

## LLUVIA ACIDA: CONSECUENCIAS Y ACCIONES A TENER EN CUENTA PARA DISMINUIR EL FENÓMENO CLIMÁTICO

ACID RAIN: CONSEQUENCES AND ACTIONS TO TAKE INTO ACCOUNT TO REDUCE THE CLIMATE PHENOMENON

Ulises Irving Velasco Méndez<sup>1</sup>, Diego Rafael Iriarte Peña<sup>2</sup>, Mónica Ivonne Zavala Soto<sup>3</sup>, Mike Ortiz Ramírez<sup>3</sup>

### Afiliación:

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de México

<sup>2</sup> Corporación Universitaria del Caribe CECAR

<sup>2</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos

### Conflicto de Interés:

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

**Recibido:** Junio 2023

**Aceptado:** Junio 2023

### Artículo arbitrado por pares

### Para citar este artículo:

Velasco Méndez UI, Iriarte Peña DR, Zavala Soto MI, Ortiz Ramírez M. Lluvia acida: consecuencias y acciones a tener en cuenta para disminuir el fenómeno climático. RCCS [Internet]. 30 de junio de 2023 ;2(3):222-8. Disponible en: <https://csalud.unat.edu.pe/index.php/RDE/article/view/35>



### RESUMEN

En el siguiente artículo presenta una explicación sobre el fenómeno de la lluvia ácida para el curso de Química en la Universidad Cesar Vallejo, Se ha tomado como referencia el trabajo de investigación de dos profesionales graduados en la Universidad de la Salle de Bogotá – Colombia, en el que consistió determinar el comportamiento del fenómeno ambiental y las condiciones meteorológicas en el barrio de "La Candelaria" de dicha ciudad, donde siguieron una serie de pasos, se aplicó la metodología de: Crear un inventario, analizar los datos disponibles, y hacer una revisión de análisis de las muestras, además de no presentar fuentes importantes de contaminantes de origen industrial, tiene un ambiente físico atmosférico que permiten sugerir un valor normal de pH de entre 5.7 y 5.8; esto lo obtuvieron a partir del análisis de los valores obtenidos durante los seis meses de muestreo, lo cual nos lleva a deducir que no siempre la ausencia de industrias asegura un clima sano y limpio.

**Palabras clave:** Lluvia acida, Ph, fenómeno ambiental.

### ABSTRACT

The following article he presents an explanation about the phenomenon of acid rain for the Chemistry course at the Cesar Vallejo University. The research work of two professionals graduated from the Universidad de la Salle in Bogotá - Colombia, in which consisted of determining the behavior of the environmental phenomenon and the meteorological conditions in the "La Candelaria" neighborhood of said city, where they followed a series of steps where the methodology was applied: Create an inventory, analyze the available data, and make a review of analysis of the samples, in addition to not presenting important sources of contaminants of industrial origin, it has a physical atmospheric environment that allows suggesting a normal pH value of between 5.7 and 5.8; This was obtained from the analysis of the values obtained during the six months of sampling, which



leads us to deduce that the absence of industries does not always ensure a healthy and clean climate.

**Keywords:** Acid rain, Ph, environmental phenomenon.

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de personas que habitamos todos los países estamos expuestos a casi medio millón de sustancias de origen raro provenientes del medio ambiente, la mayor parte de ello invade el aire que respiramos y llegan a tal punto que son perjudiciales y nocivas para la salud. Otras sustancias de naturaleza gaseosa como los son el monóxido de carbono, el ozono, polvos y humos son prácticamente presentes en el ambiente aéreo y resultan de procesos orgánicos abióticos y bióticos: actividad volcánica y geotérmica, descargas eléctricas, incendios forestales, fermentación y respiración celular, etc.

Las sustancias que se han mencionado se mantienen durante largo tiempo en niveles de concentración estrechos gracias a eficientes mecanismos de reciclamiento a cargo de la propia naturaleza. No obstante, la actividad industrial produce ahora grandes cantidades de sustancias extrañas que están alcanzando el grado de contaminantes peligrosos para la biota en general, debido a que exceden la capacidad del ecosistema para deshacerse de ellos, y sus niveles tienden hacia el aumento, permanencia e irreversibilidad.

