

MEDICIONES DE LLUVIA ÁCIDA EN EL CAMPUS MOCAMBO - U.V. Y MUNICIPIO DE BOCA DEL RÍO, VER.

Luis Eduardo Ariza-Aguila^{1*}, Juan Cervantes-Pérez², Isidro Cano-Luna³, Alicia Acosta-Garrido⁴

(1) Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México. Email: lariza@uv.mx

(2) Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

(3) Protección Civil del Municipio de Boca del Río, Veracruz, México.

(4) Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana Campus Boca del Río, Veracruz, México.

RESUMEN

El estudio tiene como objetivo encontrar la causa antropogénica de la lluvia ácida que se presenta en la Universidad Veracruzana (UV) Campus Mocambo en Boca del Río, Veracruz, desde de 2011 a la fecha. Se encontró una condición especial de valores de pH ácidos en la lluvia, originando una problemática en la zona Universitaria y en Boca del Río, requiriéndose encontrar los factores que determinan este fenómeno.

La metodología usada fue, coleccionar muestras en el campus de la UV y diferentes puntos del municipio de Boca del Río, llevarlas al laboratorio de Ing. Ambiental del Instituto de Ingeniería de la UV y analizar el pH.

Para la química de la atmósfera se usó inicialmente la determinación de SO₂ por platos de sulfatación, dejándolos de 2 a 3 meses de exposición antes de analizar en el laboratorio. Posteriormente se usó el Laboratorio móvil de monitoreo de calidad del aire (LMMCA) propiedad de la UV, para la determinación instantánea de SO₂, CO, CO₂, OZONO, lo que permitió una mayor precisión en la medición del SO₂.

Se tiene como hipótesis que el aumento del parque vehicular, tanto automóviles como camiones en las calles aledañas al campus es un factor para que se tengan emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

El campus también tiene estacionamientos internos ya de por sí saturados cerca del lago y a un lado de la USBI, además a su alrededor se encuentran localizados 6 centros comerciales con cientos de estacionamientos, sitios de taxis y parada oficial de camiones.

Este es un estudio de caso para los tomadores de decisiones al interior de las universidades para las futuras construcciones fuera de zonas urbanas.

INTRODUCCIÓN

La problemática que se presenta en el campus Boca de Río de La UV, es la precipitación de lluvia ácida que desde el 2010 se ha estado presentando y no se sabe cual es la fuente antropogénica de la contaminación. La reanudación de las mediciones de la acidez de la lluvia en el campus UV de Veracruz-Boca del Río se presentó como consecuencia de complementar las actividades desarrolladas por el proyecto DURACON (ref. 11) en el mes de Julio de 2010 decidimos volver a medir lluvia ácida para ver que pasaba con respecto a los valores obtenidos hasta 2007, puesto que el Proyecto DURACON no contemplaba este parámetro del ambiente.

Desde 1999 hasta 2007 en el Instituto de Ingeniería (I.I.-UV) se midió la precipitación pluvial y el pH de la lluvia colectando muestras en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental, en este período se trabajó en convenio con la Universidad Nacional Autónoma de México, esta Institución suministró el equipo de pluviometría para muestra húmeda y el equipo de colección de muestra seca, así como una estación meteorológica portátil. En el Laboratorio se midieron los valores de precipitación pluvial, temperatura y pH (de 30 de Junio 1999 - a 26 de Enero 2000), posteriormente la UNAM continuó midiendo pH de Febrero 2000 al 2007 y en el I.I.-UV se midió el nivel de precipitación pluvial (ref.1)

La UNAM en el 2005 publicó en el Libro “Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y tendencias”, Botello, et alt., Bravo y colaboradores (ref.1) presentan los siguientes valores de lluvia ácida para el año 2003, en la estación I.I.-UV

pH	5.06
Conductividad	14.4 micro mohs
Cloruros	1.06 ppm (atmosférico)
Sulfatos	0.92 ppm (atmosférico)

En esta misma publicación aparecen las 4 estaciones de monitoreo instaladas por La UNAM: Zona arqueológica de “El Tajín” en Papantla, Estación del Instituto de Ecología en el morro de “La Mancha” Municipio de Alto Lucero, Estación Fortaleza de “San Juan de Ulúa” en Veracruz puerto y Estación Del Instituto de Ingeniería, campus Mocambo U.V. en Boca Del Río, Ver.

