos industriales combustible fósil fuel-oil impactando aún más el medio atmosférico por ser un combustible pesado con un contenido de azufre más alto que el diésel.

El fuel-oíles clasificado, de acuerdo a su punto de ebullición, su composición y su uso. El punto de ebullición, varía de los 175 a los 600 °C; la longitud de la cadena de carbono, de 9 a 70 átomos; y la viscosidad aumentan con el número de carbonos de la molécula, por ello los más pesados deben calentarse más para que fluyan. El precio generalmente decrece a medida que el número de carbono aumenta.

Vale decir que el uso de fuel-oil pesado aumenta las emisiones de hollín a la atmósfera nótese que el uso de este predomina en los hornos y calderas de cada una de estas industrias.

En sentido general ninguna de estas industrias posee los certificados de calidad del combustible empleado en el proceso tecnológico, a pesar de existir certificaciones de calidad y normas de calidad.

En la (Figura 3) Se destacan las chimeneas en el horario de la 6:30 a.m. de las fuentes fijas de Emisiones de polvo y de dióxido de azufre, de izquierda a derecha la fábrica de Cereales, fábrica de Cemento, Rente, y la Refinería. Se puede observar como la emisión de la chimenea de Rente, expulsa sus emisiones hacia los asentamientos poblacionales Altamira, Van Van, Versalles ubicados al este de la bahía de Santiago.



Figura 3. Foto sobre algunas de las Principales Fuentes Contaminantes ubicadas en la bahía de Santiago de Cuba, 10 mayo 2017.hora 6:30 a.m.

Existen en la atmósfera agentes neutralizantes , importantes en la generación de ácidos a la bahía Santiago de Cuba , ejemplo tenemos de polvo de las industrias de Cereales, la Cantera Los Guaos (Figuras 3, 4) la fábrica de Asbestos Cemento , la Torrefactora de Café y otras que emiten a la atmósfera polvo en suspensión que al combinarse con el ácido sulfúrico dan lugar a la formación de sulfato de calcio (Ca SO_4), sulfato de calcio dihidratado ($\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) además existen otras emisiones como son las de los aerosoles marinos (fuente natural el mar) que al reaccionar con las emisiones de polvo dan lugar a la formación de sales que disminuyen la acidez del medio , incluso hasta hacerlos neutros.

La (Figura 4) Representa a la Cantera los Guaos ubicada a unos 3 kilómetros de la bahía Santiago y a menos de 200 metros de los asentamientos humanos. Las montañas ubicadas a su alrededor producen un efecto de apantallamiento a sus emisiones de polvo reforzando su impacto, por el tiempo de exposición, el tamaño de las partículas y por el comportamiento de las variables. Debe señalarse que, es significativo la disminución de partículas de la fábrica de Cemento porque hoy su materia prima (Clinker) es importado.

Estas industrias a pesar de no ser emisora de óxido de azufre son necesario su análisis por su efecto neutralizante ante las emisiones de óxidos de azufre, analizado en este acápite.

Vale destacar que la provincia de Santiago de Cuba se encuentra afectada por los efectos de sequía, reforzando las contribuciones de los efectos de la contaminación por polvo, debido a la pobre incidencias de lluvias que es un lavado de la atmósfera.



Figura 4. Foto Cantera Los Guaos, una de las principales fuente emisora de material particulado ubicado a unos 3 kilómetros de la bahía Santiago de Cuba,10 mayo 2017.hora 6:30 a.m.

La (Figura 5) representa las industrias explicadas en la (Figura 1.) pero su horario varía 6:00p.m, en las chimeneas se observa cambio de la dirección de las emisiones fundamentalmente en la chimenea del horno de la Refinería y Rente dirigidas sus expulsiones hacia el oeste afectando directamente a los núcleos poblacionales del Distrito, José Martí, San Pedrito y Marimon.

La (Figura 6) muestra la opacidad producida por las **Emisiones industriales** ya sea por la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, diésel, gasolinas) para realizar los diferentes procesos; por la emisión de productos o desechos químicos volátiles (ácidos, solventes, catalizadores) y; la modificación de las condiciones ambientales (calor y liberación de partículas inertes que modifican la visibilidad y la penetración de la luz) .Las nubes de partículas pueden permanecer en la atmósfera y ser transportadas dependiendo de su tamaño permaneciendo suspendidas en la atmósfera desde uno o dos días, las de 10 micrómetros o más, hasta varios días o semanas. El polvo suele ser un problema de interés local, mientras que los aerosoles pueden ser transportados a largas distancias. El predominio de este efecto se agudiza en el litoral en las primeras horas de la mañana y la noche.



Figura 5. Foto De Fuentes Contaminantes ubicadas en la bahía de Santiago de Cuba, 10 mayo 2017.hora 6:00p.m.

