

Captación de agua de lluvia y niebla en la época de secas en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México

Catchment rainwater and cloud water in the dry season in the city of Xalapa, Veracruz, México

Parada-Molina P.^{a1} y Cervantes J.^{a2}

Centro de Ciencias de la Tierra. Universidad Veracruzana.
Calle Francisco J. Moreno #207, Col. Emiliano Zapata, 91090 Xalapa Enríquez, Veracruz, México
E-mail: ^{a1} pparada@uv.mx, ^{a2} jcervantes@uv.mx

Recibido: 26/04/2016 Aceptado: 30/06/2017 Publicado: 31/07/2017

Citar como: Parada-Molina P., Cervantes J. 2017. Catchment rainwater and cloud water in the dry season in the city of Xalapa, Veracruz, México. *Ingeniería del agua*, 21(3), 153-163. <https://doi.org/10.4995/ia.2017.5661>

RESUMEN

Este trabajo evalúa la cantidad de agua de lluvia y niebla capturada y su relación con el consumo promedio a nivel vivienda en la ciudad de Xalapa, Veracruz (México) durante el periodo que va desde noviembre de 2012 a febrero de 2013. El agua de lluvia se cuantifica por medio de pluviómetros de balancín instalados en las azoteas de las casas y la niebla a través de un colector omnidireccional conocido comúnmente como colector de cuerda. Se observa que la cantidad de agua de lluvia captada mensualmente puede representar de un 20 a un 35% del consumo promedio mensual demostrando que la captación de agua pluvial es una alternativa de abastecimiento para satisfacer las necesidades a nivel doméstico en temporada de estiaje. En cuanto a la cantidad de niebla capturada sus valores son bajos aunque se debe resaltar la gran cantidad que la vegetación capta de manera natural.

Palabras clave | captación de agua de lluvia; captación artificial de la niebla; fuentes de abastecimiento.

ABSTRACT

This paper evaluates the amount of rainwater and fog captured and its relation with average consumption at the dwelling level in the city of Xalapa, Veracruz, Mexico, during the period from November 2012 to February 2013. Rainwater is quantified by means of rocker gauges installed on the roofs of houses and fog through an omnidirectional collector commonly known as a rope collector. It is observed that the amount of rainwater collected monthly can represent 20 to 35% of the average monthly consumption, demonstrating that the rainwater harvesting is an alternative supply to meet domestic needs in the dry season. As for the amount of fog captured its values are low although it should highlight the large amount that the vegetation naturally captures.

Key words | catchment rainwater; catchment artificial cloud water; sources of supply.

INTRODUCCIÓN

La captación de agua de lluvia y niebla de manera artificial es una práctica utilizada desde hace tiempo por algunas civilizaciones (Gleason, 2005). Actualmente, los habitantes de muchas poblaciones en diversos puntos del planeta continúan haciéndolo. Existen diversas ciudades, incluyendo Xalapa, en las que tener acceso al agua potable en el periodo seco (noviembre-febrero) es difícil, sufriendo la población sus consecuencias.

Los sistemas de captación de agua de lluvia y niebla representan una opción para resolver los problemas de acceso al agua, a nivel vivienda, que sufren algunas ciudades (Boege, 2003). De esta manera, es posible almacenar el agua durante la temporada de lluvia para su uso durante la temporada de sequía (SEMARNAT, 2010).

Esta situación justifica la realización de investigaciones en este campo, con el fin de contar con fuentes alternativas de dotación de agua. Por ello se evaluó la captura de agua de lluvia y niebla, para la ciudad de Xalapa, en el periodo comprendido entre noviembre de 2012 y febrero de 2013, como parte del proyecto “Exploración hidrológica (atmosférica-superficial-subterránea) con fines de proponer nuevas fuentes de abastecimiento para el municipio de Xalapa y sus alrededores”.

Captura de lluvia

Su uso data desde hace más de 4000 años en la antigua Mesopotamia. En México, particularmente en la península de Yucatán, durante la época prehispánica, los Mayas y los Toltecas aprovecharon los cenotes y las cuevas de formación natural, como medio de captar y almacenar el agua de lluvia (Anaya, 1999; Herrera, 2010).

Sin embargo la captura de agua de lluvia perdió importancia a partir del rápido crecimiento de las ciudades y cuando los avances tecnológicos permitieron introducir el agua por medio de tuberías en nuestros domicilios (CIDECALLI, 2008).

