

DEPOSICIÓN SECA ATMOSFÉRICA
EN LA ZONA OESTE DE MARACAIBO, 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

Se evalúa la deposición seca atmosférica (particulados) y la de algunos iones solubles (Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, NO_3^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{++} y Mg^{++}) en tres áreas (noroeste, oeste, suroeste) de la zona Oeste de Maracaibo, Venezuela, en la época seca (Diciembre 1993 - Abril 1994); utilizando: electrodos selectivos para Cl^- , NO_3^- y NH_4^+ ; método turbidimétrico para $\text{SO}_4^{=}$, y espectrometría de absorción atómica para Na^+ , K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} . Los particulados atmosféricos presentaron mayor cantidad de deposición media ($\text{g}/\text{m}^2.\text{mes}$) en el área suroeste, así como la mayor cantidad de deposición media de NO_3^- , Na^+ y K^+ . El área noroeste ofreció el menor pH y la mayor cantidad de deposición media ($\text{mg}/\text{m}^2.\text{día}$) de los iones Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, Ca^{++} , Mg^{++} y NH_4^+ . Utilizando como referencia el Na^+ se determinó un exceso de Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} con respecto a los aerosoles marinos, indicando la alta probabilidad de un enriquecimiento atmosférico no natural. En la atmósfera urbana de Maracaibo se detectó mayor cantidad de deposición de particulados y de iones solubles que en las sabanas rurales de *Trachypogon* de los llanos venezolanos.

Palabras claves: Deposición seca, contaminación, atmósfera, iones solubles, Maracaibo, Venezuela.

Recibido: 31 Marzo 1995

Aceptado: 04 Agosto 1995

ABSTRACT

ATMOSPHERIC DRY DEPOSITION IN THE WESTERN ZONE OF MARACAIBO, ZULIA STATE, VENEZUELA

This study evaluates atmospheric dry deposition (particles) and Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{++} and Mg^{++} , during the dry season (December 1993 - April 1994) in three areas (northwest, west, southwest) in the Western zone of Maracaibo, Venezuela. Selective electrodes were used for Cl^- , NO_3^- , and NH_4^+ ; a turbidity meter for SO_4^{2-} , and atomic absorption spectrometry for Na^+ , K^+ , Ca^{++} and Mg^{++} . The highest average deposition of atmospheric particles ($\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{month}$), and of NO_3^- , Na^+ , and K^+ , occurred in the southwest area. The northwest area had the lowest pH, but the highest average dry deposition ($\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{day}$) of Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{++} , Mg^{++} and NH_4^+ . With respect to marine aerosols (using a Na^+ reference), we detected an excess of Cl^- , SO_4 , K^+ , Ca^{++} and Mg^{++} , indicating a high probability of an unnatural atmospheric enrichment. In the urban Maracaibo atmosphere, deposition of particles and soluble ions is greater than in rural *Trachypogon* savannas of the Venezuelan llanos.

Key words: Dry deposition, contamination, atmosphere, soluble ions, Maracaibo, Venezuela.

Received: 31 March 1995

Accepted: 04 August 1995

INTRODUCCIÓN

La deposición seca comprende el transporte y remoción de particulados (polvo, partículas y aerosoles) y gases de la atmósfera sobre superficies (agua, suelo, flora, fauna, seres humanos y

materiales) en ausencia de precipitaciones húmedas (Zobrist *et al.* 1993).

Se han realizado estudios de deposición seca en varias partes del mundo (Jaffé *et al.* 1993, Bowman y McGettigan 1994, Dawei *et al.* 1994). En Maracaibo, Venezuela, existen pocos estudios sobre la deposición seca de la atmósfera, a pesar de ser una zona costera, tropical, con una humedad relativa superior al 70% (Estación meteorológica de la Base Aérea Rafael Urdaneta) donde las condiciones ambientales parecen maximizar la velocidad de deposición seca (McDowell 1988). En esta ciudad hay una alta población realizando actividades que emiten diversas sustancias a la atmósfera. También se dan condiciones meteorológicas (dirección y velocidad del viento) que transportan emisiones desde industrias localizadas en zonas vecinas, con el agravante de que en ambos casos una buena parte de los contaminantes primarios o secundarios (química atmosférica) se depositan sobre suelos, aguas, población humana, animal, vegetal y sobre los bienes materiales, pudiendo ocasionar efectos negativos.

