



**Vol. 26, No 3, 4**  
**Julio - Diciembre 2018**

# CIENTÍFICA



**An International Refereed Scientific Journal**  
**of the Facultad Experimental de Ciencias**  
**at the Universidad del Zulia**

Esta publicación científica en  
formato digital es continuidad  
de la revista impresa

Depósito Legal: pp 199302ZU47

ISSN: 1315-2076

CIENCIA 26 (3,4), 79 - 83, 2018  
Maracaibo, Venezuela

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.5590926>

## Evaluación preliminar del pH de las lluvias en la ciudad de Portoviejo, Ecuador

*Yulixis Cano\**, *Ligbel Sánchez*, *Julio Torres Puentes*, *Mariuxi Litardo Velásquez*

Laboratorio de Ciencias Ambientales. Departamento de Química. Instituto de Ciencias Básicas,  
Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador

\*[yulixis.cano@utm.edu.ec](mailto:yulixis.cano@utm.edu.ec)

Recibido: 15-07-18    Aceptado: 03-09-18

### Resumen

Las lluvias naturales globales generalmente presentan un valor de pH de 5,6, debido a la disolución del CO<sub>2</sub> atmosférico en el agua de lluvia. Se recolectaron muestras de lluvia por evento en dos sitios de la ciudad de Portoviejo, Ecuador, en el año 2018. El periodo de muestreo correspondió a la época húmeda de los primeros cinco meses del año. Las lluvias de Portoviejo presentaron valores por encima al pH natural de las lluvias, pHPPV= 6,09 - 6,81, mostrando que la atmósfera posee una influencia de especies químicas alcalinas. El 21% de las lluvias de ambos sitios de muestreo presentó el pH más alcalino, 7,5 - 8,0; esto se debe a la neutralización que ejercen los componentes alcalinos provenientes de las actividades antropogénicas de la región. Se estima que las sustancias químicas causantes del pH alcalino en la lluvia son especies de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> como consecuencia de la actividad agrícola, y partículas de Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> provenientes de la explotación de canteras de caliza, siendo estas dos actividades antropogénicas las principales de la región del litoral ecuatoriano.

**Palabras clave:** lluvias alcalinas, atmósfera alcalina, contaminación atmosférica, Litoral ecuatoriano

## Preliminary evaluation of the pH of the rains in the city of Portoviejo, Ecuador

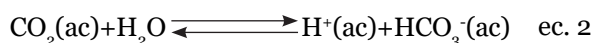
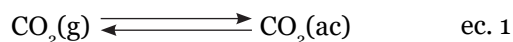
### Abstract

Global natural rains generally have a value pH of 5.6, due to dissolution of atmospheric CO<sub>2</sub> in rainwater. Rain samples per event were collected at two sites in the Portoviejo's city, Ecuador, in 2018. The sampling period corresponded to the wet season of the first five months of the year. The Portoviejo rains presented values above the natural pH of the rains, pHPPV = 6.09 - 6.81, showing that the atmosphere has an influence of alkaline chemical species. 21% of the rains from both sampling sites had the most alkaline pH, 7.5 - 8.0; this is due to the neutralization of the alkaline components from anthropogenic activities in the region. It's estimated the chemical substances are causing the increase in the pH of the rain are NH<sub>4</sub><sup>+</sup> species as a consequence of agricultural activity, and Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> particles from mining of limestone quarries, these two activities being the main ones in the region of Ecuadorian littoral.

**Key words:** alkaline rains, alkaline atmosphere, atmospheric pollution, Ecuadorian Littoral

### Introducción

El CO<sub>2</sub> atmosférico se disuelve en el agua de lluvia (ec. 1-2) alterando la concentración de iones hidrónios (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) y estableciendo el pH a 5,6 cuando se trata de una lluvia natural; encontrar lluvias con un pH por encima de este valor permite definir las como lluvias alcalinas.<sup>1</sup>



