

## FORMALDEHÍDO EN LA ATMÓSFERA DE TRES COMUNIDADES DEL MUNICIPIO SANTA RITA, ESTADO ZULIA, VENEZUELA

HENDER URDANETA Y BLANCA MEDINA

Centro de Investigaciones Biológicas,  
Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia,  
Apartado 526, Maracaibo 4001-A, Estado Zulia, Venezuela

**RESUMEN.-** Dada la importancia del formaldehído (HCHO) en la química atmosférica y en los efectos que puede causar sobre la salud humana, se ofrece una evaluación de su concentración ( $\bar{x} = 0.29 \mu\text{g/g}$ , rango = 0.21-0.41) en la atmósfera de tres comunidades del Municipio Santa Rita, Costa Oriental del Lago de Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela, el cual es el primer estudio de HCHO que se realiza en el occidente del país. La concentración de HCHO fue determinada por análisis espectrométrico (método de Nash), del agua de lluvia colectada en las épocas de lluvia Octubre-Diciembre 1994 y Mayo-Julio 1995. La concentración de HCHO fue mayor en Santa Rita, tanto por evento de lluvia (0.41  $\mu\text{g/g}$ ) como en promedio pesado en volumen (PPV) (0.34  $\mu\text{g/g}$ ). La concentración de HCHO fue menor a la detectada en el agua de lluvia de otras zonas de Venezuela y del mundo con atmósferas altamente contaminadas pero mayor a la de atmósferas consideradas limpias. *Recibido: 27 Mayo 1996, Aceptado: 30 Enero 1997.*

*Palabras claves:* Formaldehído, atmósfera, lluvia, contaminación atmosférica, Municipio Santa Rita, Santa Rita, Punta Iguana, El Rocío, Estado Zulia, Venezuela.

## ATMOSPHERIC FORMALDEHYDE IN THREE COMMUNITIES OF SANTA RITA MUNICIPALITY, ZULIA STATE, VENEZUELA

**ABSTRACT.-** Due to the importance of formaldehyde (HCHO) in atmospheric chemistry and its effects on human

health, we evaluated atmospheric concentrations ( $\bar{x} = 0.29 \mu\text{g/g}$ , rango = 0.21-0.41) of this compound in three communities of Santa Rita Municipality, on the Eastern Coast of Lake Maracaibo, Zulia State, Venezuela; and represents the first study of HCHO in western Venezuela. HCHO concentrations were determined by spectrometric analysis (Nash method), from rain water collected during the rainy season (October-December 1994 and May-July 1995). The results showed higher concentrations of HCHO in Santa Rita per rainfall event (0.41  $\mu\text{g/g}$ ) as well as for mean weight in volume (VWMC) (0.34  $\mu\text{g/g}$ ). The HCHO concentration was less than that detected in rain water of other areas of Venezuela and the world with highly contaminated atmospheres, but higher compared to atmospheres considered clean. *Received: 27 May 1996, Accepted: 30 January 1997.*

*Key words:* Formaldehyde, atmosphere, rain water, atmospheric contamination, Santa Rita Municipality, Santa Rita, Punta Iguana, El Rocío, Zulia State, Venezuela.

### INTRODUCCIÓN

El formaldehído (HCHO) es importante en la química atmosférica, participa en la formación de radicales, aumentando la reactividad de la atmósfera, y en el smog fotoquímico en áreas contaminadas (Báez *et al.* 1993, Zhang *et al.* 1994); además es precursor en la acidez orgánica del agua de lluvia, principalmente, en áreas con poca influencia antropogénica (Chameides y Davis 1983, Sanhueza *et al.* 1991).

La concentración de HCHO atmosférico en varias partes del mundo se ha detectado mediante el análisis de gases, agua de lluvia y partículas suspendidas (Lowe y Schmidt 1983, Johnson y Dawson 1990, Báez *et al.* 1993). En Venezuela sólo se ha utilizado agua de lluvia para evaluar HCHO en la atmósfera de Caracas, Distrito Federal (área urbana); Oricao, Distrito Federal (área costera); Altos de Pipe, Estado Miranda (área semiurbana); y La Paragua, Estado Bolívar (área rural) (Ferrer 1987, Sanhueza *et al.* 1991).