Para Maracaibo sólo se registra el trabajo de Rivera *et al.* (1990) donde se evaluó la corrosividad atmosférica en la zona suroeste de la ciudad (Estación Meteorológica de la Base Aérea Rafael Urdaneta). Mediante la caracterización de la deposición seca se consideró la cantidad de: 1) Deposición del particulado sedimentable, 2) deposición de Cl^- , NH_4^+ , SO_2 y CO_2 , 3) influencia de la atmósfera sobre probetas de acero, Cu, Al y Zn, y 4) el registro de datos meteorológicos.

La presente contribución tiene como objetivos determinar la cantidad de deposición del particulado sedimentable, así como la de algunos de sus iones solubles importantes como contaminantes ambientales en la zona Oeste de Maracaibo, por ser ésta la que ofrece la mayor posibilidad de contaminación al considerar la velocidad y dirección predominante del viento (Nor-Noreste).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos de deposición seca en tres áreas de la zona Oeste de Maracaibo: Ciudadela Faría (área noroeste), Urbanización San Rafael (área oeste) y Las Mercedes (área suroeste) (Fig. 1), entre Diciembre 1993 y Abril 1994.

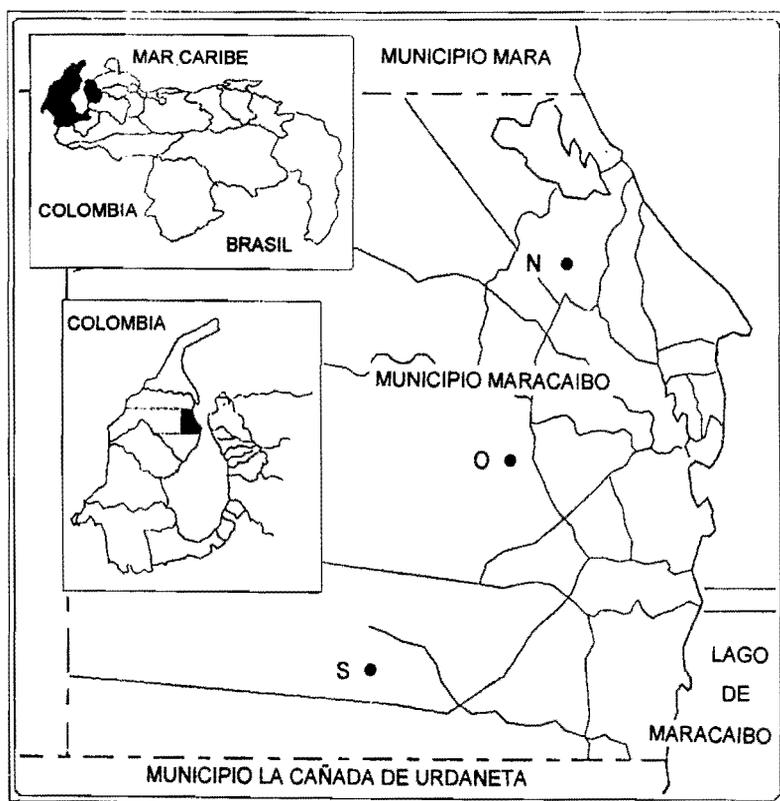


FIGURA 1. Ubicación de las zonas de muestreo (●) en el Municipio Maracaibo. N = área noroeste, Ciudadela Faría; O = área oeste, Urbanización San Rafael; S = área suroeste, Las Mercedes.

Las áreas de muestreo y los equipos colectores se seleccionaron y ubicaron respectivamente considerando: 1) La estación seca Diciembre - Abril, 2) velocidad y dirección predominante del viento y

3) las normas venezolanas COVENIN-83, anexo A, para la determinación de partículas atmosféricas. Éstas señalan lo siguiente: no deben existir fuentes puntuales de contaminación cerca del sitio de ubicación de los equipos colectores, éstos deben tener una altura efectiva entre 2.0 y 15.0 m, y su ubicación debe ser a cielo abierto y con fácil acceso, posibilidad de ser áreas influenciadas por contaminación atmosférica y tener información meteorológica de las áreas de muestreo.