Las lluvias alcalinas son consecuencia directa de una atmósfera alcalina, lo que se traduce en que especies químicas al contacto con el agua de lluvia se transforman en compuestos capaces de disminuir la concentración de iones hidrónios (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>), aumentando el pH de la lluvia.<sup>2</sup> Las sustancias químicas en la atmósfera capaces de aumentar el pH de la lluvia suelen ser: especies de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) como producto de la transformación del amoniaco o urea empleados en la agricultura, partículas de calcio y magnesio (Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>) provenientes de la explotación minera de canteras, así como otros compuestos orgánicos volátiles que acompañan a estas actividades antropogénicas.<sup>3</sup> Como es bien conocido en Ecuador, específicamente en ciudades cercanas a Portoviejo, existen un sinnúmero de canteras de caliza a cielo abierto que están en plena explotación,<sup>4</sup> lo que conlleva a la incorporación de los compuestos químicos mencionados anteriormente, en forma de partículas de tamaño microscópico (entre 1 y 10 mm de diámetro) en la atmósfera, alterando la química y el balance iónico de la misma. La actividad económica de explotación de canteras es una fuente antropogénica de gran influencia sobre la atmósfera de la región, así como a las emisiones de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> provenientes de la agricultura, que también son un contribuyente a la atmósfera en la ciudad de Portoviejo. La acción de los vientos sobre las fuentes de emisión de especies Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, favorece a la formación de una atmósfera alcalina en la ciudad. Las especies químicas orgánicas e inorgánicas emitidas en los procesos antes mencionados, al ser disueltas o arrastradas por las lluvias hacia las ciudades o poblados, pueden generar cambios químicos y bioquímicos en la salud de sus habitantes, tales como conjuntivitis alérgica, blefaritis, bronquitis y neumoniosis, entre otras enfermedades respiratorias y oculares.<sup>5,6</sup>

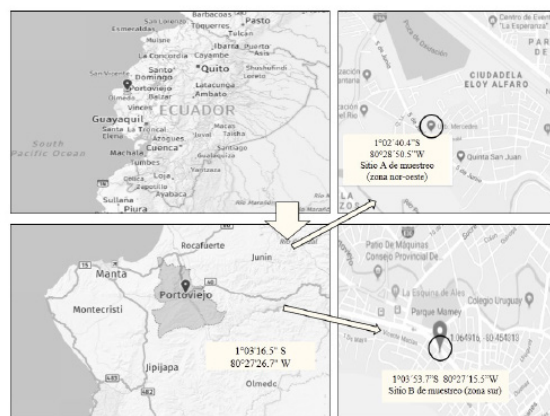
El propósito de esta investigación es evaluar el pH de las lluvias de la ciudad de Portoviejo en la época húmeda del año 2018, como un estudio preliminar de la química atmosférica en esta región del Litoral Ecuatoriano.

### Materiales y Métodos

La ciudad de Portoviejo se encuentra situada en zona Litoral Ecuatoriano, en la Provincia de Manabí, entre las siguientes coordenadas: 1°03'16.5" de Latitud Sur y 80°27'26.7" de Longitud Oeste.<sup>7</sup> Posee un clima cálido ecuatorial con una temperatura promedio de 25,5°C y una elevación respecto al mar de 60 m. Tiene una población aproximada de 210.000 habitantes. En Portoviejo se presenta un régimen de lluvia que se extiende desde noviembre hasta mayo, exhibiendo una distribución unimodal, con un máximo de precipitación en el mes de febrero y un mínimo en noviembre.<sup>8</sup>

Las muestras de lluvia se recolectaron por evento durante el período de lluvia, desde enero a mayo del año 2018 (n=13 eventos) en dos sitios de muestreo de la ciudad: sitio A en la zona oeste (1°02'40.4"S 80°28'50.5"W) y sitio B en la zona sur (1°03'53.7"S 80°27'15.5"W), utilizando colectores manuales a una distancia de 3 m de altura (Figura 1).

Finalizado cada evento de lluvia se midió *in situ* el volumen recolectado, el pH y la conductividad de cada muestra según lo establece la literatura.<sup>9</sup> Se prepararon cinco (5) blancos de agua destilada y, usando el mismo procedimiento, se determinaron sus pH y conductividad. El pH y la conductividad de las muestras de lluvia se midieron empleando un pH-metro, marca OAKTON, modelo pH 510 series.



