DESDE 2023
https://rictrevista.org

RICT Revista de Investigación Científica, Tecnológica e Innovación

Publicación Semestral RICT Vol. 4 No. 8 (2026) P. 72 – 76

ISSN: 2992-7315

Caracterización inicial del agua recogida por el sistema de Cosecha de lluvia del CETIS 119 T.M.

Initial characterization of the water collected by the rainwater harvesting system at CETIS 119 (morning shift).

Héctor Arteaga Hernández [1], *Gelsys Moraima Hernández García* [1], *Víctor Hugo Martínez Flores* [2], *Javier Norberto Gutiérrez Villegas* [2], *Luis Antonio Méndez Sánchez* [2]

[1] *Área de Ciencias Naturales y Experimentales, cetis119-DGETI, México*
[2] *Departamento Académico de Programación, cetis119-DGETI, México*

Resumen

La industria Mexicana de Coca-Cola impulsa la iniciativa “Escuelas con agua”, un programa que instala sistema de captación de lluvia en planteles públicos, el agua pluvial se filtra y se utiliza para lavamanos, sanitarios y limpieza, con ello se evita la compra de pipas de agua, lo que generaría un ahorro económico significativo para las escuelas. Escuelas de lluvia es un programa creado por Isla Urbana (desde 2018) que instala sistemas de captación pluvial en escuelas con escasez de agua, principalmente en México. Beneficia a las escuelas al captar y potabilizar agua de lluvia para uso escolar, los componentes del sistema incluyen separadores de primeras lluvias, filtro de hojas, reductores de turbulencia, dosificadores de cloro y trenes de filtración. El Centro de Estudios Tecnológicos Industriales y de Servicios, cuenta con un sistema de captación de agua pluvial en el edificio B donde se da atención a alumnos del sistema escolarizado y CAED, este tipo de sistema recolecta agua pluvial el cual se almacena en dos contenedores (cisterna) con una capacidad cada uno de 5000 litros. Beneficiando a: 1430 alumnos, 54 Docentes y 48 administrativos todos estos de ambos turnos. Este trabajo tiene como objetivo diseñar un prototipo para el tratamiento más adecuado para que el agua de lluvia recolectada en El Centro de Estudios Tecnológicos Industriales y de Servicios sea apta para el consumo humano. Así mismo el sistema de Cosecha de lluvia está ayudando a resolver la problemática planteada, pero ¿qué metodologías y técnicas se pueden implementar en una segunda etapa para poder purificar el agua cosechada y sea apta para consumo humano?

Palabras clave: Agua pluvial, Potabilización del agua pluvial, pH.

Abstract

The Mexican Coca-Cola industry is promoting the "Schools with Water" initiative, a program that installs rainwater harvesting systems in public schools. The rainwater is filtered and used for handwashing, toilets, and cleaning, thus eliminating the need to purchase water from trucks. By avoiding these purchases, schools will achieve significant cost savings. Rainwater Schools is a program created by Isla Urbana (since 2018) that installs rainwater harvesting systems in schools with water scarcity, primarily in Mexico. It benefits schools by capturing and purifying rainwater for school use. The system components include first-flush diverters, leaf filters, turbulence reducers, chlorine dispensers, and filtration systems. The Center for Technological, Industrial, and Service Studies has a rainwater harvesting system in Building B, which serves students in both the regular school program and the CAED (Center for Distance Education). This system collects rainwater and stores it in two 5,000-liter cisterns. It benefits 1,430 students, 54 teachers, and 48 administrative staff, all from both shifts. This project aims to design a prototype for the most suitable treatment to make the collected rainwater safe for human consumption at the Center for Technological, Industrial, and Service Studies . While the rainwater harvesting system is already helping to address the problem, what methodologies and techniques can be implemented in a second phase to purify the harvested water and make it suitable for human consumption?

Keywords: Rainwater, Rainwater purification, pH.

