



Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci). EISSN: 2215-3896.

1996. Vol 12(1): 47-53.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.12-1.6>

URL: www.revistas.una.ac.cr/ambientales

EMAIL: revista.ambientales@una.cr

Oswaldo Cuesta Santos Arnaldo Collazo Aranda

Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



Algunas características de la deposición del nitrógeno atmosférico en Cuba

Some characteristics of atmospheric nitrogen deposition in Cuba

Oswaldo Cuesta Santos, María González González, Arnaldo Collazo Aranda



Los artículos publicados se distribuyen bajo una Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra.

ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LA DEPOSICION DEL NITROGENO ATMOSFERICO EN CUBA

Oswaldo Cuesta Santos, María González González y
Arnaldo Collazo Aranda

Resumen

El estudio del ciclo atmosférico del nitrógeno tiene gran importancia por el papel que desempeñan los diferentes compuestos que lo conforman sobre la contaminación y la química atmosférica. Estos contaminantes tienen la capacidad de afectar la salud humana, diversos ecosistemas terrestres y acuáticos y al clima.

El presente trabajo incluye la deposición del NO_2 que es absorbida por la superficie y del nitrato y el amonio en las partículas sedimentables y en la lluvia, en el período 1986-1991, en varias estaciones a lo largo de la isla de Cuba.

Abstract

The study of the nitrogen atmospheric cycle is of great importance because its different compounds play an essential role on pollution and atmospheric chemistry. These substances can affect human health, diverse terrestrial and aquatic ecosystems, as well as the climate.

In the present paper, the deposition trends of NO_2 , nitrates and ammonia in particles and rainfall are present from 1986 to 1991, at six meteorological stations along the isle of Cuba.

Introducción

Cada día surgen nuevas pruebas que demuestran que la deposición ácida causa problemas al ambiente. La nocividad de la deposición ácida, como son los compuestos oxidados del nitrógeno (NO_x , HNO_3 y NO_3^-), es cada vez más evidente en los ecosistemas terrestres y acuáticos; los iones hidrógeno desplazan a los iones metálicos necesarios para la nutrición y el metabolismo de las plantas y para la fertilidad de los suelos. La deposición ácida tiene el poder potencial, según su intensidad, de interrumpir el ciclo mineral sobre el cual descansa en parte la producción agrícola y forestal. La deposición ácida puede causar sobre la vegetación manchas necróticas en las hojas y el follaje y afecta su crecimiento y actividad fotosintética (Cuesta, 1993).

La deposición ácida acelera la corrosión de la mayoría de los materiales utilizados en la construcción de edificios (UNESCO, 1985; Graedel y McGill, 1986; Cuesta, 1992) y puede dañar gravemente monumentos antiguos, edificios históricos como esculturas y objetos culturales (Rodhe y Herrera, 1988; Cuesta, *et al.*, 1993).

En las regiones de las latitudes medias,

donde la emisión antropogénica domina los ciclos de sustancias como el nitrógeno y el azufre, la deposición seca y húmeda son de importancia comparable. Cerca de las fuentes donde las concentraciones de contaminantes es alta, la deposición seca es relativamente más importante; pero la deposición húmeda cobra progresivamente importancia al alejarse de la fuente (W.M.O., 1982).

El presente trabajo aborda la deposición de los principales compuestos del nitrógeno atmosféricos como son la porción del NO_2 que se absorbe por la superficie terrestre según su velocidad de deposición (Mezzaros, 1981), las partículas sedimentables por gravedad del nitrato y el amonio y la parte de las mismas lavadas por la lluvia. El período de mediciones va de 1986 a 1991, utilizando varias estaciones a lo largo de la isla de Cuba.

Materiales y Métodos

Para elaborar el presente trabajo se tomaron los datos de las Estaciones Principales de la Red de Control de la Contaminación Atmosférica del Instituto de Meteorología de la Academia de Ciencias de Cuba (Tabla 1), la cual se guía en lo fundamental por las metodologías recomendadas por la Organización Meteorológica Mundial para el muestreo y análisis químico de estos compuestos a nivel regional. De las estaciones estudiadas, tres tienen características rurales (La Palma, Colón y Falla) y dos tienen cierta influencia urbana (Casablanca y Santiago de Cuba).

Para el cálculo de los flujos de la deposición seca y húmeda del nitrógeno atmosférico se procedió a la conversión de las concentraciones expresadas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 , NO_3^- y NH_4^+ en sus equivalentes de N. Para hallar las concentraciones en la lluvia (expresadas en mg/L) también se realizó esta conversión.