**Figura 1. Mapa de Ecuador y de Portoviejo. Ubicación de los sitios de recolección de muestras: Sitio A y Sitio B**

### Resultados y Discusión

La Tabla 1 presenta los valores de pH encontrados para cada evento de lluvia colectado en los dos sitios de muestreo de la ciudad de Portoviejo. Los pH de las lluvias presentaron valores máximos y mínimos entre 6,04 y 7,79; el promedio pesado en volumen (PPV) del pH en el Sitio A fue 6,81, y en el Sitio B fue

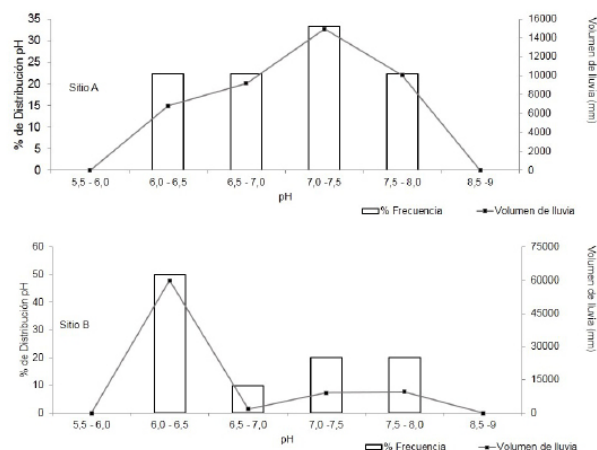
6,09, mostrando ambos sitios valores alcalinos con respecto al pH natural de lluvias (>5,6). Esto permite estimar la influencia principalmente de especies inorgánicas  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , provenientes de las actividades antropogénicas de la región.<sup>10,11</sup>

**Tabla 1. Valores de pH encontrados en los eventos de lluvia producidos en los sitios A y B de la ciudad de Portoviejo, período enero-mayo 2018**

SITIO A					SITIO B			
Mes	No. muestra Sitio A	Fecha	pH	Volumen (mL)	No. muestra Sitio B	Fecha	pH	Volumen (mL)
Enero	-----No fue suficiente muestra-----				-----No fue suficiente muestra-----			
Febrero	1	06/02/2018	7,18	630	1	14-15/02/2018	6,04	150
	2	15/02/2018	6,26	550	2	15-16/02/2018	6,42	720
	3	19/02/2018	6,34	130	3	19/02/2018	6,31	3000
	4	21/02/2018	6,90	470	4	19-20/02/2018	6,26	1000
	5	04/03/2018	7,61	510	5	04-05/03/2018	7,74	415
Marzo	6	07/03/2018	6,63	450	-----No fue suficiente muestra-----			
	7	20/03/2018	7,27	755	6	20-21/03/2018	7,04	300
Abril	-----No fue suficiente muestra-----				7	23/04/2018	6,51	180
	-----No fue suficiente muestra-----				8	28/04/2018	7,35	620
Mayo	8	7-8/05/2018	7,27	107	9	8-9/05/2017	7,79	550
	9	8-9/05/2018	7,87	496	10	09/05/2018	6,17	1130

La distribución de la frecuencia de los valores de pH en los eventos de lluvia exhibe que un 22% de las muestras poseen un pH cercano a 5,6 (pH natural) en el Sitio A, y en el Sitio B, el 50% de los eventos evidenciaron un pH más cercano a 7. En la Figura 2 se puede observar que alrededor del 21% de las lluvias de ambos sitios presentaron el valor de pH más alcalino encontrado en este muestreo, entre 7,5 y 8,0, este efecto se mide por primera vez en un estudio de este tipo, y se estima que puede ser una consecuencia directa de la neutralización que ejercen los componentes alcalinos provenientes de las actividades antropogénicas en la región.

En el Sitio A, la frecuencia máxima de precipitación se encontró en el rango de pH de 7,0 a 7,5 (33% de los eventos); por otro lado, en el Sitio B, la mayor frecuencia de precipitación se presentó en el rango de valores de 6,0 a 6,5, abarcando un 50% de los eventos.



**Figura 2. Distribución de valores encontrados de pH en las muestras de lluvia de la ciudad de Portoviejo, Sitios A y B, en el periodo enero-mayo 2018.**

Este comportamiento en la distribución de valores de pH, permite establecer que el mayor volumen de lluvia que precipita sobre la ciudad de Portoviejo posee un pH por encima del valor natural de lluvia global.