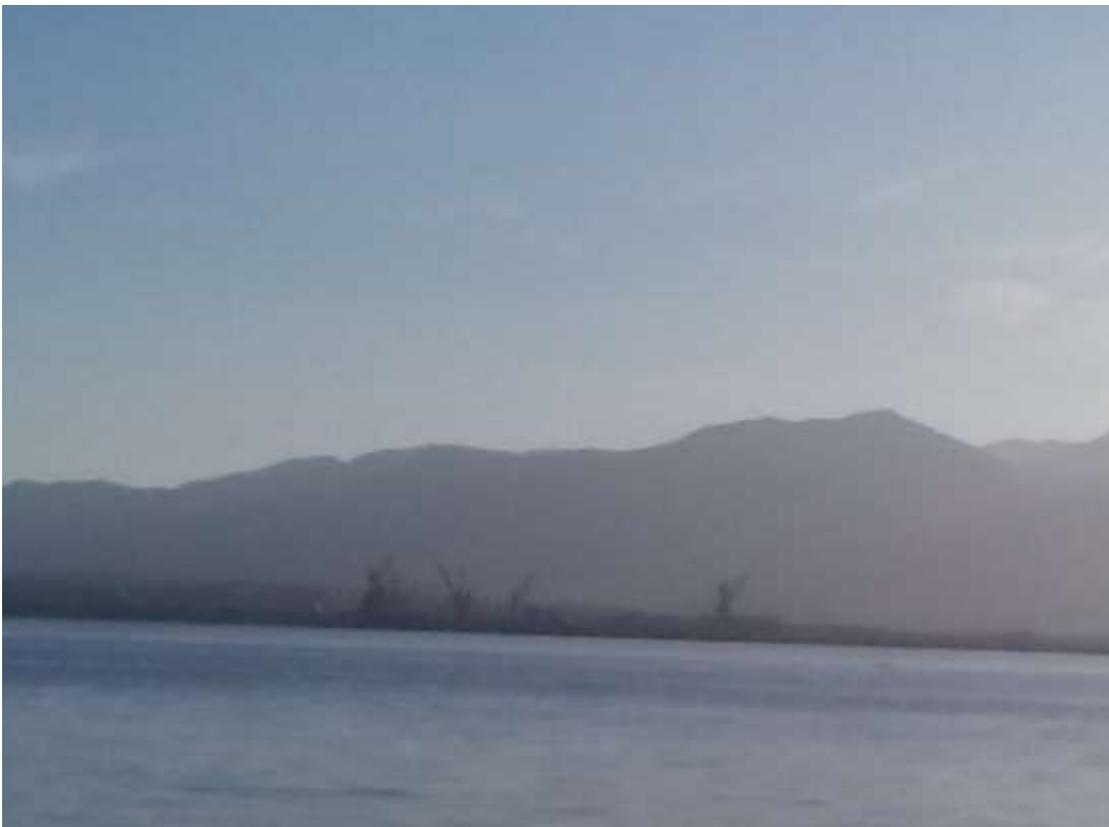


Figura 6. Acumulación de contaminantes, 10 de mayo 2017 hora: 6:00 p.m.

CONCLUSIONES

- De las muestras analizadas del municipio Santiago de Cuba el mayor aporte de dióxido de azufre está dado por las fuentes ubicadas en el litoral de la bahía.
- El incremento masivo de emisión del anhídrido sulfuroso presente en la atmósfera se remonta su origen a la Revolución Industrial por el empleo de combustible fósiles.
- El comportamiento de Contaminación Atmosférica por óxido de azufre depende del contenido de azufre (calidad), de la cantidad de emisiones, presencia de material particulado tiempo de exposición y del comportamiento las variables meteorológicas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la aplicación de desulfuración en las industrias que emplean en sus procesos combustibles fósiles por su eficacia en la reducción de este tipo de Emisión (SO₂), logrando su disminución desde un 85% - 95%, con la ventaja además de que puede ser aplicado a industrias en funcionamiento.
- Sería recomendable, trazar acciones en el país dirigidas al mejoramiento de la calidad del aire. Basados en la sustitución de combustible fósiles por energía renovable y la aplicación de una tecnología sobre la base de mejoras tecnológica.
- Se recomienda el aumento de la altura de la chimenea para ayudar dispersión de contaminantes
- Se recomienda un reordenamiento territorial que conlleve a una mejor distribución de las fuentes y los asentamientos urbanos.

REFERENCIAS

Cuesta, O. et al, (2012) Diagnóstico del Medio Ambiente Atmosférico Producto de las Principales Fuentes Fijas de la ciudad de la Habana.

http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_atmosf%C3%A9rica

https://www.ecured.cu/Fuel_Oil

López, C. et al, (1990). Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero

López, C. et al, (1998). La Deposición Acida Atmosférica y su Contribución al Riesgo de los Ecosistemas Terrestres. Instituto de Meteorología, Cuba.41pp