En cada área se instalaron tres equipos colectores constituidos por un soporte metálico de 1.6 m de altura y un envase colector de polietileno con un área de 0.123 m², los equipos se colocaron sobre superficies que permitieron alcanzar alturas efectivas de 3 m. Los envases colectores se lavaron con agua potable, luego con una solución al 0.5 % de HNO₃, y por último se enjuagaron con abundante agua tridestilada. Posteriormente, se secaron con un secador Vidal Sasoon Modelo 1250 y se guardaron en bolsas de polietileno hasta su uso. Previo a la colocación, cada envase colector fue pesado. Luego, mensualmente y con preferencia a la misma hora se cambiaron los envases colectores; los envases con la muestra se pesaron para calcular la cantidad de deposición de los particulados (g/m².mes). Una vez pesados, se lavó cada uno con 0.350 L de agua tridestilada para recoger la muestra depositada, el material se agitó seis horas, se filtró, se midió el pH con un pHmetro Corning mod. 255, luego se dividió la muestra en dos alícuotas, una se preservó con CHCl₃ (Cloroformo) y se refrigeró a 4 ± 1° C, no más de 48 horas; en ella se analizaron los iones: Cl⁻, NO₃⁻ y NH₄⁺ utilizando electrodos selectivos, y SO₄⁼ con el método turbidimétrico. La otra se preservó con HNO₃ conc. y se analizaron los cationes: Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ con espectrometría de absorción atómica.

Para calcular la cantidad de deposición de las partículas (g/m².mes) y la de los iones solubles (mg/m².día) se utilizaron las siguientes fórmulas:

Particulados

$$C = \frac{P \times V}{A \times T}$$

P = peso del particulado (g), A = superficie del colector (m²), T = tiempo (mes o días).

Iones

$$C = \frac{c \times V}{A \times T}$$

V = volumen de agua (L), C = cantidad de deposición, c = concentración en la muestra (mg/L).

Para evaluar la contribución adicional de iones con respecto a los aportados por los aerosoles marinos se aplicó para el SO₄⁼ la fórmula: SO₄⁼ * (no marino) = SO₄⁼ - (Na x 0.084) (Stedman *et al.* 1990). También, se utilizó para los iones SO₄⁼, Cl⁻, Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ la proporción p/p utilizando como referencia el ion Na⁺. Igualmente, se utilizó análisis de correlación lineal (r) para interpretar el comportamiento entre sí de los diferentes iones detectados y determinar sus posibles fuentes de origen.

Los datos meteorológicos los suministraron dos estaciones situadas en la zona Oeste de Maracaibo: Estación Meteorológica de la Base Aérea Rafael Urdaneta (área suroeste) y Estación Climatológica de la Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia (área noroeste).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se aprecian los valores promedio de los datos meteorológicos correspondientes al lapso Diciembre 1993 - Abril 1994 (estación seca) y a cada período mensual de muestreo durante el lapso.

La temperatura promedio del lapso fue 27.84 °C, con la mayor temperatura en el período Marzo - Abril y la menor en el período Enero - Febrero; la humedad relativa tuvo un porcentaje promedio de 76.90 %, el mayor valor se determinó en el período Marzo - Abril y el menor en Enero - Febrero.

TABLA 1. Algunos datos meteorológicos (\bar{x}) de Maracaibo (Diciembre, 1993 - Abril, 1994).

Mes	Temperatura °C	Humedad Relativa (%)	Dirección Viento	Velocidad Viento (m/s)
Dic - Ene	27.45	75.00	NNE	4.10
Ene - Feb	27.35	74.50	NNE	4.50
Feb - Mar	28.20	78.50	NNE	4.80
Mar -Abr	28.35	79.40	NNE	5.00
\bar{x} (Lapso)	27.84	76.90	NNE	4.53

Los vientos predominantes mantuvieron una dirección Nor-Noreste (NNE) con variantes en dirección Noreste (NE) y Norte (N). Las velocidades promedio fueron 4.53 m/s, con rangos entre 4.10 m/s en Diciembre - Enero y 5.00 m/s en Marzo - Abril.