Por estudios realizados en otros lugares, se conoce que las especies alcalinas de mayor presencia e importancia en el balance iónico de la atmósfera son las especies inorgánicas  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , por lo tanto, se prevé la presencia de alguno o todos estos iones en la atmósfera de Portoviejo, debido a las actividades antrópicas desarrolladas en la región (agricultura y minería de caliza a cielo abierto).<sup>12-17</sup>

En estudios de pH en lluvia realizados en la región continental de América del Sur, se muestran condiciones atmosféricas variadas: en Maracaibo, Venezuela, siendo una zona costera y con un crecimiento urbano importante, se han encontrado lluvias ligeramente ácidas (pHPPV=4,8) a causa del incremento de contaminación antropogénica principalmente de iones  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{NO}_3^-$ ; por otra parte, en Salta, Argentina, se midieron niveles de acidez en lluvias y se obtuvieron valores similares a los de la lluvia natural (pHPPV=5,52) que, acompañado de otras evaluaciones realizadas, permite concluir que no hay grandes aportes de contaminación antrópica en esta ciudad.<sup>18</sup> En un trabajo publicado de la ciudad de Quito, Ecuador, se muestra como los pH de lluvia presentan valores por debajo de 5,6 en un 50% de las muestras recolectadas, mientras que se detectan pH básicos al occidente de la ciudad, donde hay mayor influencia por la vegetación de la ladera de Pichincha, permitiendo la neutralización de la acidez atmosférica.<sup>19</sup> En la Amazonía de Brasil, donde la influencia de los incendios forestales altera gravemente toda la atmósfera de esta zona, se realizó un estudio de pH en lluvias donde se determinó un promedio cercano al valor de la lluvia natural de 5,4 (min-max = 2,7-8,5): los eventos de lluvia ácida con valores de pH inferiores a 4,7 alcanzaron el 25 %, y el 60 % de ellos tuvieron valores inferiores a 5,6.<sup>20</sup>

Esta caracterización química de las lluvias en la ciudad de Portoviejo, permiten reflexionar y, en el futuro, relacionar esta realidad con la prevalencia de enfermedades oculares o respiratorias en sus pobladores, ya que existen evidencias de que la contaminación atmosférica aumenta las afecciones de salud del tipo: conjuntivitis, blefaritis, bronquitis, neumoconiosis benigna y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).<sup>5,6</sup> Según la OMS la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de defunciones prematuras.<sup>21</sup>

## Conclusión

Se concluye que las lluvias de la ciudad de Portoviejo pueden ser consideradas como alcalinas (pHPPV = 6,09 - 6,81), ya que los eventos de mayor volumen poseen valores de pH por encima del valor natural para lluvias globales (pH=5,6). Se estima que la gran influencia de las fuentes antrópicas de la región, como la explotación de las canteras de caliza y las actividades agrícolas de la zona, son las principales responsables de este efecto atmosférico debido a la emisión de contaminantes inorgánicos como  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ .

## Agradecimiento

Se agradece a la Universidad Técnica de Manabí (UTM) y al Instituto de Investigación de la UTM por el financiamiento de este trabajo a través del proyecto de investigación: "Evaluación preliminar de los niveles de acidez - basicidad de las lluvias, depositación seca y su composición iónica soluble en dos sitios de Portoviejo, Manabí, Ecuador".

## Referencias bibliográficas

1. SÁNCHEZ L., MORALES J., VELÁSQUEZ H., PORTILLO D., CANO Y., MONTILLA B., IRIARTE N., MESA J. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 25 (3): 169 - 179. 2009. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v25n3/v25n3a5.pdf>
2. QIAO X., XIAO W., JAFFE D., KOTA S.H., YING Q., TANG Y. *Science of The Total Environment* 511: 28-36. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.028>
3. GIBSON M.A., BYERLY D.W. *Lessons from Limestone: How to teach all sciences with limestone*. The Geological Society of America. USA. 23-32. 2018. [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=RZVRDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA23&dq=quarry+limestone+chemistry+&ots=POGqu71fU5&sig=KAHQjQsiZ15IngboDNwm8dExsxA&redir\\_esc=y#v=onepage&q=quarry%20limestone%20chemistry&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=RZVRDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA23&dq=quarry+limestone+chemistry+&ots=POGqu71fU5&sig=KAHQjQsiZ15IngboDNwm8dExsxA&redir_esc=y#v=onepage&q=quarry%20limestone%20chemistry&f=false)
4. REA TOAPANTA, A.R. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*. 2 (2): 41-52. 2017. <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/68-Texto%20del%20art%C3%ADculo-197-2-10-20190130.pdf>
5. <http://www.esferasalud.com/salud-medio-ambiente/enfermedades-producidas-medio-ambiente>. Fecha de consulta: 10/06/2018



