

CALIDAD DEL AGUA DE LLUVIA EN LA ZONA NOR-ESTE DE LA CIUDAD DE CARACAS: EVALUACION

**Autora: Ana María Agudelo. Coautor: Ing. Silvia Acuña
Universidad Metropolitana**

Resumen

El presente trabajo se realizó con la finalidad de determinar la calidad del agua de lluvia en la ciudad de Caracas, específicamente en la zona noreste, donde se encuentra ubicada la Universidad Metropolitana, en el periodo comprendido entre mayo y junio de 2010, con la finalidad de establecer si la misma puede ser aprovechada por la Universidad en sus actividades cotidianas. La calidad del agua de lluvia es influenciada por el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno, los cuales sufren cambios químicos en la atmósfera y regresan a la tierra como ácidos. Estos ácidos causan daños incalculables, no sólo en las aguas, los suelos, los vegetales, sino además en las especies animales, que requieren de un grado de ácidos determinado para garantizar el equilibrio ecológico, y su existencia. Para analizar la situación del agua de lluvia, se seleccionaron lugares de fácil acceso, y los análisis físico-químicos pertinentes en cuanto a la evaluación de pH, Cloruro, Sulfuro, Nitrato y Fosfato. El análisis de los resultados obtenidos permitió establecer que el agua de lluvia es de carácter ligeramente ácido para el periodo estudiado, tomando en cuenta que las especificaciones en cuanto a la calidad del agua potable el pH esta fuera de los parámetros aceptables, por lo cual necesita un tratamiento adecuado para ser usada dentro de las instalaciones de la Universidad Metropolitana, para la limpieza de áreas comunes así como el riego de los jardines y los baños.

Palabras claves: Calidad de Agua, lluvia, tratamiento, usos del agua.

CALIDAD DEL AGUA DE LLUVIA EN LA ZONA NOR-ESTE DE LA CIUDAD DE CARACAS: EVALUACION

**Autora: Ana María Agudelo. Coautor: Ing. Silvia Acuña
Universidad Metropolitana**

Introducción

El agua es indispensable para la vida de los seres humanos, ya que el cuerpo posee al menos dos terceras partes de agua, permitiendo mantener equilibrada la temperatura y así funcionar normalmente. La lluvia puede ser una fuente adicional de agua, que tratada de manera oportuna, puede alcanzar las condiciones de potabilidad que permitan su consumo.

La importancia del fenómeno de lluvia ácida en regiones con altos índices de contaminación atmosférica hace necesario su estudio con el fin de evaluar la presencia, de éste fenómeno. Se conoce como lluvia acida, a cualquier precipitación existente que posea un pH por debajo de 5,6 (García et al, 2007). Esto se debe a que el agua es un excelente solvente, y cuando esta precipita en forma de lluvia disuelve algo del dióxido de carbono (CO₂) presente en la atmósfera y retorna a la superficie en forma "ácido carbónico" Rodríguez y Sánchez, s.f.).

La Universidad Metropolitana se encuentra situada en los linderos del Parque Nacional Waraira Repano, dicho parque cuenta con extensa vegetación así como con un hábitat natural, lo cual hace vulnerable la zona a las precipitaciones ácidas. La fuente de abastecimiento de la universidad es la quebrada Santa Rosa, dicha agua es almacenada en un tanque con capacidad de un millón de litros, y tratada de forma manual con pastillas de Hipoclorito, dicho tratamiento se vería afectado de gran forma si variaran parámetros de pH, así como los metales, y los aniones que coexisten en forma natural dentro del agua. Es por ello que el objetivo de esta investigación es determinar la calidad del agua de lluvia que precipita en el nor-este de la ciudad de Caracas, con la finalidad de establecer si la misma puede ser aprovechada por la Universidad Metropolitana en sus actividades cotidianas.

Marco teórico.