Las Tablas 2, 3 y 4 presentan las cantidades de deposición de los particulados ($\text{g/m}^2\cdot\text{mes}$) y de los iones solubles ($\text{mg/m}^2\cdot\text{día}$). Se aprecia que la mayor cantidad de deposición promedio de particulados se detectó en el área suroeste (Las Mercedes), $10.06 \text{ g/m}^2\cdot\text{mes}$; y la menor en el área noroeste (Ciudadela Faría), $7.15 \text{ g/m}^2\cdot\text{mes}$. También, se detectó la mayor cantidad de deposición de particulados en Enero - Febrero, área suroeste, $13.01 \text{ g/m}^2\cdot\text{mes}$, y la menor en Enero - Febrero, área noroeste, $1.70 \text{ g/m}^2\cdot\text{mes}$.

El pH presentó el siguiente orden promedio por área estudiada: oeste > suroeste > noroeste, con un rango promedio entre 7.39 para el área oeste y 7.21 en el área noroeste. El menor pH se midió entre Diciembre y Enero en el área noroeste y el mayor entre Febrero y Marzo en las áreas suroeste y oeste, correspondiendo a la mayor deposición promedio de Cl^- y $\text{SO}_4^{=}$ (precursores de acidez mineral) en el área noroeste (Tabla 2).

TABLA 2. Deposición ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{mes}$) de particulados sedimentables y de algunos iones solubles ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$) en la época seca Diciembre 1993 - Abril 1994, en el área noroeste de Maracaibo.

Ciudadela Faria (noroeste)	Deposición de Partículas	pH	Deposición de los iones								
			Cl^-	$\text{SO}_4^{=}$	$\text{SO}_4^{=}$ *	NO_3^-	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	NH_4^+
Diciembre-	2.84	6.80	13.83	3.52	3.30	0.15	2.09	0.17	2.93	1.23	0.48
Enero-	1.70	7.45	27.96	5.83	5.09	0.14	2.94	1.58	2.32	1.15	0.16
Febrero-	12.20	7.20	34.23	9.05	8.25	0.10	3.32	0.95	1.01	0.27	0.18
Marzo-	11.87	7.40	37.10	14.67	9.89	0.12	6.99	1.07	0.79	0.25	0.72
Abril	7.15	7.21	28.28	6.48	5.83	0.13	3.84	0.94	1.76	0.73	0.38
\bar{x}											

\bar{x} = Media Aritmética, $\text{SO}_4^{=}$ * = Sulfato no marino = $\text{SO}_4^{=}$ - (Na^+ x 0.084).

TABLA 3. Deposición (g/m^2 . mes) de particulados sedimentables y de algunos iones solubles (mg/m^2 . día) en la época seca Diciembre 1993 - Abril 1994, en el área oeste de Maracaibo.

Urbanización de San Rafael (oeste)	Deposición de Partículas	pH	Deposición de los iones									
			Cl^-	$\text{SO}_4^{=}$	$\text{SO}_4^{=}$	$\text{SO}_4^{=}$ *	NO_3^-	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	NH_4^+
Diciembre- Enero	7.72	6.90	2.61	2.61	1.90	0.10	1.84	0.50	0.70	0.31	0.22	
Enero- Febrero	10.16	7.50	9.86	4.89	3.99	0.15	3.5	0.26	0.56	0.42	0.07	
Febrero- Marzo	5.28	7.60	6.79	3.64	2.71	0.14	3.89	0.47	0.33	0.14	0.06	
Marzo- Abril	8.72	7.57	8.33	4.27	3.35	0.16	3.82	0.49	0.52	0.23	0.14	
\bar{x}	7.97	7.39	6.90	3.85	2.99	0.14	3.33	0.43	0.53	0.28	0.13	

\bar{x} = Media Aritmética, $\text{SO}_4^{=}$ * = Sulfato no marino = $\text{SO}_4^{=}$ - (Na^+ x 0.084).

TABLA 4. Deposition (g/m^2 . mes) de particulados sedimentables y de algunos iones solubles (mg/m^2 . día) en la época seca Diciembre 1993 - Abril 1994, en el área suroeste de Maracaibo.