El uso de combustibles fósiles como energéticos son la mayor fuente de contaminación atmosférica. Tal es el ejemplo del petróleo, gas y carbón, que son usados en cantidades enormes, y los desechos de su combustión se arrojan a la atmósfera en forma de polvo, humo y gases. Los dos primeros podemos verlos y desagradan demasiado, pero los gases que no se pueden ver a simple vista, parecen inofensivos e insignificantes, pero son los más peligrosos.

Después de todo, la sociedad contemporánea está demasiado preocupada, se ha llegado al punto de conciencia sobre el caso y sabemos que esto atenta al entorno en que se vive. Observar cotidianamente el aire de la ciudad que se habita saturado de humo y polvo preocupa y enoja.

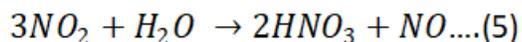
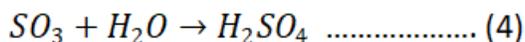
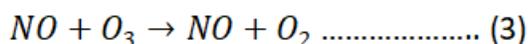
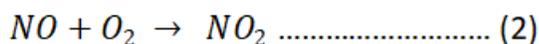
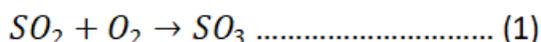
En teoría al menos, polvo y humo pueden evitarse, pero los gases, son inevitables y pueden causar desde lluvia ácida hasta el calentamiento de la tierra (efecto invernadero), así como el incremento en los niveles del ozono y el monóxido de carbono que son altamente tóxicos para los humanos.

La llamada lluvia ácida tiene un pH inferior a 5,6 y puede ir hasta 2,5 y excepcionalmente 1,5. Una solución con un pH 6 es diez veces más ácida que una de pH 7, una de pH 5, cien veces más ácida, la proporción se van multiplicando por diez a medida que disminuyen los valores del pH.

La contaminación amortigua a toda clase de organismo, sea humano, vegetal o animal. Esto genera una disminución de las defensas y oportunidades para contraer enfermedades. Las personas que más son afectadas son los infantes, los adultos mayores, las mujeres embarazadas y los pacientes de dolencias crónicas.

La lluvia ácida se define como uno de los resultados relacionados con la contaminación ambiental, específicamente con la contaminación del aire que denota los cambios dados en el medio ambiente a partir del agua de las nubes, ya que estas adquieren diferencias por las partículas emanadas de distintos tipos de ácidos contaminantes. Según Albert, L (1997), este fenómeno se debe a la

incorporación y formación de compuestos ácidos en la atmósfera a partir de emisiones (como partículas y gases) de vehículos de motor y de fuentes industriales, además de aquellos contaminantes que son emitidos por fuentes naturales como los procesos geológicos (erupciones volcánicas) y biológicos (emisiones biogénicas derivadas de distintos tipos de fermentación aeróbica y anaerobia), incendios forestales y descargas eléctricas. Estas emisiones contienen óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y trióxido de azufre, que al mezclarse con agua se transforman en ácido sulfuroso, ácido nítrico y ácido sulfúrico. Algunos de estos ácidos pueden llegarse a producir a partir de contaminantes primarios como el bióxido de azufre y óxido de nitrógeno por las siguientes reacciones:



### Causas de la lluvia ácida

La lluvia ácida se puede producir por diferentes causas, la más común y que son difíciles de evitar, son las de origen natural; como las que son generadas por erupciones de volcanes; y los terremotos, debido a que son procesos naturales que liberan una potente cantidad de sustancias contaminantes viajan de manera directa hacia la atmósfera.

No obstante, este proceso meteorológico dañino es considerado una consecuencia de las constantes actividades irresponsables y cotidianas del hombre; que se da principalmente por las acciones desde las industrias que crean cualquier producto químico, así como también por el mal uso de

combustible en transportes de todos sus estilos, pues son los principales elementos de la vida diaria que van utilizando combustibles fósiles para funcionar; tal y como es la gasolina. Además, el problema de la lluvia ácida va alcanzando el nivel de contaminación; pues se llega a identificar el lugar con mayor desarrollo en contaminación son en las áreas urbanas y en áreas industriales; ya que son las regiones donde mayormente se desarrolla gran parte de la población.