Para los flujos de deposición seca, dada las deficiencias reconocidas para los métodos de muestreo existentes, se procedió a su cálculo mediante la velocidad de deposición (Garland, 1979; Mezzaros, 1981; W.M.O., 1991a) y las concentraciones obtenidas del muestreo. Los valores utilizados fueron las medias aritméticas mensuales de los elementos estudiados. Para los flujos de la deposición húmeda se utilizaron

concentraciones medias pesadas para cada año (a partir de las muestras sumarias mensuales) y la cantidad de lluvia. En ambas los flujos de deposición se expresaron en $\text{gm}^2\text{año}^{-1}$.

Discusión de los resultados

Los valores de la deposición total (seca y húmeda) de los principales compuestos del nitrógeno, en las diversas estaciones estudiadas, aparecen reflejadas en la Figura 1. Los valores expresados en $\text{gm}^2 \text{año}^{-1}$ muestran que las estaciones Casablanca y Santiago de Cuba presentan los valores más altos, sobre todo Casablanca. Estos valores son semejantes a los reportados en gran parte de Europa (N.N.U.U., 1991), donde los valores oscilan entre 1 y 2 $\text{gm}^2 \text{año}^{-1}$, excepto en los grandes centros urbanos e industriales, donde la deposición en Europa es significativamente mayor.

Los valores en las estaciones estudiadas oscilan desde el mínimo de 0.706 $\text{gm}^2 \text{año}^{-1}$ registrado en Santiago de Cuba en 1989 (un año muy seco en la región oriental), hasta un valor máximo de 3.317 $\text{gm}^2 \text{año}^{-1}$ en ese mismo año en Casablanca, con concentraciones significativamente altas de nitrato y amonio en la lluvia. Este máximo también coincide con la marcha creciente de la economía cubana (Pons, 1988) hasta 1989 y la generación creciente de contaminantes derivados de la industria y el transporte.

En base global, aproximadamente el 50% de las especies de nitrógeno emitidas hacia la atmósfera son depositados hacia la superficie de la tierra por precipitaciones (W.M.O., 1991b). La importancia relativa de la remoción seca y húmeda, por ejemplo, de los compuestos de nitrógeno y azufre, depende de muchos factores como son el clima y las características de la superficie. Por ejemplo, en áreas tropicales húmedas donde las lluvias intensas son de mucha frecuencia, la remoción húmeda es relativamente más importante que la remoción seca. Por otro lado, en las áreas desérticas de poca lluvia, la remoción húmeda es insignificante (Garland, 1979; W.M.O., 1982).

En Cuba, según las estaciones estudiadas, la deposición húmeda del nitrógeno representa aproximadamente el 60%, oscilando entre el 51 y 66%; por otro lado, la remoción seca es el 40% del

Tabla 1. Características de la red de estaciones principales para el muestre de los compuestos de nitrógeno

Cod.	Nombre	Latitud N	Longitud W	Altura mmm (m)	Clasificación	distancia costa Km.	pH suelo	Viento Pred.	Fuentes principales
316	La Palma	22° 46'	83° 33'	4.75e+17	Rural	6.02e+13	5,1	NE	Microbacteriana y quema biomasa
325	Casablanca	23° 10'	82° 21'		Costera con inf. urbana		5,6-6,0	NE	Industrial y residencial
-	Centro Habana	23° 06'	82° 23'		Urbana			NE	Transporte automotor e ind.
332	Colón	22° 41'	80° 45'		Rural		6,05	NE	Microbacteriana quema biomasa y orina animal
347	Falla	22° 06'	78° 37'		Rural		6,5	E	Quema biomasa y microbacteriana
364	Stgo. de Cuba	20° 03'	75° 49'		Urbano residencial		4,6-5,0	S	Transporte automotor ind. y microbacteriana