Las Mercedes (suroeste)	Deposition de Partículas	pH	Deposition de los iones								
			Cl^-	$\text{SO}_4^{=}$	$\text{SO}_4^{=*}$	NO_3^-	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	NH_4^+
Diciembre- Enero	8.54	7.10	5.22	3.97	3.44	0.17	6.30	1.61	1.36	0.29	0.29
Enero- Febrero	13.01	7.50	1.50	5.11	3.92	0.19	4.93	0.87	0.57	1.07	0.18
Febrero- Marzo	8.54	7.60	9.67	4.12	2.74	0.22	5.79	0.86	0.38	0.19	0.15
Marzo- Abril	10.16	7.20	17.45	6.61	5.37	0.27	5.36	0.98	0.40	0.23	0.13
\bar{x}	10.06	7.35	10.96	4.95	3.87	0.21	5.59	1.08	0.68	0.45	0.19

\bar{x} = Media Aritmética, $\text{SO}_4^{=*}$ = Sulfato no marino = $\text{SO}_4^{=}$ - (Na^+ x 0.084).

En relación a la cantidad promedio de deposición de los iones, se detectó el siguiente comportamiento por área: noroeste, $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^- > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^-$; oeste, $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^- > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{NO}_3^- > \text{NH}_4^+$; suroeste, $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{SO}_4^- > \text{K}^+ > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{NO}_3^- > \text{NH}_4^+$. Así, se apreció que las cantidades promedio de deposición de los iones presentaron un comportamiento similar en las áreas noroeste y oeste, en cuanto al orden decreciente de deposición, con excepción del NH_4^+ y el NO_3^- , pero en el área noroeste, excluyendo al NO_3^- , las cantidades de deposición de los iones fueron mayores, lo mismo ocurrió al compararlas con las del área suroeste, con excepción de los iones NO_3^- , Na^+ , K^+ que fueron mayores en el área suroeste.

En la Tabla 5 se presenta el exceso en porcentaje de los iones Cl^- , SO_4^- , K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} con respecto a los aerosoles marinos. Solamente se detectó exceso de Cl^- en el área noroeste, 49.19 %, indicando que existieron fuentes adicionales a las naturales que enriquecieron con Cl^- la atmósfera del noroeste de la ciudad. Las causas de este incremento pueden ser: la quema de residuos orgánicos (plásticos) que contenían Cl^- y plantas procesadoras de Cl, HCl o de otros compuestos que contienen Cl^- (R-Cl). Unas posibles fuentes pudieran ser las plantas Clorosoda y de Vinilos existentes en el complejo petroquímico El Tablazo localizado al Noreste del Lago de Maracaibo, cuyas emisiones o escapes son dispersadas y transportadas por los vientos predominantes (NNE) hacia la atmósfera de Maracaibo (Fig. 2), precipitándose los particulados, de acuerdo a la velocidad del viento y a sus características fisicoquímicas, a lo largo de la zona Oeste de Maracaibo. Además, se observó que las mayores cantidades de deposición del ion Cl^- en el área noroeste se registraron entre los meses de Febrero - Abril coincidiendo con neblinas que se formaron sobre Maracaibo, mayormente en el área norte por escapes

TABLA 5. Exceso (%) de algunos iones solubles con respecto a los aerosoles marinos en la zona Oeste de Maracaibo.

Zona	Área	Ion	Exceso
Oeste	noroeste	Cl ⁻	49.19
		SO ₄ ⁼	90.27
		K ⁺	90.81
		Ca ⁺⁺	93.57
		Mg ⁺⁺	88.36
Oeste	oeste	SO ₄ ⁼	81.21
		K ⁺	67.15
		Ca ⁺⁺	72.26
		Mg ⁺⁺	46.30
Oeste	suroeste	SO ₄ ⁼	76.50
		K ⁺	67.15
		Ca ⁺⁺	65.45

Ion de referencia: Na⁺. Proporción (mg/L) en el agua de mar:
 Cl⁻/Na⁺ = 1.809, SO₄⁼/Na⁺ = 0.084, K⁺/Na⁺ = 0.036, Ca⁺⁺/Na⁺ = 0.038, Mg⁺⁺/Na⁺ = 0.129.

accidentales de Cloro en el complejo petroquímico.