Si nos ponemos a analizar con más detalle, la mayoría de fábricas y plantas industriales son las raíces causantes en crear lluvia ácida; dado a que se utilizan los combustibles fósiles como principal fuente de energía primaria y que por sus chimeneas altas; van esparciendo partículas dañinas reflejadas en ácidos que se acumulan en el aire y se mantienen permanentes en el medio ambiente.

La contaminación del aire a partir de los ácidos se genera porque tales partículas quedan en suspensión y empeora la situación por acción del viento; llevándolas a todas las comunidades cercanas que afecta la salud del medio ambiente y el entorno donde viven nosotros.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Para poder tener una mejor ejemplificación y comprensión de la lluvia ácida, vamos a tomar como referencia el trabajo de investigación del año 2011 de los ingenieros ambientales Víctor Jiménez López y Gabriel Herrera Torres de la Universidad de la Salle de Bogotá - Colombia, en el que consistió determinar el comportamiento de la lluvia ácida y las condiciones meteorológicas en el barrio de "La Candelaria" de dicha ciudad.

La lluvia ácida está directamente relacionada tanto con los contaminantes atmosféricos, como con la zona de precipitación del lugar afectado. De esta manera, ellos afirmaron que los resultados del presente proyecto de

investigación dependen de la intensidad y frecuencia de la precipitación en el área de estudio. Dado el carácter aleatorio de la ocurrencia de la lluvia, para ellos no es posible establecer un número de días con lluvia para un período determinado (semana, mes, año) y mucho menos señalar los días y horas en que ocurrirá el evento.

Lo aleatorio del comportamiento del parámetro y la diferencia en los métodos de medición de las variables acidez y cantidad de precipitación, no facilitaron un diseño experimental en particular. A continuación, se presentan, los pasos seguidos que ellos emplearon para la obtención y manejo de la información básica para el desarrollo del proyecto. En la fase inicial del proyecto compilaron, analizaron y seleccionaron los datos diarios, mensuales y multianuales de cada una de las variables estudiadas, observadas en las estaciones seleccionadas. Las principales actividades fueron:

- Crear un inventario y hacer una revisión de información meteorológica.
- Análisis y verificación de datos disponibles. (De estaciones existentes en el área de estudio y de estaciones consideradas como auxiliares).
- Revisión Bibliográfica y de antecedentes sobre lluvia ácida y sus impactos (De estudios sobre lluvia ácida en Bogotá, estudios sobre Impacto de la lluvia ácida en estructuras estudios sobre Impacto de lluvia ácida y su impacto en la cobertura).
- Revisión de métodos de análisis existentes, a nivel nacional e internacional.

**Puntos de muestreo de lluvia ácida en “La Candelaria”:**

Para la ubicación de los equipos de muestreo de lluvia ácida seleccionaron los seis lugares estratégicos mostrados a continuación:

- Casa de Poesía Silva
- Casa Museo Quinta de Bolívar

- Universidad de La Salle, sede Centro
- Colegio Centro Sagrado Corazón
- Casa del Florero- Museo de la Independencia
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público

**Análisis de muestra de agua de la lluvia**

A. Análisis de laboratorio: Además del pH tomado en el mismo instante de recoger la muestra, el agua lluvia fue llevada al laboratorio donde se realizaron ciertos análisis para determinar:

- La alcalinidad
- Contenido de nitritos
- Contenido de sulfatos

B. Análisis cualitativo: Hace referencia a la clasificación de los posibles impactos sobre la infraestructura del sector histórico de “La Candelaria”, (observación directa y la comparación con las teorías consultadas).

**RESULTADOS**

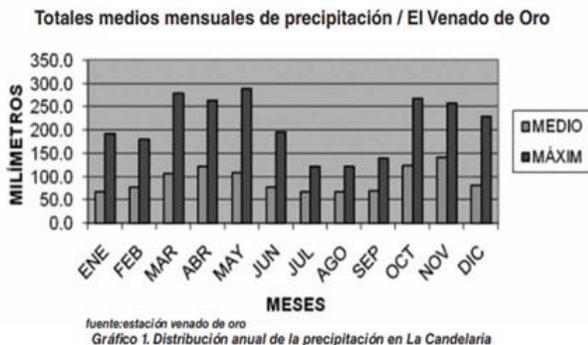
Para está investigación, tomaron como base las redes meteorológicas de 7 lugares del barrio “La Candela”