En el año 2003, se constituyó el Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia del Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo, en el que se han desarrollado algunos proyectos sobre recolección de agua de lluvia para consumo humano y uso doméstico en las comunidades Mazahua y Purépecha, en el Estado de Michoacán, en la Mixteca Oaxaqueña y Guadalajara, entre otros (CIDECALLI, 2008). El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) ha adaptado esta tecnología en comunidades rurales del norte del estado de Morelos para la captura y potabilización de aguas pluviales con el fin de su uso y consumo humano (Herrera, 2010).

Garrido (2005), diseñó y desarrolló un sistema de captación, conducción, almacenamiento y tratamiento del agua de lluvia captada en el techo de la iglesia de la comunidad de Jumiltepec, municipio de Ocuilco, Morelos; Santos y Alvares (2008), propusieron la generación y aplicación de captadores de agua de lluvia en Santa Catarina Ocotlán, Coixtlahuaca, Oaxaca con el fin de solucionar el problema de abastecimiento de agua para uso y consumo humano en esa localidad.

En Xalapa, en 2011 se inició un proyecto piloto del Programa de Agua y Saneamiento que desarrollan en conjunto autoridades estatales y municipales con la ONU-Hábitat, de captura de agua de lluvia en dos escuelas, una de ellas, la escuela primaria “Adalberto Tejeda”. Con este proyecto se pretende promover hábitos de mejor manejo y uso del agua. En diciembre del 2012 se inauguró el sistema de captación de agua de lluvia en el palacio municipal que permitirá almacenar, tratar y aprovechar miles de litros de agua dentro de estas instalaciones.

Captura de niebla

La captura de niebla juega un papel muy importante como fuente principal de abastecimiento en ciudades de Australia y Sudáfrica en las que se cuantificó el agua de niebla capturada de manera natural en un bosque subtropical lluvioso. De igual manera en California (E.U.A) se midió la captura natural de niebla en *Pinus radiata*. En ambos estudios se pudo observar que la cantidad de agua aportada por la niebla en cada tipo de vegetación es elevada (Barradas, 1983 y 2000).

En Chile, Perú, Ecuador, Hawaii y Omán, por la poca disponibilidad de agua, se han implementado redes de captura de niebla lo que les ha permitido incrementar la cantidad de agua para su consumo (Barradas, 2000).

Entre los trabajos que se han realizado, se encuentran los de Padilla *et al.*, (1996) y Báez *et al.*, (1997), quienes encontraron que en 17 horas y media se pueden captar hasta 219.1 mm de agua y que la composición química de la niebla puede ser afectada por las actividades urbanas. Barradas (1983) midió la capacidad de captura natural de niebla por parte de un pino (*Pinus montezumae*) y encontró que estos pinos pueden captar en promedio 57.9 L/h. Anaya (2004 y 2010) determinaron que la captura natural y artificial de la niebla puede ser un recurso hídrico viable en cuanto a la cantidad de agua que puede obtenerse en eventos intensos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio de Xalapa, Veracruz (Figura 1); se ubica en la vertiente norte del macizo montañoso conocido como Cofre de Perote, del paralelo 19°30' al paralelo 19°36' de latitud norte y del meridiano 96°49' al meridiano 96°59' de longitud oeste. Tiene una superficie de 124.38 km² que representa el 0.16% de la superficie del Estado, a una altitud de 1300 a 1500 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2000).