También se apreció un exceso en la concentración de los iones: SO₄⁼, K⁺, Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ con respecto a los aerosoles marinos en las áreas analizadas, con excepción del Mg⁺⁺ en el área suroeste. Del mismo modo, se detectaron los mayores excesos en el área noroeste: SO₄⁼, 90.27 %; K⁺, 90.81 %; Ca⁺⁺, 93.57 %; Mg⁺⁺, 88.36 %, mostrando la alta posibilidad de la existencia de fuentes antropogénicas locales o subregionales de particulados que enriquecieron la atmósfera de la zona Oeste de la ciudad.

Para analizar el comportamiento de los iones entre sí se aplicó coeficiente de correlación lineal (r) ($P < 0.01$) entre las concentraciones (mg/L) de cada ion por área muestreada (Tabla 6). Su análisis permitió inferir que en las áreas noroeste y oeste existió la alta posibilidad de que incidieran condiciones meteorológicas y fuentes

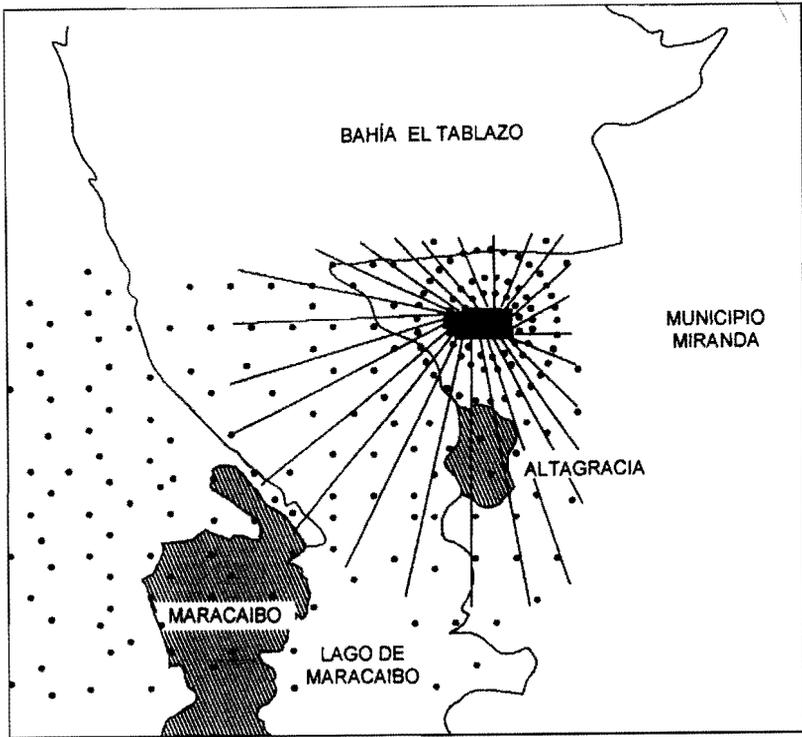


FIGURA 2. Área de influencia de las emisiones atmosféricas del complejo petroquímico El Tablazo (ver Hinestroza 1994).

de emisiones semejantes, fuentes naturales como: aerosoles marinos y terrestres como lo señalan las buenas correlaciones entre Cl^- y Na^+ ; Cl^- y SO_4^- marino (SO_4^- Total - SO_4^- * no marino); Na^+ y SO_4^- marino; Ca^{++} y Mg^{++} ; y fuentes antropogénicas (tráfico automotor, planta clorosoda, quema de residuos sólidos) que emitieron SO_2 , SO_4^- , Cl^- y Na^+ como lo indican las correlaciones muy significativas entre el SO_4^- no marino (biogénico + antropogénico) y las especies químicas Cl^- y Na^+ . Aun cuando en el área oeste no se determinó un exceso de Cl^- se puede inferir que en ella pudieron existir fuentes adicionales de Na^+ que impidieron en los cálculos matemáticos

visualizar el exceso no natural de Cl^- o bien, la química atmosférica conllevó a combinar SO_4^- no marino con iones Cl^- de origen natural.