El planeta tierra cuenta con 1,41 mil millones de km³ de agua, la cual se encuentra dividida en: 97% en los mares, 3% restante es agua dulce. De ese 3%: el 97% está en los polos congelada, el 2% conforma las corrientes subterráneas y el 1% es al que tenemos acceso. De ese 1%: el 55% está en lagos, el 35% pertenece a la

humedad del medio, el 8% es vapor, el 1% pertenece a los organismos vivos y el 1% está en los ríos (Been, 2005).

El ciclo hidrológico es un proceso continuo pero irregular en el espacio y en el tiempo, es cerrado por lo que el volumen de agua en el planeta es constante. Los niveles de contaminación atmosféricos han traído como consecuencia que la calidad del agua varíe en el tiempo. Por ser el agua un solvente universal ésta disolverá contaminantes presentes en el suelo y el aire incorporándolos en esta ruta del agua a lo largo del ambiente, el ascenso a las nubes en forma de vapor, es un proceso purificador, mientras que al precipitar la misma inicia un proceso de contaminación cuyo resultado se ve influenciado por la contaminación atmosférica, de las características geológicas del terreno, así como de su distribución de aguas superficiales o subterráneas.

El concepto de calidad del agua no es único, pues los valores y parámetros utilizados para establecer dicha calidad vienen dados más por el uso que se le destine, que por la composición química natural que el agua posea. A nivel mundial el uso del agua se encuentra distribuido principalmente de la siguiente manera: agrícola (46%), doméstico (43%) e industrial (11%), (Agrifoglio, 2004). En Venezuela alrededor del 80% del agua se genera en los Parques Nacionales, y en Caracas una fuente vital de este recurso se encuentra en el Parque Nacional Waraira Repano.

La escasez de agua en la época de sequía, así como la calidad que se recibe de la misma en esas épocas, hace de la gestión hídrica una herramienta importante a nivel de gestión ambiental. Por lo que el agua proveniente de las lluvias toma un real interés para su aprovechamiento en las actividades cotidianas que se llevan a cabo en cualquier lugar. Pero la calidad del agua de lluvia se ve influenciada por la calidad del aire circundante en la zona, pues como ya se indicó con anterioridad el agua es el solvente universal y tiende a traerse un gran número de contaminantes en el proceso de precipitación. Es aquí donde la importancia de estudiar la calidad del agua de lluvia entra en juego y es necesario verificar si hay presencia o no de lluvia ácida.

Resultados.

Posibles usos del agua de lluvia dentro del campus

El agua de lluvia, dentro de la universidad Metropolitana, se puede usar para el riego de la vegetación; ya que el campus universitario cuenta con gran cantidad de áreas verdes, así como con una cancha de fútbol y una de béisbol. Si la calidad del agua de lluvia puede ser llevada a niveles de potable podría ser usada para el lavado de áreas comunes, pasillos, salones, la feria, el cafetín entre otros, así como también ser utilizada para el lavado de baños y usos dentro de la cocina. Para determinar si dicha agua es adecuada o no se debe comparar los resultados obtenidos con parámetros de calidad previamente establecidos para el agua, los cuales indican que dicha agua puede tener el uso que se le asigne.

Agua de Riego

Asumiendo que durante la época de sequía existen 24 semanas y las áreas verdes de la Universidad son regadas ínter diariamente, usando 4 litros por m² el consumo de agua necesario para cubrir esta demanda es de 39.803.904 L , los datos de las áreas verdes de la universidad que deben ser atendidas por riego se desglosan en la tabla 1.

Tabla 1: Distribución de las necesidades de agua para riego

Zonas Verdes en el Campus	Área m2
Campo de Futbol	20000
Laguna, canchas, camineria	52473
Redoma	626
Bordes Vegetales Estacionamiento	13062
Areas Verdes, (Edf. Docentes)	24750
Areas Verdes Internas	7553
TOTAL	118464

Fuente: Elaboración Propia

Agua para la Limpieza de pisos

Con referencia del supervisor del servicio de limpieza se utiliza aproximadamente 5 litros de agua por m² para la limpieza de un pasillo, en cada uno de los edificios, para cubrir la demanda total de este servicio se necesitan 44.640 L.