Nº	ESTACIYN	COORD. GEOGRAFICAS		ELEV	SERIE
		LAT. N	LONG W		
1	El Venado de Oro	0436	7404	2725	1970-2008
2	UNISALLE 1	0435	7404	2720	2008-2008
3	IDEAM. Calle 20	0436	7405	2640	2003-2008
	(Antes Edif. Saraga )	0436	7405		1973-1986

ESTACIONES AUXILIARES				SERIE	
4	HIMAT- Edif. Corpavi	0436	7404	2685	1986-2006
5	Edif. Manuel Mejía	0437	7405	2580	1981-2007
6	U. Nacional	0438	7406	2556	1988 - 2007
7	UNISALLE 2	0435	7404	2720	2006-2008

Debido a que se tomó como base los datos de

la anterior tabla, ellos concluyeron esta fase asegurando que los valores totales medios anuales de precipitación están entre 1050 y 1110 milímetros y que la distribución temporal sigue un patrón de dos períodos de lluvia al año.



Además, obtuvieron un promedio mensual multianual del número de días con lluvia, y en esta etapa concluyeron que en "la Candelaria" como en toda la ciudad, estadísticamente, la mayor cantidad de lluvias fuertes ocurren en las horas de la tarde y son precedidas, generalmente, de mañanas bastante soleadas. De la misma forma, el mayor número de tormentas se presenta durante los meses de abril, mayo, octubre y noviembre.

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
U. Nacional -OMN	9	11	13	18	18	17	16	15	15	19	17	12	180
Venado Oro	8	11	14	16	19	20	21	20	16	18	18	12	193

## DISCUSION

Después de que este grupo haya realizado ciertos estudios consultados, pudieron ver que existe una gran acidez normal en la precipitación sobre grandes ciudades, citando a valores obtenidos de pH alrededor de 5.6; sin embargo, es importante destacar que "La Candelaria", además de no ser un lugar que posee contaminantes de origen industrial, tiene un ambiente físico atmosféricas que permiten sugerir un valor normal de pH de entre 5.7 y 5.8; esto lo obtuvieron a partir del

análisis de los valores obtenidos durante los seis meses de muestreo, lo cual nos lleva a deducir que no siempre la ausencia de industrias asegura un clima sano y limpio.

Los valores de pH observados y obtenidos en la localidad de La Candelaria muestran un comportamiento similar en los seis puntos de muestreo. Es importante anotar que durante los meses de enero, febrero y marzo se da un ligero descenso en los valores hasta alcanzar 5.5 que, de acuerdo con la teoría, corresponde a una lluvia ligeramente ácida. Durante abril, mayo, junio y julio, los valores se incrementan hasta alcanzar 6.7; aunque en el mes de agosto solo se contó con 15 días de observaciones es posible identificar la tendencia de las observaciones; un valor medio de 7,5 para el área de estudio muestra un descenso en la acidez de la lluvia, comportamiento más que normal para este mes.

Las sustancias presentes como lo son los nitratos, así como la de sulfatos en las muestras de agua de la lluvia analizadas, permitieron concluir lo siguiente: los datos de concentración observados en los seis puntos de muestreo alcanzan sus valores más altos durante los meses de enero y febrero, de ahí en adelante es posible identificar una reducción continua hasta el mes de mayo; el mes de junio presenta una aparente transición; es decir, hay un leve incremento debido al ligero aumento en las horas de sol y luego, en julio, aparecen los valores más bajos. En el mes de agosto se mantienen activos los vientos y las lloviznas intermitentes; estas últimas almacenan los nitratos y sulfatos sin que logren acidificar la lluvia. Esta puede ser la razón por la que se observa un ligero incremento en la concentración de nitratos y sulfatos en las muestras dadas.

VARIABLE	E	F	M	A	M	J	J	A
Ph	5.8	5.9	5.5	6.1	6.3	6.6	6.7	*7.3
Nitratos	3.3	3.3	2.6	2.3	1.7	2.2	1.9	*2.9
Sulfatos	4.2	3.3	3.3	3.0	1.4	2.7	2.2	*3.6
Acidez	x	9.1	8.6	7.7	6.3	7.5	4.6	x

## CONCLUSIONES

La lluvia ácida es el resultado contaminación ambiental, especialmente por vía aérea. Se forma a través de gases y partículas donde muchas veces son producidos por el mal uso de los combustibles fósiles, contando a las industrias.