*Autor para la correspondencia: ingearteagahdz@gmail.com
Correo electrónico: Gelsys Moraima Hernández García (gelsysmoraima.hernandez.ce119@dgeti.sems.gob.mx), Victor Hugo Martínez Flores (victorhugo.martinez.ce119@dgeti.sems.gob.mx), Javier Norberto Gutiérrez Villegas (javiernorberto.gutierrez.ce119@dgeti.sems.gob.mx), Luis Antonio Méndez Sánchez (luisantonio.mendez.ce119@dgeti.sems.gob.mx)

Historial del manuscrito: recibido el 15/06/2026, última versión-revisada recibida el 30/10/2026, aceptado el 31/10/2026, publicado el 10/11/2026. **DOI:** https://doi.org/10.5281/zenodo.24118658

CC BY NC ND

1. Introducción

En las instalaciones del Centro de Estudios Tecnológicos, Industrial y de Servicios No. 119 Gertrudis Bocanegra Lazo de la Vega, se encuentra instalado un sistema de recolección de agua pluvial desde finales del 2025, el cual es parte de un convenio entre la institución federal (DGETI) y la empresa privada de nombre Isla Urbana, misma que se dedica a asesorar, dar mantenimiento y nuevas propuestas a diversos sectores para el aprovechamiento de éste recurso natural propio de zonas con temporada regular de lluvia .

Este esfuerzo en conjunto ha permitido que desde el inicio de la temporada de lluvias 2026 en la zona oriente del estado de México, se ha podido recolectar y aprovechar el agua para diversas actividades generales en el plantel, tales como uso en sanitarios, aseo del plantel y riego de áreas verdes.

El propósito de éste proyecto fue caracterizar el agua que se recolectó durante los meses de junio a septiembre mediante el análisis de cinco parámetros fisicoquímicos a través del uso de potenciómetro, con la finalidad de conocer el tipo de lluvia que se recibe en el sistema, que tan segura es su manipulación por parte del personal de servicios generales sin un tratamiento previo, y proponer una metodología para sanear el agua y su posible potabilización.

Planteamiento del problema

La implementación de sistemas de captación de agua pluvial disminuye la dependencia de los mantos acuíferos locales, así mismo el uso de un sistema de filtración con materiales naturales (arena, grava y carbón activado) elimina eficazmente los contaminantes atmosféricos y sólidos suspendidos en el agua de lluvia, haciéndola segura para actividades de lavado, riego, inodoros, y con ello la unidad económica tendrá un ahorro económico al evitar la compra de pipas de agua.

Hipótesis

Hipótesis 1: ¿Es factible y sustentable implementar una metodología secundaria para la potabilización y purificación del agua de lluvia dentro del plantel?

Hipótesis 2: ¿Desarrollar un prototipo tecnológico para la potabilización y purificación del agua de lluvia dentro del plantel?

2. Materiales y Método

Descripción del Sistema de Captación de Agua de Lluvia

El sistema de captación de agua de lluvia usado en este estudio está localizado en el xxx, fue diseñado e instalado por Isla Urbana, un proyecto dedicado a promover la sustentabilidad del agua y la cosecha de agua de lluvia en México. El sistema (Figura 1) consiste en las siguientes

Características:

• A. Superficie de captación. Es una superficie que cubre del techo del edificio B. El techo mide aproximadamente 193.22 m2 y el agua es canalizada a través de un sistema de canales de acero galvanizado.

• B. Tubería. El agua es transportada a través de tubos de polipropileno.

• C. Separador de primeras aguas. Se utilizan dos unidades idénticas de primera descarga desarrolladas por Isla Urbana llamadas Tlaloques para desviar los 400 L iniciales de cada aguacero para lavar el techo antes de que se permita el ingreso de agua a la cisterna.

• D. Cisterna. La cisterna tiene una capacidad de 5,000 L. La entrada de la cisterna tiene instalado un dispositivo reductor de turbulencias que aminora la perturbación de las partículas sedimentadas en el fondo por el agua que entra.

• E. Filtro de malla de acero inoxidable. Las aperturas de la malla tienen un tamaño de 1 x 2 mm para eliminar hojas y partículas grandes.

• F. Manguera con pichancha flotante. Dentro de la cisterna el agua es extraída a través de una manguera conectada a una pichancha flotante, para extraer el agua que está a una profundidad aproximada de 25 cm por debajo de la superficie, evitando el fondo del tanque, donde sedimentos y otros contaminantes se establecen.

• G. Clorador. Dentro de la cisterna, un dispositivo flotante con capacidad para 1 tableta de 200g, es usado para dispensar el cloro en tabletas que contienen hipoclorito de calcio al 65%, el cual se agrega cada tres meses.