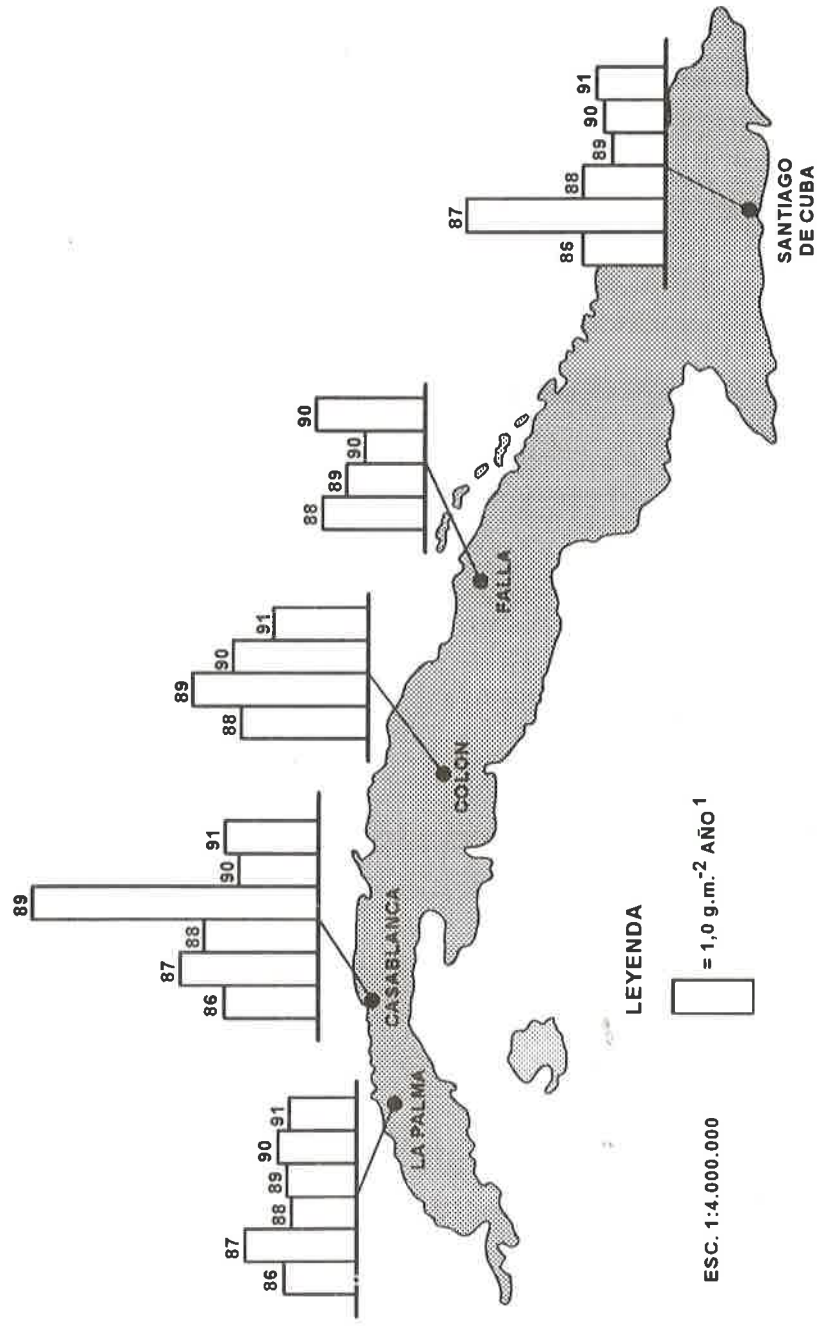


Figura 1. Deposition total (seca y húmeda) del Nitrógeno de los compuestos analizados. Los dos números encima de las barras indican los diferentes años considerados en este estudio

total, con un rango de 34 a 40%. Por lo tanto, para nuestra región la deposición húmeda es significativa y depende de las características del clima tropical lluvioso existente.

Se estima que el 60% de las formas oxidadas de nitrógeno (NO_3^- , HNO_3 , Nox) entran a los océanos por deposición húmeda de nitrato y ácido nítrico. El mayor flujo aire - mar de nitrógeno oxidado se ha señalado que ocurre en el Atlántico Norte, reflejando el impacto de fuentes antrópicas de América del Norte, Europa y Africa (W.M.O., 1991c; López et al., 1992), mientras que las formas reducidas de nitrógeno (principalmente NH_4^+ y NH_3) contribuyen cerca del 40% del flujo total de N a los océanos desde la atmósfera (Gabally y Johanson, 1989).

Los valores hallados para Cuba en la remoción húmeda y seca de las principales especies del nitrógeno oxidado muestran que el mismo representa como promedio el 40%. Siendo mayor en las estaciones con mayor influencia antropogénica (Casablanca y Santiago de Cuba). La Palma, entre las estaciones rurales, es la que recibe la mayor contribución de nitrato vía la lluvia, arribuyéndose, como se mencionó anteriormente, al posible traslado desde las fuentes del continente a través de las especies del nitrógeno que fungen como reservorios del mismo.