Recolección y Muestreo

Períodos previos a este estudio, la atmósfera caraqueña presentó un enrarecimiento debido a la sequía extrema la cual se denomina calima. La calima se presentó como un factor importante en la ciudad de Caracas, contribuyendo al calor durante todo el día y toda la noche, ya que la misma actúa como una especie de tapón vaporoso que no solamente retiene el calor en la superficie de la ciudad,

sino que además hace lucir al Área Metropolitana más contaminada, ya que este fenómeno incrementa las partículas sólidas suspendidas en el aire, las cuales se presenta debido a la alta incidencia de incendios forestales, esto en combinación con las condiciones meteorológicas en la temporada seca. (Rodríguez, R. 10-03-2010, EI UNIVERSAL)

Puntos de Muestreo

Una vez analizados los lugares se decidió colocar un punto de muestreo en la Urbina y 3 en el campus de la Universidad Metropolitana durante los meses de mayo y junio del presente año, ya que para esta ocasión fue el periodo de lluvias en nuestro país. A continuación se detallan las características de los lugares de muestreo seleccionados:

Punto I: El muestreo fue colocado en la azotea de un edificio de la calle 13-1. Esta zona se encuentra ubicada cerca de la zona industrial de la Urbina, este sitio también se caracteriza por estar influenciado por el tráfico automotor de avenidas y calles.

Punto II: Estuvo en el edificio Eugenio Mendoza Goitica, en un área bastante despejada y a su vez cercana al Parque Nacional Waraira Repano. Allí hay poca afluencia vehicular y una mínima contaminación.

Punto III: Edificio Corimon, ubicado dentro del campus universitario, teniendo cercano árboles y edificios conexos, por otro lado tiene cerca la entrada principal a la universidad por lo que la atmosfera cercana se influencia por el tránsito vehicular local.

Punto IV: Modulo de Aulas A1 y A2, rodeado de vegetación, y poca afluencia vehicular, cercanos a la vegetación del Parque Nacional Waraira Repano.

Parámetros Analizados

A nivel mundial se ha determinado que se habla de lluvia acida cuando su valor de pH es inferior a 5,6 (García et al, 2007), en el periodo de estudio se determinó que el valor de pH se encuentra en valor promedio de 5,70, esto demuestra que la ciudad de Caracas en la zona nor-este tiene una pequeña contaminación atmosférica la cual modifica la naturaleza de las precipitaciones. El pH durante el estudio disminuyó llegando a un valor de 5,5, cuando pasa cierto periodo sin que se presente precipitaciones, mientras que cuando las mismas son de forma continua hacen que el pH comience a aumentar tomando un valor de 5,82; para este caso de estudio se supone que los gases que se encuentran concentrados en

la atmosfera se disuelven en el agua de lluvia, ya que las precipitaciones limpian la atmósfera de los contaminantes que se encuentran en ella.

Para los nitratos se encontraron concentraciones de 3,4 mg/l, la más alta registrada en el edificio Corimon durante la tercera semana y la más baja es 0,2 mg/l para la cuarta semana en la zona de la Urbina, dándose como promedio general 1,56 mg/l. Como se sabe, el dióxido de nitrógeno, se disuelve en agua contribuyendo significativamente en la oxidación, en fase acuosa. Se determinó que la cantidad del anión (NO_3^-) presente en el agua de lluvia analizada en Caracas, es un factor influyente para la acides; los resultados obtenidos nos muestran que el nivel de NO_3^- presente en la naturaleza es un factor clave en el descenso del pH de la precipitación, si lo comparamos con los resultados de ciudades que presentan lluvia acida

En cuanto al sulfato la concentración de $\text{SO}_4^{=}$ en la atmósfera, considerada como promedio normal, es de 2,0 mg/m³ (0,002 mg/l) y 0,001-0,01 ppm para SO_2 . (García M.E et al, 2007). Se determinó que la cantidad del $\text{SO}_4^{=}$ presente en el agua de lluvia analizada en Caracas, es un factor influyente para la acides, de la misma forma que lo es el NO_3^- ; los resultados obtenidos demuestran que el nivel de $\text{SO}_4^{=}$ es un factor que influye en el descenso del pH de la precipitación, si se compara con los resultados de Ciudad de México y Maracaibo, que son ciudades que presentan lluvia acida. Siendo la máxima registrada 2,83 mg/l y la mínima 0,81 mg/l durante el período de estudio.