Como otro antecedente, cabe mencionar que de Mayo de 1995 a Mayo de 1998 el alumno de maestría Ing. Javier Reyes Trujeque instaló un bastidor de probetas metálicas para su exposición con fines de medir velocidad de corrosión y entre otras cosas niveles de cloruros y sulfatos en la atmósfera además de recopilar datos de las condiciones meteorológicas (ref. 6), el autor reporta como antecedente histórico para la ciudad de Veracruz, un promedio de pH 5.75 medido en Julio de 1984.

Por otro lado en La Facultad de Instrumentación y Ciencias Atmosféricas en 1997, J. Cervantes y D. Pereira, conjuntamente con la UNAM, A.P. Báez y H. Padilla, reportaron un estudio de 3 años de Lluvia ácida en la Cd. De Xalapa (Ref. 7).

1. Área de estudio

El área de estudio es el Campus Mocambo de la Universidad Veracruzana en Boca del Río como punto principal, posteriormente se tomaron otros puntos de referencia del Municipio con fines de comparación de resultados.

Localización de las estaciones de recolección de lluvia en el Municipio de Boca del Río. Para coleccionar las muestras y llevarlas al laboratorio del I.I.-UV se realiza un recorrido de 13 Km.

Primera etapa:

- 1) Estación Instituto de Ingeniería. La: 19°9'35.74'' N - Lo: 96°6'42.05'' O
- 2) Estación Protección Civil Boca del Río. La: 19°6'7.53'' N – Lo: 96°6'22.94'' O
- 3) Estación calle Orizaba no. 6, Fracc. Costa Sol, B. del R. La: 19°6'23.17'' N, Lo: 96°6'5.96'' O

Segunda etapa. Se agregaron las siguientes estaciones:

- 4) Estación Frac. Costa de Oro. Plaza de los valores. La: 19°8'44.78'' N- Lo: 96°5' 50.87''

5) Estación Facultad de Ingeniería. La: 19°9'55.12'' N- Lo: 96°6'51.31'' O

Tercera Etapa. Se agregaron las siguientes estaciones:

6) Estación Soriana Híper – Boca Del Río. La: 19°9'35.64'' N – Lo: 96°6'25.82'' O

7) Estación Hospital Milenium. La: 19°9'39.24'' N – Lo: 96° 6'11.91'' N



2. Métodos

Normas aplicadas:

- NMX-AA-008-SCFI-2000, determinación de pH (ref.14)
- Técnica CEC ATM-02, Turbidimetric method for Sulfates(Ref.15)
- Norma Oficial NOM-020-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al ozono (O₃).
- Norma Oficial NOM-021-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO).
- Norma Oficial NOM-022-SSA1-2010, Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al dióxido de azufre (SO₂).
- Norma Oficial NOM-023-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO₂).

(Ref.21,22,23,24)

Para el monitoreo de contaminantes en fase gaseosa el LMMCA usa las siguientes técnicas:

- Analizador de O₃ por Fotometría UV

- Analizador de NOx, NO y NO2 por Quimiluminiscencia
- Analizador de SO2 por Fluorescencia pulsante
- Analizador de CO por Fotometría Infrarroja, IR

(Ref.20)

3. Mediciones de campo

En el monitoreo de química de la atmosfera en la primera etapa se fabricaron muestreadores para SO2 para determinación de sulfatos en la atmósfera, por el método de platos de sulfatación (Vía húmeda), dejándolos de 2 a 3 meses de exposición antes de analizar en el laboratorio.



Imagen 2. Colector de sulfatos en la atmósfera construido en el Instituto de Ingeniería.



Imagen 3. Colector de partículas y de sulfatos construido en el Instituto de Ingeniería.

En la segunda etapa, las mediciones para la química de la atmósfera se realizaron con el laboratorio móvil de monitoreo de calidad del aire (LMMCA) propiedad de la Universidad Veracruzana, localizado en la zona Universitaria del campus Mocambo en Boca del Río, Ver., de la Universidad Veracruzana.