• H. Tren de filtrado. El tubo de salida de la cisterna pasa a través de un tren de filtrado que está formado por los siguientes elementos:

(i) Filtro de partículas de 90 μm.
(ii) Filtro con cuerpo de fibra de vidrio de 9” × 48” relleno con carbón activado granulado y
KDF (Kinetic Degradation Fluxion), una mezcla de cobre y zinc usado en purificadores de
agua.
(iii) Filtro de cartucho reemplazable de 20 "× 4" con un cartucho de bloque de carbón
comprimido de 10 μm.
(iv) Generador de ozono.

• I. Grifo.

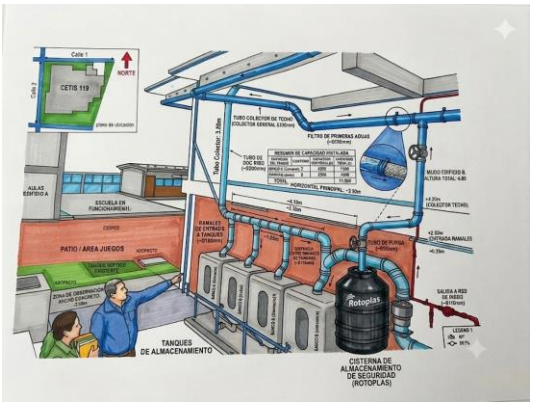


Figura 1 Sistema de captación de agua pluvial

Muestreo y Análisis

Muestreo del afluente

Se realizaron tomas de 250mL de agua tres veces al día durante el turno matutino, cinco días a la semana, totalizando 11,250mL de producto.

En cada toma se realizó el análisis de parámetros fisicoquímicos: pH, TDS, conductividad, salinidad y densidad específica mediante el uso del potenciómetro, el cual se calibró previo a la primera toma del día.

Tabulación de datos recabados

Se organizaron los datos obtenidos en una tabulación por día, semana, mes, incluyendo la toma de temperatura a la cual se realizaron los mismos.

Se calcularon medidas de tendencia central para los datos no agrupados, mediante las cuales se pudieron establecer análisis generales del comportamiento del sistema de recolección y del potenciómetro empleado.

Se determinaron cinco parámetros fisicoquímicos en las muestras de agua recolectada: pH, TDS (sólidos disueltos totales en ppm) EC (conductividad eléctrica en µS/cm) Salinidad (en % y ppm) y SG (densidad específica en gr/cm^3)

El instrumento fue calibrado con soluciones buffer estándar cada dos mediciones, permitiendo además que se estabilizara la temperatura de medición durante al menos cinco minutos para asegurar lecturas confiables.

En la tabla 1 y tabla 2 se muestra una comparativa de las mediciones del agua local, así mismo 4 marcas comerciales.

Fecha y hora	Temperatura	pH	TDS(ppm)	EC(ms/cm)	Salt %/ppm	S.G g/cm
20 de mayo 7:30 a.m.	19.5	7	042	0.99	0 0	1.000
20 de mayo 9:15 a.m.	22.3	7	052	0.93	0 003	1.000
20 de mayo 11 a.m.	23.7	7	043	0.98	0 0	1.000
21 de mayo 7:20 a.m.	18.3	6	055	1	0 0	1.000
21 de mayo 10:05 a.m.	20.5	7	029	0.94	0 004	1.000
21 de mayo 13:00 p.m.	23	7	043	1	0 003	1.000
22 de mayo 7:06 a.m.	18.9	7	055	1	0 0	1.000
22 de mayo 9:30 a.m.	20.3	7	043	0.98	0 003	1.000
22 de mayo 11:50 a.m.	21.5	6	060	0.99	0 0	1.000
22 de mayo 13:00 p.m.	22.8	7	044	1	0 003	1.000
Media Aritmética	21.08	7	047	0.981	0 002	1.000
Desviación Estandar P	1.7634058	0	009	0.024269	1.624808	.000

Tabla 1. Mediciones locales

Fecha y hora	Marca	Temperatura	PH	TDS(PPM	EC(ms/cm)	Salt %/ppm	S.G g/cm
05 de mayo 11:50 a.m.	Ciel	23.5	6.3	147	292	0.01	1
05 de mayo 11:55 a.m.	Bonafont	22.8	7.3	134	267	0.01	1
05 de mayo 12:02 p.m.	E-pura	22.2	7.1	009	018	0	1
05 de mayo 12:10 p.m.	Skarch	18.5	6.9	075	152	0	1
Media Aritmética	Todas	21.75	6.9	091	182	0.005	1
Desviación Estandar P	Todas	1.931968	0.4	055	109	0.005	0

Tabla 2. Marcas comerciales mediciones

3. Resultados y Discusión

Se presentaron los resultados del análisis estadístico de los datos recabados, a fin de informar a la comunidad sobre los hallazgos encontrados.