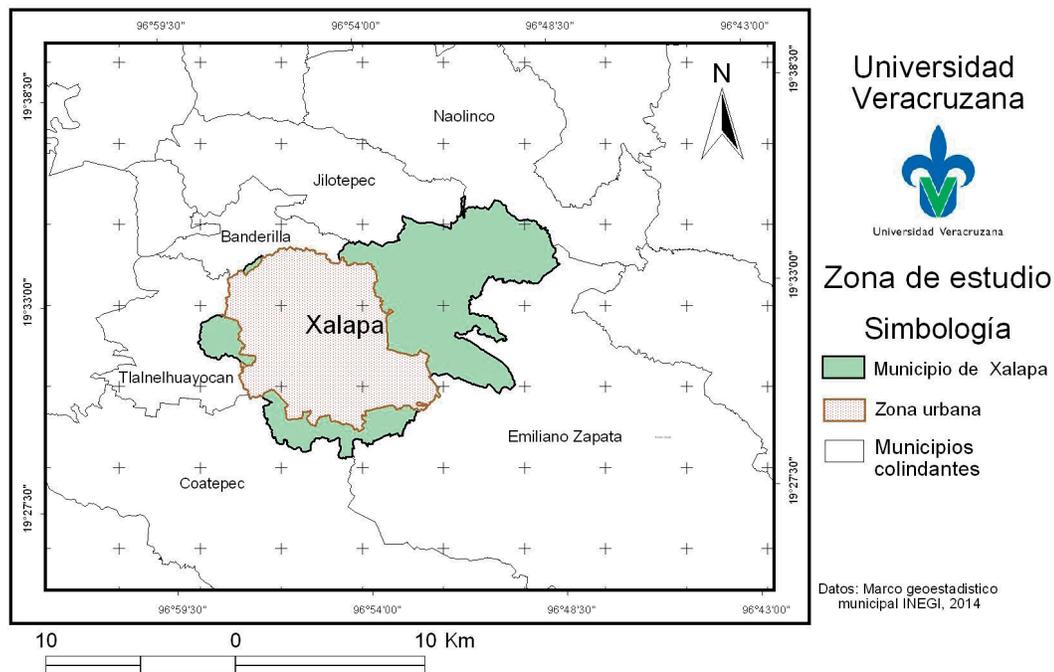


Figura 1 | Localización del Municipio de Xalapa, Veracruz y municipios colindantes.

Limita al norte con Banderilla, Jilotepec y Naolinco, al sur con Coatepec y Emiliano Zapata, al este con Emiliano Zapata y Naolinco y al oeste con Banderilla y San Andrés Tlalnahuayocan (INEGI, 2000).

Xalapa registra un clima templado húmedo con lluvias distribuidas a través de todo el año, la temperatura mínima es de 10.4° C (enero) y máxima de 27.7° C (mayo) y un promedio anual de 19.2°C. La precipitación mínima es de 41.2 mm (enero), la máxima de 288.1 mm (junio) y el promedio anual de 1435.8 mm (Normales Climatológicas, 1951-2010).

Las lluvias son abundantes en verano y principios de otoño, siendo más ligeras en lo que resta del año, y lloviznas con niebla en invierno, esto debido a la afluencia de los vientos del norte, que provocan grandes descensos de temperatura con heladas esporádicas (MDGIF, 2011).

Mediciones y análisis

Para llevar a cabo este trabajo, se utilizó un equipo diseñado por el grupo de Contaminación Atmosférica y Bioclimatología de la Licenciatura en Ciencias Atmosféricas de la Universidad Veracruzana.

Se instalaron pluviómetros de balancín en la azotea de una casa con la finalidad de cuantificar la cantidad de agua de lluvia que puede ser captada y almacenada (Figura 2).

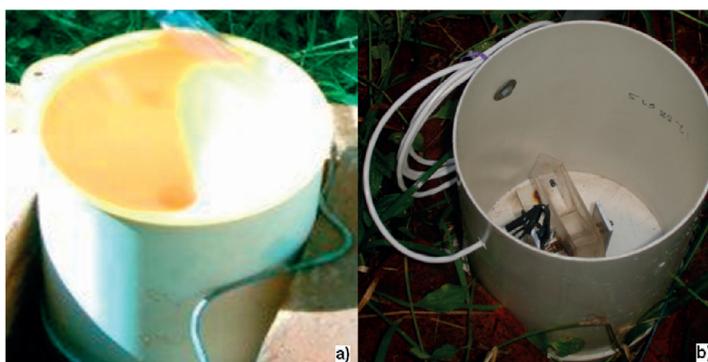


Figura 2 | Pluviómetro de balancín a) vista exterior; b) vista interior.

Las mediciones se realizaron en el periodo noviembre 2012 - febrero 2013. Para ello se instaló el equipo necesario en una vivienda particular en la Col. Lomas del Seminario, al noroeste de la ciudad de Xalapa, para garantizar el cuidado y la seguridad del equipo.