El mismo comportamiento se observó entre los iones SO_4^- y Cl^- en el área suroeste, pero también se apreció en la atmósfera de esta área (semirural) la posible influencia de la quema de vegetación como lo señalan las correlaciones significativas entre los iones K^+ , Ca^{++} , Na^+ y NH_4^+ , durante las quemas se producen emisiones de partículas que contienen esos iones (San José y Montes 1987, Sanhueza y Rondón 1988).

Con respecto al NO_3^- , no ofreció correlación (r) significativa con los otros iones analizados (Tabla 6), las mayores cantidades de

TABLA 6. Coeficientes de Correlación Lineal (r) ($P < 0.01$) entre las cantidades de deposición de cada ion analizado por área de muestreo.

Zona	Área	X	Y	(r)
Oeste	noroeste	Cl^-	Na^+	0.7468
		Cl^-	SO_4^-	0.8664
		Cl^-	$\text{SO}_4^- *$	0.9380
		SO_4^-	Na^+	0.9645
		$\text{SO}_4^- *$	Na^+	0.8585
		Ca^{++}	Mg^{++}	0.9805
	oeste	Cl^-	Na^+	0.8386
		Cl^-	SO_4^-	0.9904
		Cl^-	$\text{SO}_4^- *$	0.9778
		SO_4^-	Na^+	0.8197
		$\text{SO}_4^- *$	Na^+	0.8585
		Ca^{++}	Mg^{++}	0.6927
	suroeste	Cl^-	SO_4^-	0.9503
		Cl^-	$\text{SO}_4^- +$	0.8093
		Na^+	K^+	0.7850
		Ca^{++}	K^+	0.9618
		NH_4^+	K^+	0.9134
		NH_4^+	Ca^{++}	0.9877

$\text{SO}_4^- * =$ Sulfato no marino.

deposición se detectaron en el área suroeste y las menores en el área noroeste, su comportamiento posiblemente esté relacionado con la química atmosférica y la distancia con respecto a la fuente de emisión. Así se ha señalado que los SO_x en la atmósfera se transforman en SO₄⁼ (partículas) (GESAMP 1980) en menor tiempo que los NO_x en NO₃⁻, estos últimos lo hacen a lo largo de la dispersión de las emisiones (Hermoso *et al.* 1990). De este modo, se aprecia como las mayores cantidades de deposición se observaron en el área suroeste, que es la más alejada en el estudio realizado al considerar la dispersión producida por la dirección predominante de los vientos (NNE).

Al comparar las cantidades de deposición seca de los particulados y de los iones Cl⁻ y NH₄⁺ determinadas en este trabajo (Tabla 7) con las reportadas por Rivera *et al.* (1990) para el área suroeste de Maracaibo, en la época seca Enero - Abril 1988, se apreció una mayor deposición seca de particulados y de Cl⁻ en el trabajo de Rivera *et al.* (1990), ésto se debió probablemente a diferencias en el método de colecta de las muestras. Rivera *et al.* (1990) utilizó cilindros conteniendo agua destilada; en este trabajo se utilizaron colectores secos. Zobrist *et al.* (1993) realizaron estudios comparativos de ambos métodos y determinaron que los colectores con agua permiten captar mayor cantidad de particulados y de gases por ser este un importante medio de retención y de dilución.

Por último, al comparar las cantidades de deposición seca de los particulados y de los iones caracterizados en esta contribución con las determinadas en las sabanas de *Trachypogon* en los llanos venezolanos (Tabla 7) (San José y Montes 1987), se observó como era de esperarse, que en la zona Oeste de Maracaibo (atmósfera urbana y semirural) las cantidades de deposición fueron mayores; esto es debido a que sobre la atmósfera de Maracaibo hay mayor influencia de fuentes antropogénicas y de aerosoles marinos por su cercanía al mar.

TABLA 7. Comparación entre las concentraciones promedio de las deposiciones de particulados (g/m^2 . mes) y de los iones solubles (mg/m^2 . día) determinados en Maracaibo y Sabanas de *Trachypogon* de los llanos venezolanos.