El Laboratorio móvil cuenta con un analizador de SO2 por Fluorescencia pulsante que produce valores cada 6 segundos, obteniéndose con un software promedios por minuto, por hora y por

24 horas, almacenando por medio de un data logger los valores y promedios día por día.(Ref.20)



4. Resultados

Tabla 1. Valores promedio de pH en los puntos de muestreo

<i>Estación</i>	<i>PROMEDIOS</i>		
	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>
Instituto de Ingeniería	4.5098	4.93075	5.29
Calle Orizaba	6.31358333	6.019452055	
Protección Civil, Boca del Río	6.44	5.992325581	
Costa de oro		6.045483871	
Facultad de Ingeniería		5.030740741	
Hospital Milenium			6.04
Plaza Soriana			5.7

Se presenta como ejemplo el día 10 de octubre del 2012 el cual fue un día lluvioso, en la tabla 2 se muestran los promedios de 24 horas de los parámetros SO₂, NO_x, NO, NO₂, O₃ y CO,

obtenidos con el laboratorio móvil de monitoreo de calidad del aire. Estos valores los relacionamos con el pH de la lluvia obtenida en las estaciones de I.I., facultad de ingeniería, protección civil, calle Orizaba y costa de oro, observando que las estaciones que presentaron pH de lluvia ácida fueron facultad de ingeniería e I.I., esto da por primera vez en la zona Universitaria tener valores en el mismo día de pH de lluvia ácida y de química de la atmósfera.

Tabla 2. Valores promedio diario del día 10 de octubre del 2012

Parámetro	SO2	NOX	NO	NO2	O3	CO
Unidades	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPM
Promedio 24hr	2.6	36.3	26.8	9.8	1.6	0.45

Este día llovió en el municipio de Boca del Río obteniéndose los siguientes valores de pH:

Tabla 3. Valores de pH en diferentes estaciones en el día 10 de octubre del 2012

Estaciones	Instituto de Ingeniería	Facultad de Ingeniería	Protección civil	Calle Orizaba	Costa de oro
pH	5.5	4.69	6.15	6.06	6.0

CONCLUSIONES

Causa antropogénica de la lluvia ácida.

Además del fenómeno conocido que las nubes transportan contaminación de un lugar a otro, en este caso podemos añadir que el alto aforo vehicular de las calles cercanas a la zona universitaria y los 3,700 cajones de estacionamiento de los 5 centros comerciales y una tienda departamental, impactan al medio ambiente de esta zona provocando la lluvia ácida detectada en Instituto de Ingeniería y la Facultad de Ingeniería.

A continuación se puede apreciar en las imágenes de satélite a la plaza Mocambo con 700 cajones en su estacionamiento, con cerca de 800 cajones en plaza Soriana, alrededor de 500 cajones en la tienda Cosco, la Mega Comercial Mexicana con 600 cajones y 800 cajones entre el Centro Comercial Walmart y Suburbia. Además de dos estacionamientos en el campus universitario que tienen 300 cajones.



Imagen 5. Vista aérea del campus rodeado por Centros comerciales, estacionamientos y calles con alto aforo

Durante 2011 se muestrearon tres puntos y el I.I-UV mantuvo un promedio de 4.5, la calle orizaba y la oficina de protección civil que están en la cabecera del municipio arrojaron valores por encima del rango de lluvia ácida.

En 2012 nuevamente la estación del Instituto de Ingeniería y ahora la Facultad de Ingeniería presentaron promedios de 4.9 y 5.03 respectivamente, comparando con las estaciones de referencia calle orizaba, la oficina de protección civil y costa de oro que presentaron valores por arriba del rango de lluvia ácida.

Para el 2013, se decidió tratar de localizar la zona de transición del lluvia ácida y lluvia no ácida, partiendo de la estación del I.I-UV hacia la playa tomando la dirección de la calle Juan Pablo II. De esta manera se colocó una estación frente a plaza soriana y otra estación frente al hospital milenium cercano a la playa.

El Instituto de Ingeniería presentó un promedio de 5.29, plaza soriana da promedio de 5.7 y el hospital milenium un valor de 6.04, los valores anteriores confirman que entre el hospital milenium y estación soriana, se tiene una zona de transición entre valores de lluvia ácida y no ácida, esto confirma la observación de que los vientos que van del mar a tierra van desplazando los contaminantes tierra adentro. Se requiere realizar otros muestreos con otras estaciones para ir estableciendo un mapa de lluvia ácida más amplio alrededor de la zona Universitaria.

Esta es la primera vez que tenemos en la zona universitaria de Veracruz- Boca del Río estaciones de monitoreo de lluvia ácida y un laboratorio de calidad del aire que produzca valores de química de la atmósfera en tiempo real, a diferencia del uso de platos de sulfatación para SO₂ que se exponen de 2 a 3 meses.