Se realizó la comparativa entre los datos obtenidos in situ y los estipulados en la NOM-127-SSA1-2021 Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles para la calidad del agua, sección 5 Especificaciones sanitarias, y NOM-179-SSA1-2020, Agua para uso y consumo humano. Control de la calidad del agua distribuida por los sistemas de abastecimiento de agua.

Se elaboró el informe sobre uso seguro del agua captada por el sistema de cosecha de lluvia, con las recomendaciones adicionales de acuerdo a los hallazgos.

Se realizó la propuesta de saneamiento del agua captada mediante el diseño de un filtro rudimentario con materiales inertes para incrementar la seguridad en el uso del agua de lluvia y su posible potabilización para consumo humano.

Las lecturas de EC (conductividad eléctrica) se mantuvieron estables en un rango de 0.9 a 1.0 µS/cm, siendo

valores sumamente aceptables en comparación con la indicada por la NOM-127-SSA1-2021 que establece un límite permisible de 1000 µS/cm a 25°C.

En cuanto al contenido de sales, donde los principales contaminantes presentes en el producto son los cloruros, fluoruros, iones de calcio, magnesio y sodio con límite máximo permisible de 250 mg/L de acuerdo a la normatividad, se obtuvieron lecturas por debajo del límite establecido, en un rango de 30 mg/L como lectura máxima.

La densidad específica se mantuvo estable durante todo el periodo de medición (1.000 g/cm3) siendo un valor excelente en comparación con el establecido en la normatividad, así como los obtenidos en las muestras comerciales.

Para que el agua lluvia sea apta para consumo humano, es de gran importancia establecer qué tipo de tratamiento es el adecuado. Para algunos autores, la filtración puede actuar efectivamente en la remoción de aproximadamente el 99% de las bacterias en el agua [1]. Además, la filtración puede contribuir en la remoción de partículas y contaminantes solubles, como los sólidos suspendidos totales y las grasas [13], reduce turbiedad y dureza [14], carbón orgánico disuelto y color [15], y remueve algunos nutrientes como nitritos y nitratos [16]. Sin embargo, aunque la filtración resulte ser un buen tratamiento, es necesario que se complemente con el proceso de la desinfección, de modo que se pueda brindar un 100% de seguridad bacteriológica a la comunidad.

De acuerdo a los datos recolectados y mostrados en las tablas anteriores (tabla 1 y tabla 2) se determinó la viabilidad de utilizar el agua de lluvia como fuente de agua de calidad potable apta para lavarse las manos, sanitarios, limpieza y riego dentro del Centro de Estudios Tecnológicos Industriales y de Servicios.

Los distintos materiales de construcción del tipo de techo, diseño del sistema y área geográfica podrían resultar en diferentes calidades de agua. Se recomienda investigaciones sobre la calidad del agua en sistemas de captación de agua de lluvia ubicados en distintas áreas geográficas, calidad del aire, patrones de lluvia y clima

4. Conclusiones

A pesar de la presencia de contaminación del aire en el Estado de México específicamente en el área conurbada de Ecatepec de Morelos, esto podría ser causa sobre la conveniencia del agua de lluvia para el uso humano, esta investigación demuestra que un sistema de recolección de agua de pluvial adecuadamente diseñado proporciona agua de muy alta calidad, que cumple con estándares y normas mexicanas de calidad de agua.

Los sistemas de captación de agua pluvial contribuyen a aumentar la resiliencia urbana al cambio climático en el Estado de México.

Para lograr que el agua sea apta para el consumo humano, el prototipo tecnológico debe de incluir procesos como filtración (para eliminar sólidos) y la desinfección (como cloración o radiación ultravioleta.) Esto permitirá cumplir con las normativas de salud oficial.

Con este tipo de prototipo tecnológico no solo el agua cosechada pueda utilizarse para lavarse las manos, riego o limpieza, sino directamente para beber o cocinar.