Las estaciones de Colón y Falla son las reciben la menor contribución del nitrógeno oxidado debido a la mayor potencia de las fuentes naturales

de las especies del nitrógeno reducido. En la Fig. 2 también se muestra la contribución de cada compuesto de nitrógeno en $\text{gm}^{-2} \text{año}^{-1}$ en las estaciones estudiadas, lo cual de forma visual nos da el peso que cada elemento aporta a la deposición total anual de nitrógeno vía la atmósfera.

Para tener una idea general del aporte regional de la deposición total del nitrógeno de los compuestos considerados en Cuba, se generalizaron los valores obtenidos en la estación rural La Palma, por considerarla representativa para el nivel regional, combinando los resultados de la deposición hallada con la superficie del país. Los resultados se muestran en la Tabla 2 y se expresan en TgN año^{-1} . Los valores hallados oscilan entre 0.084 y 0.153 TgN año^{-1} y presentan gran dependencia con la cantidad de lluvia caída.

Conclusiones

En Cuba los valores de la deposición total de los principales compuestos del nitrógeno, durante el período 1986-1991, osciló desde 0.706 a 3.317 $\text{gm}^{-2} \text{año}^{-1}$. La deposición húmeda del nitrógeno representó aproximadamente el 60%, mientras la seca fue del 40%. El peso de ambas deposiciones fue influenciado por las características del clima tropical lluvioso imperante. Las formas reducidas del nitrógeno aportaron aproximadamente el 60% del total, lo cual está más acorde con la potencia de las fuentes naturales según las características tropicales del país.

Tabla 2. Deposición Total de nitrógeno para el territorio de Cuba. 1986-1991 en (Tg/año)

Proceso	Elemento	86	87	88	89	90	91
Dep. Seca	N - NO2	0,026	0,036	0,022	0,021	0,017	0,011
	N - NO3	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001
	N - NH4	0,006	0,006	0,006	0,015	0,007	0,015
Dep. Húmeda	N - NO3	0,022	0,044	0,016	0,0140	0,010	0,007
	N - NH4	0,033	0,065	0,039	0,036	0,057	0,051
Dep. Total	N	0,088	0,153	0,084	0,088	0,092	0,085