Localidad	n	pH	Particulados	Cl^-	$\text{SO}_4^{=}$	NO_3^-	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	NH_4^+
1 Maracaibo (noroeste)	15	7.21	7.15	28.28	6.48	0.13	3.84	0.94	1.76	0.73	0.38
1 Maracaibo (oeste)	15	7.39	7.97	6.90	3.85	0.14	3.33	0.43	0.53	0.28	0.13
1 Maracaibo (suroeste)	15	7.35	10.06	10.96	4.95	0.21	5.59	1.08	0.68	0.45	0.19
Las Mercedes)											
2 Maracaibo (suroeste, BARU)	4	5.5	40.0	29.20							0.50
		7.5	15.0								0.42
3 Sabanas de <i>Trachypogon</i>	60		0.15		0.15	0.09	0.25	0.03	0.10	0.90	0.04

¹ Este Trabajo, ² Rivera *et al.* (1990), ³ Montes y San José (1987), BARU: Base Aérea Rafael Urdaneta.

AGRADECIMIENTO

La presente contribución se realizó gracias al apoyo financiero del Centro de Investigaciones Biológicas de la Facultad de Humanidades y Educación, Univ. del Zulia y a la colaboración prestada por el Instituto de Investigaciones Agronómicas, Univ. del Zulia, en los análisis de los metales. También se extiende el agradecimiento a Carmen Hernández, Ada Moreno, Anny Salazar y Nomary Sanchez, por su colaboración en los muestreos realizados.

LITERATURA CITADA

- Bowman, J y M. McGettigan. 1994. Atmospheric deposition in acid sensitive areas of Ireland - The influence of wind direction and a new coal burning electricity generation station on precipitation quality. *Water, Air and Soil Pollution* 75: 159-175.
- Dawei, Z., H. Seip, Z. Diangu y Z. Dongbao. 1994. Pattern and cause of acidic deposition in the Chongqing region, Sichuan Province, China. *Water, Air and Soil Pollution* 77: 27-48.
- GESAMP (IMCO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP). 1980. Interchange of pollutants between the atmosphere and the oceans. *Rep. Stud. GESAMP* (13): 55 pp.
- Hermoso, M., M. Santana y E. Sanhuesa. 1990. Características ácido-básicas de las lluvias de un sitio urbano y otro suburbano de Caracas. *Acta Científica Venezolana* 41: 191-198.
- Hinestroza, J. 1994. La serpiente en el Lago. Transformaciones histórico-ambientales causados por la petroquímica en El Tablazo en la comunidad del Hornito, Estado Zulia. *Trabajo Especial de Postgrado, Facultad Humanidades y Educación, Univ. del Zulia, Maracaibo*, 532 pp.

- Jaffé, R., H. Carrero, A. Cabrera y J. Alvarado. 1993. Organic compounds and heavy metals in the atmosphere of the city of Caracas, Venezuela. I: Atmospheric particles. *Water, Air and Soil Pollution* 71: 293-313.
- McDowell, W. 1988. Potential effects of acid deposition on tropical terrestrial ecosystems. Pp. 117-139, *en* H. Rodhe y Herrera (eds.), *Acidification in Tropical Countries*. SCOPE Series No. 36.
- Rivera, J., O. de Rincón, M. de Romero y C. Lasarte. 1990. Un año de evaluación de la corrosividad atmosférica del acero, Al, Cu y Zn en el Estado Zulia. *Memorias, Séptimas Jornadas Científico Técnicas de Ingeniería*, Univ. del Zulia, Maracaibo, Venezuela, pp. 57 - 67.
- Sanhueza, E. y A. Rondón. 1988. Particle size distribution of inorganic water soluble ions in the Venezuelan savanna atmosphere during burning and non-burning periods. *J. Atmos. Chem.* 7: 369-388.
- San José, J. y R. Montes. 1987. Chemical composition and nutrient loading by precipitation in the *Trachypogon* savannas of the Orinoco llanos, Venezuela. *Biogeochemistry* 7: 241-256.
- Stedman, J.,C. Heyes y J. Irwin. 1990. A comparison of bulk and wet-only precipitation collectors at rural sites in the United Kingdom. *Water, Air and Soil Pollution* 52: 377-395.
- Zobrist, J., P. Wersin, C. Jaques, L. Sigg y W. Stumm. 1993. Dray deposition measurements using water as a receptor: a chemical approach. *Water, Air and Soil Pollution* 71: 111-130.