La presente contribución ofrece una evaluación del HCHO en la atmósfera de tres comunidades costeras del Lago de Maracaibo

mediante análisis de agua de lluvia, utilizando el método Nash (1953), representando el primer estudio de HCHO que se realiza en la atmósfera del occidente de Venezuela.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó en el Municipio Santa Rita, Costa Oriental del Lago de Maracaibo (Fig. 1), aproximadamente a 1.0 msnm, entre las coordenadas 10° 27' - 10° 37' Norte y 71° 24' - 71° 33' Oeste. Presenta una superficie de 505 km<sup>2</sup>, la población es de 34838 hab., la temperatura media de 28.9 °C y la precipitación anual de 400 a 500 mm (Rodríguez 1973, González 1995).

Se seleccionaron tres zonas: 1) Santa Rita, capital del Municipio, con alto volumen de tráfico automotor y un complejo químico-industrial, 2) Punta Iguana, área semiurbana atravesada por la autopista que comunica la Costa Oriental del Lago de Maracaibo con el puente sobre el Lago de Maracaibo Rafael Urdaneta, el resto de la zona es de bajo volumen de tráfico automotor, y 3) El Rocío, área semirural con algunas actividades agropecuarias. En las tres zonas se realiza quema de biomasa en época de sequía. También se consideró la posible influencia de las actividades industriales de las áreas vecinas: industrias petroquímicas (Municipio Miranda) e industria petrolera (Municipio Cabimas).

Los sitios de muestreo y los equipos colectores se ubicaron considerando la dirección del viento, actividades antropogénicas y las normas venezolanas COVENIN 2060 - 83, Anexo A. En cada zona se colocaron dos equipos colectores integrados por una base metálica, altura 1.68 m; envase colector de polietileno con una superficie de 0.123 m<sup>2</sup>. Previo al muestreo los envases colectores se lavaron siguiendo la metodología de Ross (1986). Se colectaron los eventos de lluvia en las épocas de precipitación Octubre-Diciembre 1994 y Mayo-Julio 1995. A cada evento se le midió *in situ* el volumen de agua colectado y el pH con un medidor de pH de campo HI, modelo 1280; e inmediatamente se trasladaron las muestras al laboratorio en un recipiente térmico a 4 ± °C.

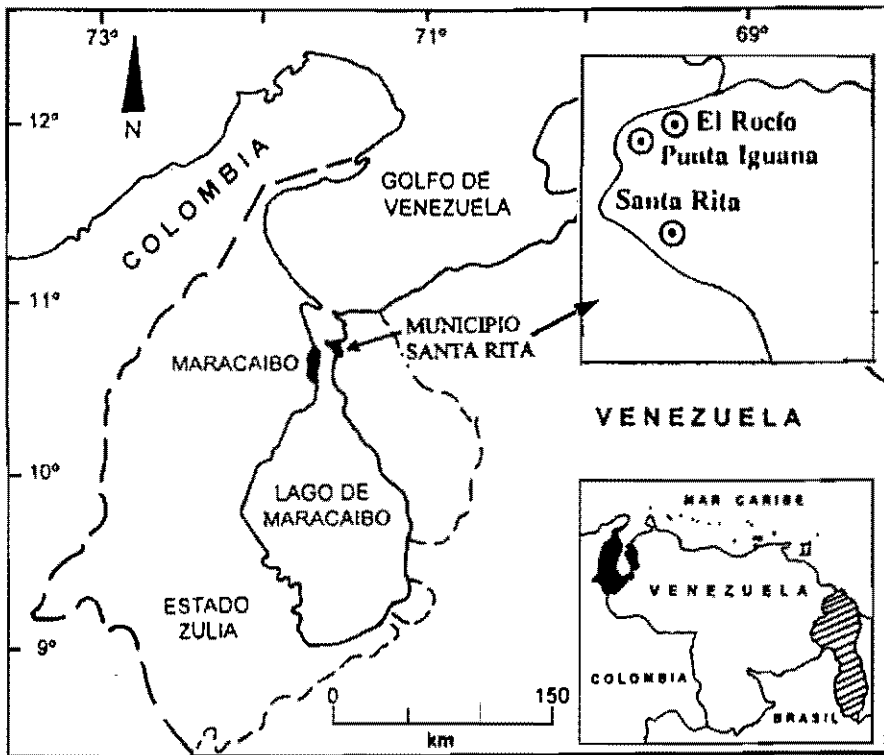


FIGURA 1. Mapa del Municipio Santa Rita, Costa Oriental del Lago de Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

De cada muestra de agua de lluvia se tomaron por triplicado 10.0 ml para medir con el método Nash (1953) la concentración de HCHO. Este método se utilizó considerando la evaluación realizada por Ferrer (1987), quien comparó varios métodos utilizados en la medición de HCHO en solución acuosa y concluyó que el método Nash (1953) es el más efectivo por su límite de detección ( $0.01 \mu\text{g/g}$ ) y reproducibilidad.