Para coleccionar el agua de niebla se empleó un colector omnidireccional conocido comúnmente como colector de cuerda que es una estructura diseñada para evitar el efecto del agua de lluvia en los registros de captación de niebla (Padilla *et al.*, 1996). El colector omnidireccional consiste en una doble pantalla de alambre tejido con hilo de pescar y con una separación entre hilos de 0.002 m. Es un arreglo cilíndrico con un diámetro de 0.25 m y una altura de 0.35 m con lo que se obtiene un área de captación efectiva de 0.373 m².

A estos dos equipos se les adaptó un *micro data logger* (HOBO, Onset Computer) para registrar y almacenar el número de veces que el balancín bascula, y con esto, se genera la información de la cantidad de agua captada (Figura 3).



Figura 3 | Captador de niebla (izquierda) colocado en la estructura de protección y micro data logger (derecha).

Para recuperar la información de los *micro data logger* se utilizaron los programas computacionales HOBOWare Pro y Boxcar Pro (ONSET Computer).

Se realizaron los cálculos diarios y mensuales de la precipitación y del agua de niebla colectada, para posteriormente ser graficados. Debido a las dimensiones del captador de niebla empleado, se estandarizaron los valores obtenidos a escala mm de agua por cada m². Para realizar los cálculos y los gráficos se utilizaron los paquetes estadísticos Sigma Plot 10.0 y Excel 10.0.

La ecuación para estimar la precipitación neta es:

$$PN_{ijk} = P_{ijk} \eta_{captación} \quad (1)$$

donde PN_{ijk} es la precipitación neta captada del día i , mes j o año k , en mm; P_{ijk} es la precipitación total del día i , mes j o año k , en mm; y $\eta_{captación}$ es la eficiencia de captación del agua de lluvia (0.6 – 0.9).

Se determinó la precipitación neta captada, indicada en la Ecuación (1), que es la cantidad de agua total que se puede obtener con un sistema captador de lluvia, tomando en cuenta sus características como porosidad del material e inclinación del sistema. Estas características definen la eficiencia de captación de agua de lluvia (CIDECALLI-CP, 2007; Herrera, 2010).

La eficiencia de la captación del agua de lluvia se refiere a la máxima cantidad de agua que se puede captar en relación a la cantidad de agua precipitada. En el diseño de sistemas captadores de agua de lluvia su valor varía entre 0.6 y 0.9.

La eficiencia depende directamente del coeficiente de escurrimiento de los materiales del área de captación, que se define como la relación entre la cantidad de agua escurrida y la cantidad de agua precipitada expresada en porcentaje (Maderey, 1995), y que varía de 0 a 0.9 (Tabla 1).

Tabla 1 | Coeficientes de escurrimiento (Ce) de los diferentes materiales en el área de captación (CIDECALLI, 2007).

Tipo de Captación	Ce
Cubiertas superficiales	
Concreto	0.6 - 0.8
Pavimento	0.5 - 0.6
Geomembrana de PVC	0.85 - 0.90
Azotea	
Azulejos, teja	0.8-0.9
Hojas de metal acanaladas	0.7-0.9
Orgánicos (hojas con barro)	< 0.2
Captación en tierra	
Suelo con pendientes menores al 10%	0.0-0.3
Superficies naturales rocosas	0.2-0.5

Se tomó en cuenta que cuando las precipitaciones mensuales sean menores de 50 mm, el uso del agua captada se limita sólo a ciertas actividades (regar jardines, lavar patios o para uso sanitario), sobre todo si se presentan durante las épocas secas, ya que la calidad de agua se verá afectada por la cantidad de residuos que se puedan haber depositado en el captador (CIDECALLI-CP, 2007; Radulovich *et al.*, 1994).

En lo que concierne al área de captación, ésta se determina en función de las características de las viviendas de la zona, es decir, teniendo en cuenta el área de azoteas o techos que se utilizarán para la implementación de los captadores de agua de lluvia. El área de captación del agua de lluvia se obtiene con la Ecuación (2):

$$A = a b \quad (2)$$

donde A es el área de captación, m²; a es el ancho de la azotea, m; y b es el largo de la azotea, m.

Para esto se llevaron a cabo tres recorridos por la zona para conocer la infraestructura y estimar el promedio de superficie construida por vivienda.