5. Referencias

[1] S. Malato, S. P. Fernández-Ibáñez, M. I. Maldonado, J. Blanco y W. Gernjak, “Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: recent overview and trends”, Cat. Today, vol. 14, n.° 1, 2009. pp. 1-59. doi: 10.1016/j.cattod.2009.06.018. [Links]

[2] S. Gelover, L.A. Gómez, K. Reyes y Ma. Leal, “A practical demonstration of water disinfection using TiO2 films and sunlight water”, Wat. Res., vol. 20, n.° 17, 2006. pp.3274-3280. doi: 10.1016/j.watres.2006.07.006 [Links]

[3] A. Mankad, “Decentralised water systems: Emotional influences on resources decision making”, Env. Int., vol. 44, n.° 1. pp.128-140, 2012. doi: 10.1016/j.envint.2012.01.002 [Links]

[4] N. Osseiran. (2017, jul. 12). “Organización Mundial de la Salud”. [Internet]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation [Links]

[5] M. Sturm, M. Zimmermann, K. Schütz, W. Urban y H. Hartung, “Rainwater harvesting as an alternative water resource in rural sites in central northern Namibia”, Phys. and Chem. of the Earth, parts A/B/C, vol. 34, n.° 13-16, pp. 776-785, 2010. doi: 10.1016/j.pce.2009.07.004 [Links]

[6] L. W. Gill y C. Price, “Preliminary observations of a continuous flow solar disinfection system for a rural community in Kenya”. Energy, vol. 35, n.° 12. pp. 4607-4611, 2010. doi: 10.1016/j.energy.2010.01.008 [Links]

[7] B. McCann, “Global prospects for rainwater harvesting”, Water 21, Mag. of the Int. Water Assoc., n.° 10.6, pp.12-14, 2008. [Links]

[8] K.W. König, “German development provides rainwater”. Water 21, Mag. of the Int. Water Assoc., n.° 10.3, pp. 29, 2008. [Links]

[9] E. Wisbeck, E. K. Sandri, A. L. Soares y S. H. W. Medeiros, “Desinfecção de água de chuva por radiação ultravioleta”, Engen. Sanit. e Amb., vol. 16, n.° 4, pp.337-342, 2011. doi: 10.1590/S1413-41522011000400004. [Links]

[10] D. M. Hernández, D. B. Pedraza y T. Rodriguez, Manual de tratamiento de Aguas Lluvias. Bogotá:

Universidad Militar Nueva Granada, 2013. doi: 10.13140/RG.2.2.25579.54568 [Links]

[11] Banco Mundial. Datos Colombia. [Internet] En: datos. bancomundial.org/país/Colombia. [Links]

[12] M. Pacheco Montes, "Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (giall): contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de 'Lluviatl' en México", Rev. Int. Sost., Tec. y Hum., n.° 3, pp. 39-57, 2008. [Links]

[13] H. J. Master, S. M. Kraemer, R. B. Johnston, "Achieving long-term use of solar water disinfection in Ziwbawe". Pub. Health, vol. 127, n.° 1. pp. 92-98, 2013. doi: 10.1016/j.puhe.2012.09.001 [Links]

[14] R. F. Moreira, M. L. Calijuri, I. de Castro, y A. da Fonseca, "Rainwater treatment in airports using slow sand filtration followed by chlorination: Efiiciency and costs". Resour., Conserv. and Recyc, vol. 65, pp. 124-129, 2012. doi: 10.1016/j.resconrec.2012.06.001 [Links]

[15] P. Singh, P. Kumar, I. Mehrotra y T. Grischek, "Impact of river bank filtration on treatment of polluted river water", Journ. of Env. Manage, vol. 91, n.° 1-3, pp. 227-289, 2010. doi: 10.1016/j.jenvman.2009.11.013 [Links]

[16] J. A. Herrera, J. A. González, O. Díaz, M. E. Aguilar, M. E. Bujalance y J. M. Doña, "Effect of stone filters in a pond wetland system treating raw wastewater from a university campus", Desalination, vol. 237, n.° 1-3. pp. 227-289, 2009. doi: 10.1016/j.desal.2008.01.021 [Links]

[17] E. W. Rice, R. B. Baird, A. D. Eaton, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (21a ed.). Washington, dc: American Public Health Association APHA, 2017. [Links]

[18] M. Ahmedna, W. E. Marshall y R. M. Rao, "Surface properties of granular activated carbons from agricultural by-products and their effects on raw sugar decolorization",

[19] https://islaurbana.org/escuelas-de-lluvia/