Para los cloruros los resultados obtenidos por las determinaciones físico-químicas la concentración más alta registrada fue de 7,5 mg/l, en la tercera semana proveniente del edificio Corimon; en cambio la más baja fue de 0,2 mg/l para la cuarta semana de análisis en el edificio de Aulas, siendo el promedio general de este anión 2,1 mg/L.

Por su parte los fostatos se encontraron en altas concentraciones, si se compara con referencias bibliográficas trabajadas. La concentración más alta registrada fue de 7,4 mg/l en la cuarta semana en el punto I (La Urbina), y la más baja es 0,3 mg/l, para casi todas las semanas. Analizando los resultados obtenidos se observa que la zona de la Urbina (punto I) es la que tiene una mayor concentración del Ion PO_4^{-3} tanto en el promedio semanal como en los registros máximos. El punto III también presenta altos niveles de este elemento y se puede presumir que es

debido a aportes realizados por las actividades propias del edificio Corimon (Actividades de Laboratorios).

Conclusiones

- 1) Dentro de la Universidad Metropolitana los principales usos que se le pueden dar al agua de lluvia son: riego de jardines, limpieza de áreas comunes y uso de baños.
- 2) Con base a los resultados obtenidos en este trabajo bajo el periodo de cuatro semanas y los esquemas analizados podemos inferir que el agua de la zona nor-este de la Ciudad de Caracas es ligeramente ácida, ya que la misma presenta un valor de pH de 5,7, tomando en consideración que para el presente año existió el fenómeno de la calima.
- 3) Los resultados obtenidos en las muestras analizadas, realizados a los aniones son: Nitratos (3,4 mg/l), Sulfatos (1,1 mg/l), Cloruros (2,1mg/l) y Fosfatos (2,0 mg/l), no siendo estos valores suficientes como aportes en la acidez del agua que precipita en la ciudad de Caracas.
- 4) En base a los resultados obtenidos con los análisis de la calidad del agua de lluvia, de las muestras analizadas se establece un tratamiento mínimo de desinfección y control de pH ya que es el único parámetro cuyo valor se encuentra por debajo del necesario para ser usado dentro de las instalaciones con los fines antes mencionados.

Bibliografía

Agrifoglio, G., Krentzien, H. y Marcano D., 2004, El mundo de la química, Fundación Polar, Pág. 155

García FO., Alcalá J., XVI Congreso Mexicano de Meteorología, ed. internacional, 2007, Veracruz, México

García, M., Ramírez, H., Maulenert, Á., García, F., Espinoza, M., La Contaminación atmosférica precursor de lluvia acida en la zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), Jalisco, México. Recuperado 2009

http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/MORELOS/Extensio/QA/EO/QAO-18.pdf

Rodríguez, A. y Sánchez C., Universidad Mayor de San Simón UMSS. Lluvia ácida y sus efectos, compilación Técnica, recuperado 2009. <http://www.fcyt.umss.edu.bo/docentes/29/documentos/lluviaAcidaSusEfectos.pdf>

Rodríguez, R., (2010, 23 Marzo). *La Calima Regresa con mayor intensidad a Caracas*, EL UNIVERSAL. http://www.eluniversal.com/2010/03/23/ccs_ava_calima-regresa-conm_23A3635331.shtml

Sánchez, L., Morales, J., Velazquez, H., Portillo, D., Cano, Y., Montilla, B., Irearte, N., Mesa, J., 2009 composición iónica y niveles de acidez de las lluvias en Maracaibo, Venezuela, entre 1989 y 2001, Rev. Int. Contam. Ambient. 25 (3) 169-179, 2009