La lluvia ácida puede tener efectos perjudiciales en todos los ámbitos de nuestra vida diaria, por el lado de la salud podría afectar nuestra respiración. En el lado del medio ambiente destruye las faunas marítimas muchas veces y daña las vegetaciones. En el lado material, puede llegar a afectar a las construcciones de hogares o monumentos.

El proyecto de investigación de los estudiantes de la Universidad La Salle, fue usado para ejemplificar un estudio bien elaborado sobre la lluvia ácida en una comunidad y darle un nivel más complejo al artículo. Después de ciertos análisis de sus resultados, se concluyó que durante los primeros meses del año los valores de pH presentan sus menores valores, (entre 5,5 y 5,9), lo que le cede un voluble nivel de acidez a la lluvia; esto es debido a que las pocas precipitaciones que se realizan, destruyen compuestos químicos, aerosoles y otras partículas de carácter estático en el aire que se han agregado durante el primer periodo de carácter seco en el año. En el transcurso del mes de marzo, cuando se presentan las lluvias con más frecuencia se presenta el denominado barrido atmosférico que produce el promedio de pH más bajo (5,5) en las muestras. Es en el mes de abril, el valor de pH empieza a ascender alejándose cada vez más del umbral de acidez hasta lograr en la primera quincena

de agosto valores más elevados de todos los lugares de muestreo.

Cuando se comprobó que hay existencia de nitratos y sulfatos en las muestras de agua de lluvia analizadas, permitieron concluir que los datos de concentración observados en los seis lugares de muestreo logran sus mayores valores durante los meses de enero y febrero, cuando las horas de calentamiento superficial son importantes, la atmósfera se encuentra en estado seco y los contaminantes crecen por persuasión hasta acumularse al límite de la capa de mezcla. Durante los meses de marzo, abril y mayo, tanto los nitratos como los sulfatos llegan a la superficie como parte de la lluvia ácida. Mientras haya mayor intensidad de la precipitación, será menor será la carga contaminante que permanece en la atmósfera, de ahí proviene las bajas concentraciones de NO<sub>3</sub> y SO<sub>4</sub> en las muestras analizadas durante los respectivos meses. Después de ello se identificó una disminución constante hasta el mes de mayo; luego el mes de junio mostró un leve incremento y luego, en julio, los valores fueron muy bajos, esto es debido a las fuertes lloviznas e incremento de vientos sobre la localidad de La Candelaria

Algunas de las soluciones que se trata de implementar para erradicar este fenómeno natural, es ahorrar la energía, e implementar el uso de gas natural y convertidores catalíticos en la industria automovilística, sería un gran aporte y beneficio para el ecosistema y sociedad, si se llegará a implementar esto, se cuidaría el ambiente y el aire que respiramos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. López, Víctor, Herrera, Gabriel. Diagnóstico de Lluvia Ácida y Condiciones Meteorológicas Asociadas en el Barrio La Candelaria – Bogotá D.C. UNAD - Revista Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales [en línea]. Agosto 2011, N° 5. [Fecha de consulta: 25 de noviembre

- de 2018]. Disponible en:  
<http://oaji.net/articles/2017/5082-1501177044.pdf>. ISSN: 1900-6608.
2. ¿Qué es la lluvia ácida? [Mensaje en un blog]. Madrid: ingeoexpert.com. (22 de diciembre del 2017). [Fecha de consulta: 25 de noviembre del 2018]. Recuperado de <https://ingeoexpert.com/que-es-la-lluvia-acida/?v=3acf83834396>.
  3. Lluvia Ácida: ¿Necesita usted empezar a usar un sombrero impermeable? [Mensaje en un blog]. USA: USGS (29 de agosto del 2017). [Fecha de consulta: 26 de noviembre del 2018]. Recuperado de: <https://water.usgs.gov/gotita/acidrain.html>.
  4. ¿Qué es la lluvia ácida y por qué se produce? [Mensaje en un blog]. Chile: Luis Barrera Gonzales. (28 de julio del 2016). [Fecha de consulta: 26 de noviembre del 2018]. Recuperado de: <http://ecologianomada.com/lluvia-acida>.