La concentración de HCHO se tabuló y se expresó como media aritmética y en Promedio Pesado en Volumen (PPV) ( $\mu\text{g/g}$ ). El  $\text{PPV} = \frac{\sum CV}{\sum V}$ , donde C = concentración de HCHO de agua de lluvia y V = volumen de agua de lluvia colectado en cada muestra. Se

aplicó el coeficiente de correlación lineal ( $r$ ) para comparar el comportamiento de las concentraciones de HCHO con respecto al pH en el agua de lluvia analizada por zona de muestreo.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 contiene las concentraciones de HCHO determinadas. En Santa Rita se registró la mayor concentración media de HCHO por evento de lluvia analizado ( $0.41 \mu\text{g/g}$ ), y el mayor PPV de HCHO ( $0.34 \mu\text{g/g}$ ). La diferencia de la precisión relativa entre los triplicados de las muestras fue menor al 1.0 %, lo que mostró una buena reproducibilidad del método.

TABLA 1. Concentración de HCHO en agua de lluvia de tres zonas del Municipio Santa Rita (Oct. 1994-Dic. 1994, Mayo 1995-Julio 1995).

Zona	$\bar{x}$ y Rango de pH	PPV y Rango de HCHO ( $\mu\text{g/g}$ )
Santa Rita n = 20	6.04 (5.12 - 6.88)	0.34 (0.21 - 0.41)
Punta Iguana n = 16	5.49 (4.75 - 6.08)	0.25 (0.21 - 0.30)
El Rocío n = 16	5.99 (5.07 - 6.82)	0.29 (0.21 - 0.38)
PPVT		0.29 (0.21 - 0.41)

PPV = Promedio pesado en volumen; PPVT = Promedio pesado en volumen de todas las muestras.

Al aplicar el coeficiente de correlación lineal ( $r$ ) entre el PPV ( $\mu\text{g/g}$ ) de HCHO y el pH de las muestras, se apreció que en Santa Rita y Punta Iguana no hubo buena correlación ( $P < 0.01$ ). Sin embargo, en El Rocío si fue significativa ( $r = -0.8422$ ,  $P < 0.01$ ). Esto permitió señalar que en la atmósfera de esta zona se formaron algunos ácidos orgánicos (i.e., fórmico y acético) que influyeron en la acidez del agua de lluvia, siendo esta acidez característica de las áreas limpias (i.e., áreas rurales) (Sanhueza *et al.* 1991).

Al comparar la concentración PPV ( $\mu\text{g/g}$ ) de HCHO del Municipio Santa Rita con las registradas en otras partes de Venezuela y el resto del mundo (Tabla 2), se observó que en Santa Rita la concentración fue 21.4 % menor que la de Caracas (capital de Venezuela, ciudad con mayor número de habitantes, mayor volumen y densidad de tráfico automotor). Lo mismo se apreció con respecto a Altos de Pipe (zona suburbana del Estado Miranda, Venezuela). En relación a la Paragua (zona rural del llanos venezolanos), resultó 14.4 % menor. Es importante destacar que en Altos de Pipe y La Paragua las concentraciones PPV de HCHO fueron respectivamente 0.59  $\mu\text{g/g}$  y 0.56  $\mu\text{g/g}$  al final de la época seca (primeras lluvias) y 0.14  $\mu\text{g/g}$  y 0.12  $\mu\text{g/g}$  en plena época de lluvia, lo cual demuestra una alta influencia de los incendios de vegetación (Ferrer 1987).

Tabla 2. Promedios pesados en volumen (PPV) ( $\mu\text{g/g}$ ) de HCHO determinados en agua de lluvia de Venezuela y otras partes del mundo.