Este estudio que se presenta como un avance, sentará las bases de un monitoreo que incluya las cinco regiones de la Universidad Veracruzana colectando muestras de lluvia ácida y relacionándolos con los valores de química de la atmósfera que se obtengan con el laboratorio móvil de la calidad del aire.

Bibliografía.

1. Botello, J. Rendón Von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz- Hernández. (2005) GOLFO DE MÉXICO. Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y Tendencias, 2da. ed., pag.546,547,548,549,550,551. Centro EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche, ISBN968-5722-37-4 Bravo Alvarez,H. y colaboradores, cap.32. Precipitación ácida en la costa del golfo de México, p.535
2. Base de Datos. De 7 de Julio del 2010 – Dic. 2012, medición de precipitación pluvial y pH, (sin publicar), Instituto de Ingeniería, UV.
3. Raichev R., Veleva L., y Valdez B., " Corrosión de metales y degradación de materiales " , Ed. CINVESTAV-Mérida y UABC-Mexicali, p. 233 – 243, (2009).
4. Hedin, Lars O. y Likens, Gene E. Polvo atmosférico y lluvia ácida. Investigación y Ciencia. Barcelona: Prensa Científica, febrero, 1997.

5. Protege el INAH a el Tajín de la lluvia ácida, El Universal 21/Agosto/2008
6. Reyes Trujeque Javier, 1999, "Influencia de los principales factores climáticos y de la calidad del aire sobre la corrosión atmosférica de los metales En la costa sureste del Golfo de México, Tesis de maestría, Instituto de Ingeniería UV.
7. J. Cervantes, D. Pereyra ,A.P. Baéz, H. Padilla, R. Belmont, " Rain water chemistry at the eastern flanks, of the Sierra Madre Oriental, Veracruz, México, Journal of geophysical research, vol. 102, no. D19, October 20, 1997.
8. C. C. Lin, J. X. Liu, Y. Y. Cai, B. L. Li, Z. L. Wang, B. B. Chen. 2009, "Study on the Relationship Between Meteorological Conditions and Acid Rain in Mid-Eastern Fujian" Bull Environ Contam Toxicol.
9. Abhay Kr. Singh, GC Mondal, Suresh Kamar, K.K. Singh, K.P. Kamal, A. Sinha, 2007, "Precipitation Chemistry and occurrence of acid rain over Danhbad coal city of India", Environ. Monit. Assess (2007) 125:99.110
10. Charlson,R.J. & Rhode,H. (1982), Factors Controlling the acidity of natural Rain water. *NATURE*, 295, 667-673.
11. Torres Acosta. A, Pérez Quiroz T., Martínez Madrid M., Martínez M.W., Ariza Aguila L.E., Zamudio Cíntora E., Genescá Ll.J., Valdez Salas B. Publicación técnica No. 292, SCT, Instituto Mexicano del Transporte, Durabilidad de la infraestructura de concreto reforzado expuesta a diferentes ambientes urbanos de México" DURACON. 2006. ISSN 0188-7297
12. Sánchez Velázquez, L.R., (Agosto 2010), Plan Maestro para la Sustentabilidad de la universidad Veracruzana pag. 27, 29.
13. Wald L., Beleynaud J.M., 1999, Observing air quality over the city of Nantes by means of Landsat thermal infrared data, Int. J. Remote Sensing, vol.20, No.5,947-959
14. NMX-AA-008-SCFI-2000, det. Del pH
15. Técnica CEC ATM-02, Turbidimetric method for Sulfates
16. Técnica ASTM D 512-89, Standard test methods for chloride ion in Water.
17. Acid Rain Program, U.S. Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/acidrain/>
18. Stanley E. Manahan, Int. a La Química Ambiental, 1ª. Ed. Reverté-UNAM, España 2007
19. Figuerelo J.E., Máximo Dávila M., Química- Física del ambiente y de los procesos medio ambientales, Edit. Reverté, España 2004
20. Manual de operación del Laboratorio móvil de monitoreo de calidad del aire (LMMCA), curso Junio de 2012, empresa PERSIS,S.A., MÉXICO D.F.
21. Norma Oficial NOM-020-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al ozono (O_3). <http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/nom-020-ssa1-1993.pdf>
22. Norma Oficial NOM-021-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO).
23. Norma Oficial NOM-022-SSA1-2010, Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al dióxido de azufre (SO_2).
24. Norma Oficial NOM-023-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO_2).