6. BELL J.E., LANGFORD BROWN C., CONLON K., HERRING S., KUNKEL K.E., LAWRIMORE J., LUBER G., SCHRECK C., SMITH A., UEJIO C. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 68 (4): 265-287. 2018. <https://doi.org/10.1080/10962247.2017.1401017>
7. <https://www.geodatos.net/coordenadas/ecuador/portoviejo> Fecha de consulta: 12/05/2018
8. [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/portoviejo\\_ecuador\\_3652941](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/portoviejo_ecuador_3652941) Fecha de consulta: 12/05/2018
9. **Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater:** 4500-H+ pH VALUE (2017). 23rd. January 2018. <https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.082>
10. BUDHAVANT K.B., RAO P.S.P., SAFAI P.D., GAWHANE R.D., RAJU M.P., MAHAJAN C.M., SATSANGI P.G. *Aerosol and Air Quality Research*. 12: 561-570. 2012. <https://aaqr.org/articles/aaqr-11-12-0a-0233.pdf>
11. RAO P.S.P., TIWARI S., MATWALE J.L., PERVEZ S., TUNVED P., SAFAI P.D., SRIVASTAVA A.K., BISHT D.S., SINGH S., HOPKE P.K. *Atmospheric Environment*, 146: 90-99. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.06.069>
12. ROYA., CHATTERJEEA., TIWARI S., SARKAR CH., KUMAR DAS S., KUMAR GHOSH S., RAHA S. *Atmospheric Research*, 181: 44-53, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.06.005>
13. ZHANG D.D., PEART M.R., JIM C.Y. LA J. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. 107 (14): ACH9-1 - ACH9-6. 2002. DOI: 10.1029/2001JD001332
14. KUMAR R., RANI A., SINGH S.P., MAHARAJ KUMARI K., SRIVASTAVA S.S. *Journal of Atmospheric Chemistry* 41: 265-279. 2002. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1014955715633>
15. KHAN M.N., SARWAR A. *Atmósfera*. 27 (1): 35-46. 2014. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-62362014000100004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362014000100004&lng=es&nrm=iso)
16. NIU H., HEY., LU X.X., SHEN J., DU J., ZHANG T., PU T., XIN H., CHANG L. *Atmospheric Research*. 144: 195-206. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.03.010>
17. NATH, S. AND YADAV, S. *Aerosol Air Qual. Res.* 18: 26-36. 2018. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2017.01.0033>
18. Romero Orué M., Gaiero D., Paris M., Fórmica S., Murray J., de la Hoz M., López E., Kirschbaum, A. *AndGeo*, 44 (1): 59-78. 2017. <https://dx.doi.org/10.5027/andgeoV44n1-a04>
19. Flores R., Bonilla P. *Química Central*. 1 (01): 27-34. 2010. <https://doi.org/10.29166/quimica.viii.1192>
20. Fonseca Duarte A., Gioda A., Ziolli R., Duó D. *Rev Cubana Salud Pública*. 39 (4), 627-639. 2013. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662013000400002&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662013000400002&lng=es)
21. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). Fecha de consulta: 10-05-2018



UNIVERSIDAD  
DEL ZULIA

---

# CIENCIA

Vol.26 N°3, 4

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en diciembre de 2018, por el **Fondo Editorial Serbiluz**, Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela*

[www.luz.edu.ve](http://www.luz.edu.ve)  
[www.serbi.luz.edu.ve](http://www.serbi.luz.edu.ve)  
[produccioncientifica.luz.edu.ve](http://produccioncientifica.luz.edu.ve)