Zona	País	n	HCHO	Características
Mcpio. Santa Rita	Venezuela	46	0.29	urbano-costera, suburbana-costera, rural-costera <sup>1</sup>
Caracas	Venezuela	3	0.37	urbana <sup>2</sup>
Altos de Pipe	Venezuela	19	0.37	suburbana <sup>2</sup>
La Paragua	Venezuela	9	0.34	rural-llanera <sup>2</sup>
México	México	18	0.68	urbana <sup>3</sup>
Rancho Grande	México	9	0.44	rural <sup>3</sup>
Woods Hole	USA	24	0.09	costera (aire limpio) <sup>4</sup>
Loophead	Irlanda	5	0.11	costera (aire limpio) <sup>5</sup>
Deuselbach	Alemania	19	0.14	rural (aire limpio) <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Este trabajo, <sup>2</sup> Ferrer 1987, <sup>3</sup> Báez *et al.* 1993, <sup>4</sup> Thomson 1980, <sup>5</sup> Warneck y Klippel 1978.

Con respecto a la ciudad de México y Rancho Viejo (México), la primera, una de las ciudades más pobladas y con mayor contaminación en el mundo, y la otra, una zona campestre donde la atmósfera está influenciada por la dispersión de contaminantes

atmosféricos desde ciudad México (Báez *et al.*1993), se apreció que en Santa Rita la concentración media ( $\mu\text{g/g}$ ) fue inferior en 56.6 % y 33.0 % respectivamente. Por otro lado, se observó que en Santa Rita la concentración PPV ( $\mu\text{g/g}$ ) de HCHO fue superior a las reportadas en el agua de lluvia de las atmósferas limpias de Wood Hole, Mass., USA (70.9 %); Loophead, Irlanda (61.9 %) y Deuselbach, Alemania (51.5 %).

En el Municipio Santa Rita la concentración de HCHO en la atmósfera es inferior a la registrada por otros estudios en ciudades altamente contaminadas, incluso inferior a la registradas en zonas suburbanas donde se realiza alta quema de biomasa (i.e., llanos venezolanos), pero superior a las detectadas en zonas con atmósferas limpias (Tabla 2). Por tal motivo, las autoridades competentes deben vigilar el desarrollo industrial del Municipio Santa Rita para evitar en el futuro la contaminación atmosférica de la zona.

#### AGRADECIMIENTO

El presente trabajo se realizó gracias a la subvención otorgada por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) de La Universidad del Zulia, Maracaibo, y la colaboración prestada por el Centro de Investigaciones Biológicas de la Facultad de Humanidades y Educación, Univ. del Zulia.

#### LITERATURA CITADA

- BÁEZ, A., H. PADILLA Y R. BELMONT. 1993. Scavenging of atmospheric formaldehyde by wet precipitation. *Environ. Poll.* 79: 271-275.
- CHAMEIDES, W. Y D. DAVIS. 1983. Aqueous-phase source of formic acid in cloud. *Nature* 304: 427-429.
- FERRER, Z. 1987. Determinación de formaldehído atmosférico en diversos lugares de Venezuela. Tesis de Grado MSc., IVIC, Caracas, 113 pp.

- GONZÁLEZ, A. 1995. Diagnóstico ecológico ambiental del Municipio Santa Rita, Estado Zulia - Venezuela. *Investigaciones Científicas UNERB* 1: 81-84.
- JOHNSON, B. Y G. DAWSON. 1990. Collection of formaldehyde from clean air carbon isotopic analysis. *Environ. Sci. Technol.* 24: 898-902.
- LOWE, D. Y U. SCHMIDT. 1983. Formaldehyde measurements in the nonurban atmosphere. *J. Geophys. Res.* 88(C15): 10844.
- NASH, T. 1953. The colorimetric stimation of formaldehyde by means of the Hantzsch reaction. *J. Biochem.* 55: 115-118.
- ROSS, H. 1986. The importance of reducing sample contamination in routine monitoring of trace metals in atmospheric precipitation. *Atmospheric Environment* 20: 401-405.
- RODRÍGUEZ, G. 1973. *El Sistema de Maracaibo. Biología y Ambiente.* IVIC, Caracas, 395 pp.
- SANHUEZA, E., Z. FERRER, J. ROMERO Y M. SANTANA. 1991. HCHO and HCOOH in tropical rains. *AMBIO* 20: 115-118.
- THOMPSON, A. 1980. Wet and dry removal of tropospheric formaldehyde at a coastal site. *Tellus* 32: 376.
- WARNECK, P. Y W KLIPPEL. 1978. Formaldehyde in rain water and on the atmospheric aerosol. *Geophys. Res. Letters* 5: 177.
- ZHANG, J., H. QINGCI Y P. LIOY. 1994. Characteristics of aldehydes: concentrations, sources and exposures for indoor an outdoor residential microenvironments. *Environ. Sci. Technol.* 28: 146-152.