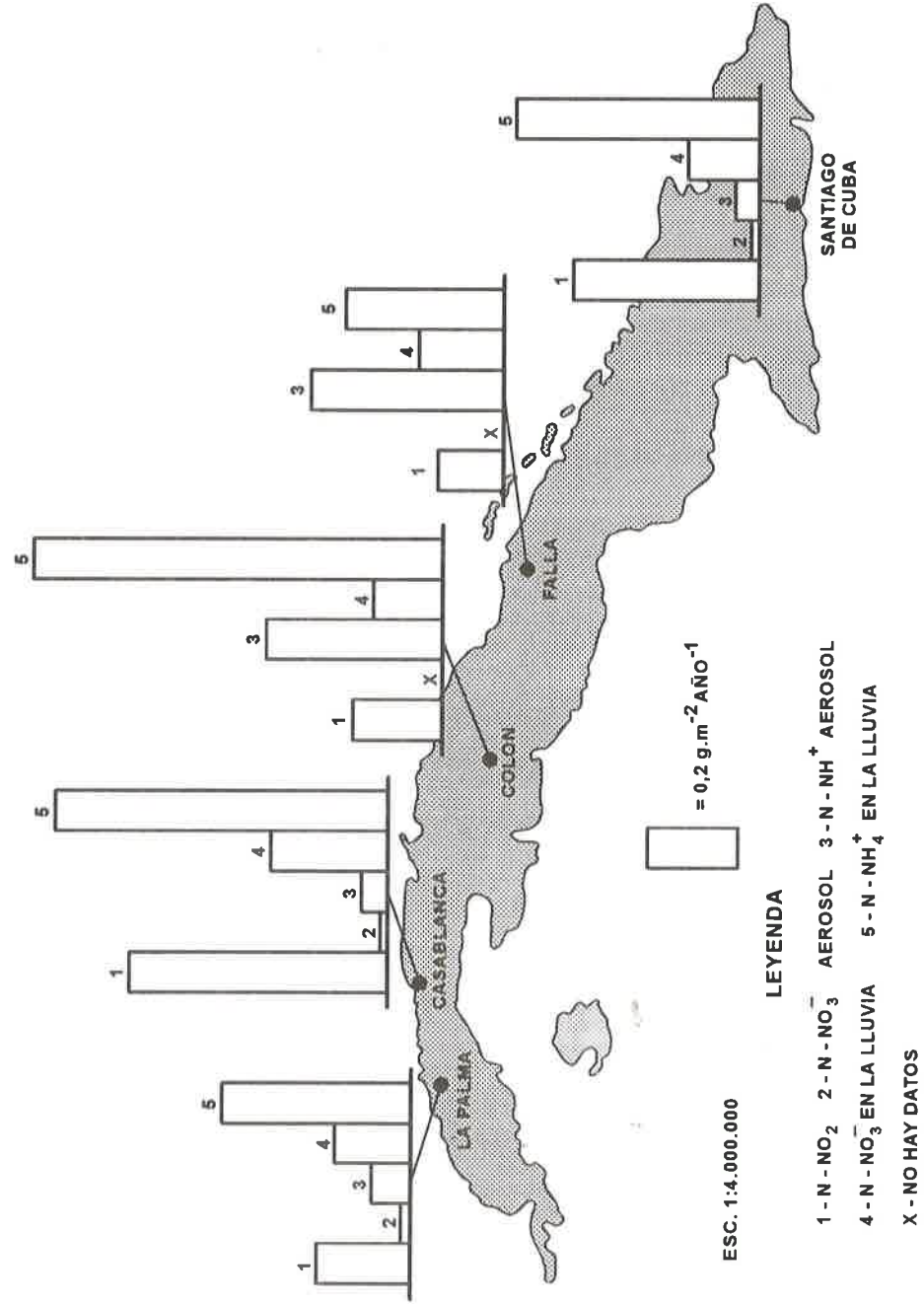


Figura 2. Deposition media anual de cada compuesto del Nitrógeno

REFERENCIAS

CUESTA, O. (1992): *Características de las concentraciones del NO₂ en Cuba y su relación con la corrosión atmosférica*. Presentado en el evento "Corrosión Atmosférica", CNIC, La Habana.

CUESTA, O; A. RODRÍGUEZ; M. GONZÁLEZ y O. ALVAREZ (1993): *Casco histórico de La Habana. Contaminación atmosférica por nitrógeno*. Presentado en el evento CENCREM, La Habana.

CUESTA, O. (1993): *Caraterización de las concentraciones de los principales compuestos del nitrógeno atmosférico en Cuba y su relación con los tipos de situaciones sinópticas*. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Geográficas, La Habana. pp. 104.

GALBALLY, I. E. AND JOHANSSON, C. (1989): "A model relating laboratory measurements of rates of nitric oxide production and field measurements of nitric oxide emission from soils". *J. Geophys. Res.*; 94:6473-6480.

GRAEDEL, Y. E.; MCGILL. R. (1986): "Degradation of materials in the atmosphere". *Environ. Sci. Technol.* 20 (11), 1093-1100.

GARLAND, J. A. (1979): "Dry depositions of gaseous pollutants". *W.M.O.* No. 538 pp. 95-103.

LÓPEZ, C. M., GONZÁLEZ, M. A. y SÁNCHEZ, P. (1992): *Evolución de los niveles global y regional de la contaminación del aire por azufre en Cuba. Repercusiones potenciales principales*. Presentado en el evento Ecología y Economía, 1992, La Habana.

MESZAROS, E. (1981): *Atmospheric chemistry, Fundamental aspect*. Ed. Akademiai Kiado, Budapest, 201 p.

NN.UU. (1991): "Assesment of long range transboundary air pollution". *Air pollution studies* No. 7. New York.

PONS, D. H. (1988): *Política energética, política económica y desarrollo*. Editora Política, La Habana. 103 pp.

RODHE, H.; HERRERA, R. (1988): "Acidification in tropical countries". *SCOPE* 36, J. Wiley and sons, Great Britain, 405 pp.

UNESCO (1985): "Las lluvias ácidas. Resumen del Informe del PNUMA. Situación del Medio Ambiente en el mundo en 1983". *El Correo de la UNESCO*, Enero, 1985.

W.M.O. (1982): "Tropospheric chemistry and air pollution. Technical note No. 176", *W.M.O.* No. 583.

W.M.O. (1991a): "Integrated background monitoring of environmental pollution in mid latitude Eurasia". *GAW* No. 72 WMO/TON, 434.

W.M.O. (1991b): "Meeting of experts on the role of clouds in the chemistry, transport, transformation and deposition of pollutants". *WMO* Report No. 17 W.M.O. No. 448 (GEMS).

W.M.O. (1991c): "The global atmosphere watch: atmospheric pollution and the seas". *Fact sheet* No. 8.

Reconocimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la auxiliar de investigación Ivonne Suárez Roseaux por el trabajo realizado en el procesamiento de la información necesaria para este trabajo.

Los autores de este escrito son investigadores del Instituto de Meteorología del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba