



**IX CONGRESO REGIONAL PARA NORTEAMERICA Y
EL CARIBE SOBRE INGENIERIA SANITARIA Y
AMBIENTAL – REGION I DE AIDIS**



“Retos Ambientales y Oportunidades en Norte América y el Caribe”

16-18 de noviembre de 2011- San Juan, Puerto Rico

**REGLAMENTO ELABORACION TRABAJOS TECNICOS ORALES FINALES
(R2)**

**ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUA DE LLUVIA CAPTADA EN UNA
CASA SEMIURBANA AL SUR-PONIENTE DE LA CIUDAD DE
MÉXICO**

Dirección de contacto: Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México.
Posgrado en Ingeniería Ambiental, División de Ingeniería Civil y Geomática,
Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Facultad de Ingeniería – Distrito
Federal, Código Postal 04510 – México. Tel.:+52(55)5622-3003 – Fax: +52(55)5622-3003.
e-mail: hiram.1984@gmail.com

Water quality study of rain harvested in a semi urban house in south-western Mexico City

García Velázquez Jesús Hiram¹

Dirección de contacto: Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado en Ingeniería Ambiental, División de Ingeniería Civil y Geomática, Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Facultad de Ingeniería – Distrito Federal, Código Postal 04510 – México.



Fernández Villagómez Georgina²

Alarcón Jiménez Ana Luisa³

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. Pasante de la Maestría en Ingeniería Ambiental. e-mail: hiram.1984@gmail.com.

² Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.

³ Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Atmósfera.

Abstract

This paper develops a study of water quality on rainwater collected at a house in a semi-urban area located in the south-western part of Mexico City based on some outstanding parameters from the water quality standards for drinking water in Mexico (NOM-127 - SSA1-1994), like: turbidity, true color, settleable solids, total suspended solids, total coliforms, fecal coliforms, conductivity, pH, sulfate, nitrate, chloride and sodium. The results were favorable in most cases and allow us to recommend rainwater as a potential source for water self-sufficiency at the household level and rainwater harvesting systems as decentralized systems for water treatment. This study is part of the thesis "Sistema de captación de lluvia para un ecobarrio de la Ciudad de México".

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. Intern expertise in environmental engineering master degree. e-mail: hram.1984@gmail.com.

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Atmósfera.

ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUA DE LLUVIA CAPTADA EN UNA CASA SEMIURBANA AL SUR-PONIENTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Resumen

Este trabajo desarrolla un estudio de calidad de agua de lluvia captada en una casa de una zona semiurbana ubicada al sur-poniente de la Ciudad de México con base en algunos parámetros sobresalientes de la norma de calidad de agua potable de México (NOM-127-SSA1-1994), como: turbiedad, color verdadero, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, coliformes totales, coliformes fecales, conductividad eléctrica, pH, sulfato, nitrato, cloruro y sodio. Los resultados fueron favorables en la mayoría de los casos y permiten proponer a la lluvia como una potencial fuente de autoabastecimiento a nivel doméstico y a los sistemas de captación como sistemas descentralizados para el tratamiento del agua. Este estudio es parte de la tesis "Sistema de captación y aprovechamiento pluvial en un ecobarrio de la Ciudad de México".

Palabras clave: calidad, captación, doméstico, lluvia, sistemas.

Introducción

Actualmente la sociedad enfrenta graves y complejos problemas relacionados con el agua. La contaminación, deforestación y sobre explotación de acuíferos, ha mermado las reservas abastecedoras de muchas ciudades, como la Ciudad de México. En algunas zonas hay escasez mientras que contradictoriamente cada año se presentan inundaciones que hacen pensar en la lluvia como perjudicial en vez de ser "el regalo de la naturaleza" como fue para los antepasados. La Ciudad de México tiene una precipitación de 600 a 1500 mm (CONAGUA, 2009). Si se aprovechara un porcentaje de esa cantidad, se podría abastecer a

millones de habitantes que no cuentan con suministro regular de agua potable además que esa agua no iría al drenaje y se atacarían las inundaciones.

Para fortalecer la captación y aprovechamiento de la lluvia se necesitan estudios sobre la calidad que tiene la lluvia una vez que escurrió por una superficie de captación. Con la información generada se pueden proponer tratamientos adecuados y diseños de sistemas de captación.

Objetivo

Determinar la calidad del agua de lluvia escurrida sobre dos superficies de una casa con base en algunos parámetros sobresalientes de la NOM 127-SSA1-1994, que establece los límites permisibles de calidad de agua de uso y consumo humano. Para fortalecer la captación pluvial como parte fundamental de una solución integral al problema de agua en la Ciudad de México.

Metodología

La toma de muestras se basó la metodología de la USEPA para lluvia y en métodos estándar.

Se tomaron de seis a ocho muestras de agua en cuatro puntos de muestreo del mes de junio a octubre de 2010. Los puntos de muestreo son:

- una cubeta en la bajada del agua de lluvia captada por una sección de aprox. 6 m² de azotea de cemento con impermeabilizante plástico,
- una cubeta en la bajada de agua de una sección de aprox. 10 m² de patio de loseta cerámica,
- una cubeta para el agua de lluvia que cae sin tocar otra superficie que no sea la propia cubeta. Es decir, la muestra de fondo
- y muestreo de agua de autotank.

Las cubetas y material de muestreo fueron acondicionados según las metodologías de cada caso.

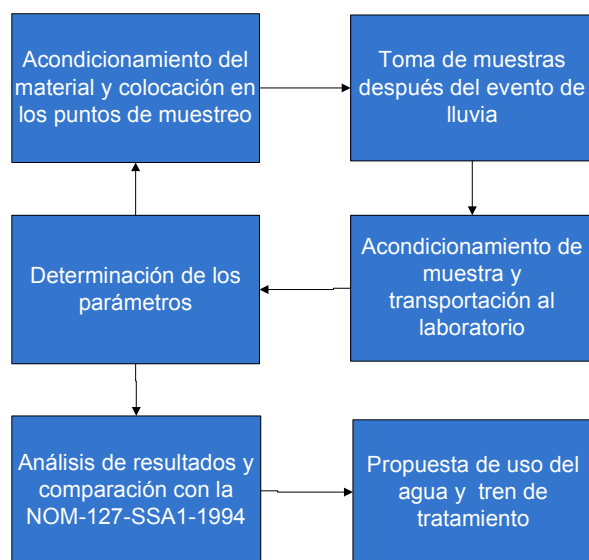
La azotea y el patio no tuvieron acceso de animales y se permitió que se limpiara por las lluvias de mayo y las dos primeras semanas de junio. Se tomaron muestras por evento de lluvia y se analizaron los parámetros mostrados en la siguiente tabla 1. El muestreo de agua de autotank se realizó en tanques de plástico donde depositan el agua. La figura 1 esquematiza la metodología.

La figura 2 presenta los puntos de muestreo utilizados para este estudio. En el caso de patio, azotea y fondo se colocaron cubetas de 20 litros acondicionadas para cada parámetro y en el caso de autotank se tomó la muestra directamente en los tanques donde se surte esta agua.

TABLA 1: Parámetros a determinar en cada punto de muestreo.

PARÁMETRO	P1	P2	P3	P4	TÉCNICA
Color verdadero		X	X	X	Comparación visual
Turbiedad		X	X		Nefelométrica
Sólidos sedimentables		X	X		Volumétrica
Sólidos suspendidos totales		X	X		Gravimétrica
Coliformes totales, fecales y mesófilos aerobios	X	X	X	X	Numero más probable (NMP con 4 tubos)
pH	X	X	X	X	Potenciométrica
Conductividad eléctrica	X	X	X	X	Potenciométrica
Iones: SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- y Na^+	X	X	X		Cromatografía de líquidos
mm de precipitación	X				Volumétrica

P1 FONDO, P2 AZOTEA, P3 PATIO, P4 AUTOTAQUE

**Figura 1: Metodología del estudio de calidad de agua de lluvia.**

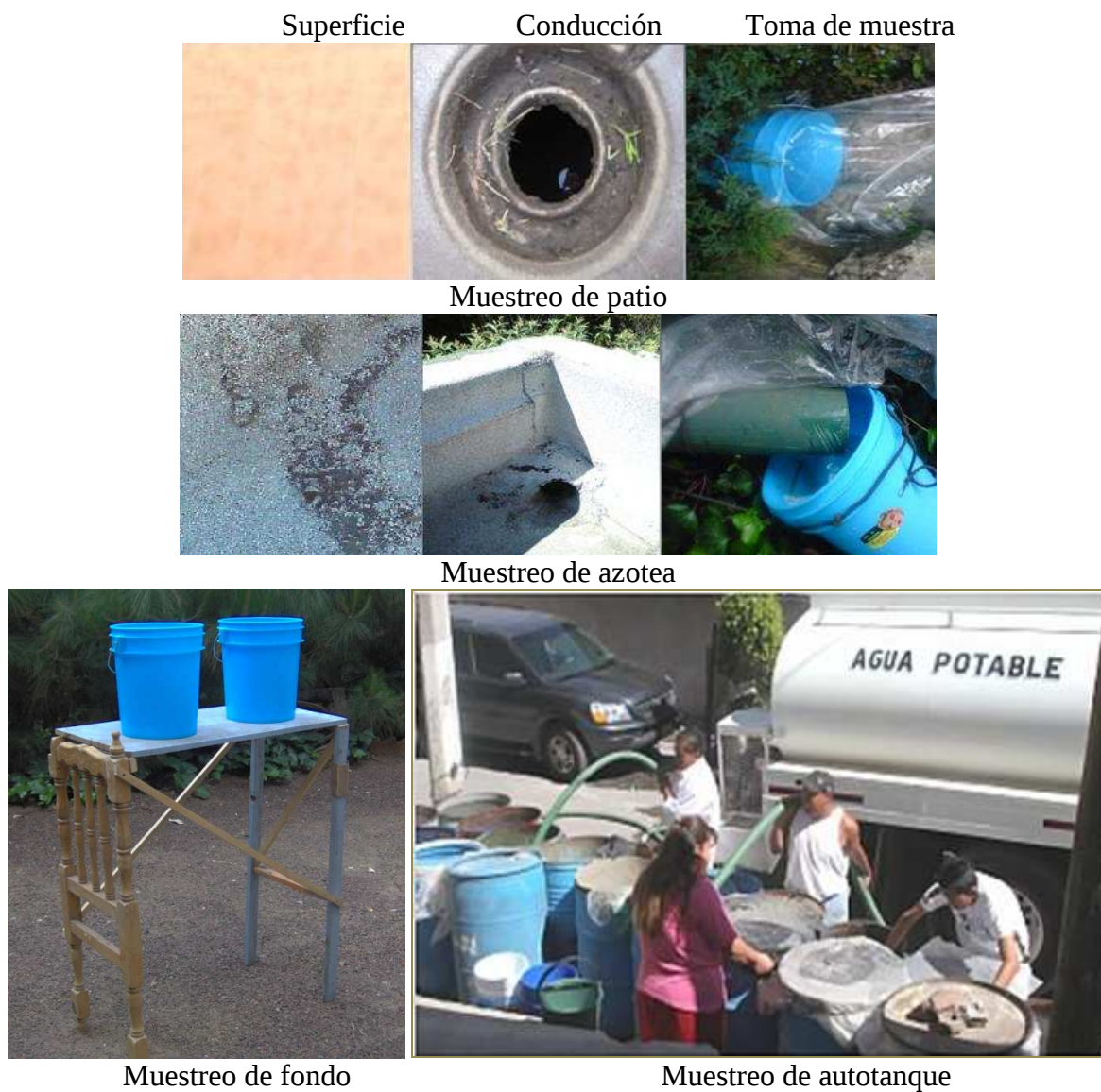


Figura 2: Puntos de muestreo.

Resultados

El análisis de las muestras se basó en la metodología de la USEPA para lluvia y métodos estándar.

En la figura 3 se aprecia que la turbiedad de la lluvia de azotea cumple marginalmente en la mayoría de los casos, mientras que la de patio no cumple en dos ocasiones.

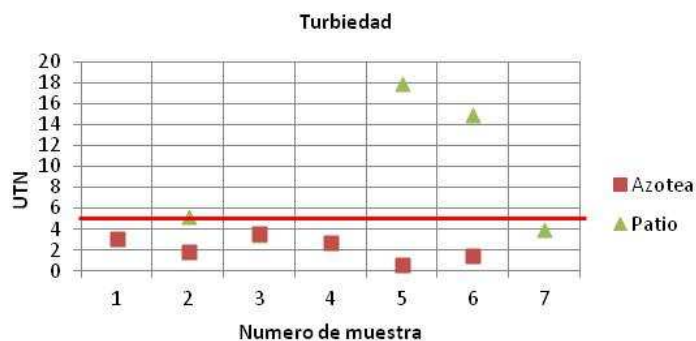


Figura 3: Turbiedad en UTN (Unidades de Turbiedad Nefelométrica) de agua de lluvia captada por dos superficies. La línea indica el límite de la NOM-127-SSA1-1994.

En la figura 4 se observa que el color verdadero del agua de lluvia que escurre por la azotea y patio de captación, en la mayoría de los puntos está marginalmente dentro de la norma y sólo algunos datos no cumplen.

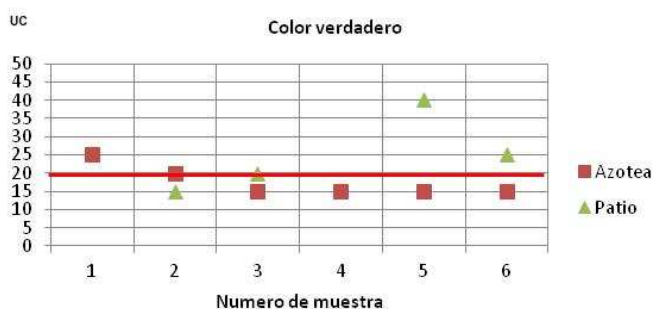


Figura 4: Color verdadero en UC (Unidades de Color Verdadero en la escala cobalto-platino) en agua de lluvia captada por dos superficies. La línea indica el límite de la NOM-127-SSA1-1994.

La figura 5 muestra resultados en cuanto a sólidos sedimentables que en la mayoría de los casos se mantienen por debajo de 0.3 ml/l.

En la figura 6 se muestran los sólidos suspendidos totales (SST), que en el caso de la azotea se mantienen por debajo de 5 mg/l y en patio se elevan hasta casi 35 mg/l.

Los parámetros microbiológicos se exponen en la tabla 2, donde se resume que en general el agua de lluvia que escurre por azotea presentó coliformes totales en 3 casos pero en ninguno fecales. En el caso de fondo y pipa, en una muestra tomada no se detectaron coliformes totales ni fecales. En el caso de patio, en una muestra tomada se detectó un coliforme fecal. Los mesófilos aerobios fueron muy variables, en el caso de fondo y pipa fueron bajos a comparación de azotea y patio. En general para aprovechar el agua se

requiere un tratamiento contra microorganismos, que puede ser cloración, iones de plata u otro que ayude a conservar el agua en condiciones de almacenamiento.

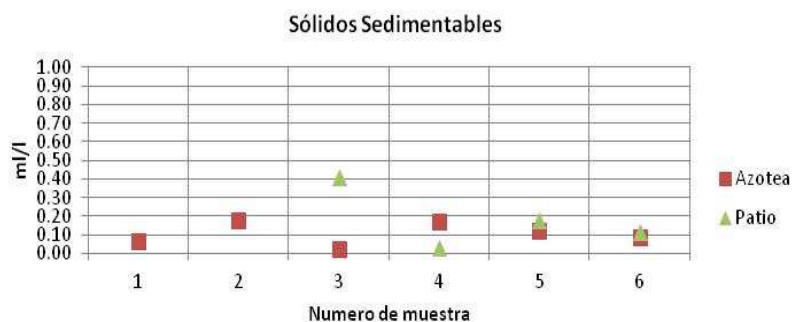


Figura 5: Sólidos sedimentables en agua de lluvia captada por dos superficies.



Figura 6: Sólidos suspendidos totales en agua de lluvia captada por dos superficies.

TABLA 2: Microorganismos en agua de lluvia de tres puntos de muestreo.

PUNTO DE MUESTRO	MESÓFILOS AEROBIOS	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES
Fondo	4	ND	ND
Autotanque	350	ND	ND
Patio	12240	>8	1
Azotea	3960	>8	ND
Azotea	---	ND	ND
Azotea	2700	>8	ND
Azotea	24150	>8	ND
NOM-127-SSA1-1994	---	Ausencia o no detectable	Ausencia o no detectable

En la figura 7 se observa que el pH de todos los casos de lluvia que escurre por la azotea y patio de captación están dentro el rango de la NOM-127-SSA1-1994, mientras que en fondo no.

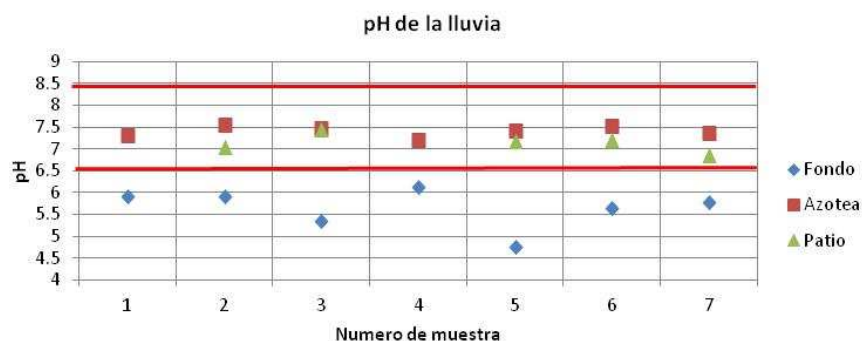


Figura 7: pH en muestras de agua de lluvia de tres puntos de muestreo. La línea indica los límites de la NOM-127-SSA1-1994.

Los iones y conductividad eléctrica complementan este estudio de calidad de agua con una comparación de valores máximos de los puntos de muestreo, como se muestra en la tabla 3. El agua de lluvia de fondo es la que menor cantidad de iones presenta y por lo tanto la que menor conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales tiene. El agua de lluvia captada en los puntos de muestreo de azotea y patio tiene menor cantidad de iones disueltos y por lo tanto menor conductividad eléctrica y menor cantidad de sólidos disueltos totales que el agua de autotanque. Ninguno de los parámetros se acerca a los límites permisibles por la norma.

TABLA 3: Comparación de valores máximos de iones en agua de lluvia de tres puntos de muestreo.

PUNTO DE MUESTREO	CE μS/cm	SDT mg/	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l
Fondo	58.50	37.44	0.46	0.66	2.71	0.25
Azotea	102.00	65.28	1.79	0.63	9.49	1.59
Patio	152.00	97.28	6.67	5.6	17.28	4.00
Autotanque	190.40	121.86	8.86	0.65	23.49	13.22
NOM-127-SSA1-1994	---	1000	250	10	400	200

CE Conductividad Eléctrica.

Los SDT (Sólidos Disueltos Totales) se calcularon de forma indirecta por medio de la ecuación: $SDT = (CE[dS/m])(640)$ para su comparación con la norma.

Los NO₃⁻ son valores como Nitrógeno como indica la norma.

Conclusiones

- El agua de lluvia que escurre por la azotea de cemento impermeabilizado de una casa en una zona semiurbana al poniente de la Ciudad de México, tiene características que superan parámetros de la NOM-127-SSA1-1994 como: turbiedad (marginalmente), color verdadero (marginalmente), pH, coliformes fecales, SDT, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} y Na^+ .
- En ambos puntos de muestreo hay presencia de coliformes totales y la cantidad de mesófilos con respecto a la lluvia de fondo y al agua de autotanques es mucho mayor, lo que indica mayor presencia microbiana y necesidad de un tratamiento que ataque este problema, como cloración o plata iónica.
- El agua de lluvia que escurrió por una superficie de captación sufrió un efecto de neutralización de pH con respecto al agua de lluvia que se captó en una cubeta acondicionada, que en todos las muestra presentó ligera acidez.
- La azotea en la mayoría de los parámetros tuvo menor desviación estándar que en patio y se debe a que se pudo aislar y mantener más estable. Se propone que la lluvia que escurre por la azotea es una fuente de abastecimiento viable para tratar y utilizar a nivel doméstico.
- Se requieren más estudios que profundicen en estos y otros parámetros de la norma de agua potable para tener una visión más amplia sobre este valioso recurso que refuerce la propuesta de su aprovechamiento en busca de una solución integral al problema de abastecimiento de agua.

Agradecimientos. – A Alejandro Camacho Cruz del Cepario de la Facultad de Química de la UNAM. A Rocío Bautista Benítez, María del Carmen Torres Barreda y Verónica Néquiz Castillo, del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.

Referencias Bibliográficas

- American Public Health Asociation. (1997) Standard methods for examination of wáter & wastewater, American Public Health Association.
- Camacho A., Giles M., Palao M., Serrano B. y Velázquez O. (2009) Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos. Facultad de Química, UNAM. México.
- Environmental Protection Agency (USEPA). (1994) Quality Assurance Handbook of Air Pollution Measurement System, Volume 5: Precipitation Measure Systems. Washington.
- Fernández G. (2007) Manual de laboratorio de química del agua, Facultad de Ingeniería de La UNAM. México.