La cantidad de agua de lluvia que puede ser capturada se calculó con la Ecuación (3), con el promedio de la superficie de construcción (área de captación), la precipitación en el periodo noviembre 2012-febrero 2013 y la precipitación neta, y utilizando la relación 1 mm de lluvia por 1 m² de superficie = 1 litro de agua:

$$C.A = \frac{A PN_{ijk}}{1000} \quad (3)$$

donde $C.A$ es la captura de agua, m³; PN_{ijk} es la precipitación neta captada del día i , mes j y año k , mm; y A es el área de captación, m².

Para la captación de agua de niebla, se instaló el equipo en la zona noroeste de la ciudad de Xalapa, durante el periodo comprendido entre noviembre de 2012 y febrero de 2013. Durante este periodo se presenta una disminución considerable en la cantidad de lluvia y existe un mayor número de días con niebla, como indica la Tabla 2 (Normales climatológicas CNA-SMN, 1971-2000). Esto se debe a que durante esta época del año se tiene la incursión de las masas de aire polar sobre la vertiente del Golfo de México (Palma, 2005).

Tabla 2 | Normales climatológicas. Servicio Meteorológico Nacional. Periodo 1971-2000.

Meses	Estado: Veracruz						Estación: Xalapa, Equez.						ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Días con niebla	10.4	9.6	6.0	4.3	3.1	2.7	1.3	1.4	1.8	6.3	8.8	9.6	65.3
Precipitación (mm)	42.2	37.7	45.6	61.3	121.1	327.7	203.4	171.2	269.8	104.9	66.5	49.5	1,500.9
Años con datos	10	10	10	11	11	11	11	10	10	10	10	10	

Es sabido que existe una diferencia entre niebla y neblina tal como lo mencionan Ledesma y Baleriola (2000), sin embargo para el presente estudio se consideraron fenómenos similares.

Los valores mensuales de captura de agua de lluvia y niebla se relacionaron con el consumo promedio mensual por vivienda.

RESULTADOS

Análisis de la precipitación

Una vez obtenidos los datos de precipitación, se calculó la precipitación diaria del periodo de análisis. Con esto se pudo apreciar que noviembre fue el mes con mayor número de días con eventos de lluvia (15) con precipitación de hasta 22 mm, seguido de enero con 13 días y precipitaciones de hasta 19 mm, febrero con 12 días y hasta 13 mm y diciembre con 11 días de lluvia y máximos de sólo 8 mm (Figura 4 y 5).

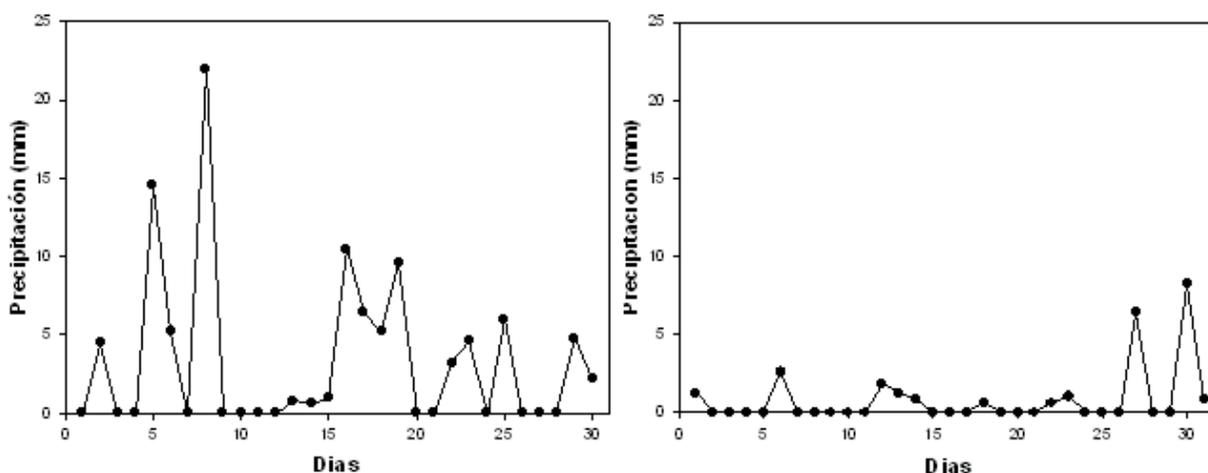


Figura 4 | Comportamiento de la precipitación diaria en los meses de noviembre (izquierda) y diciembre (derecha).

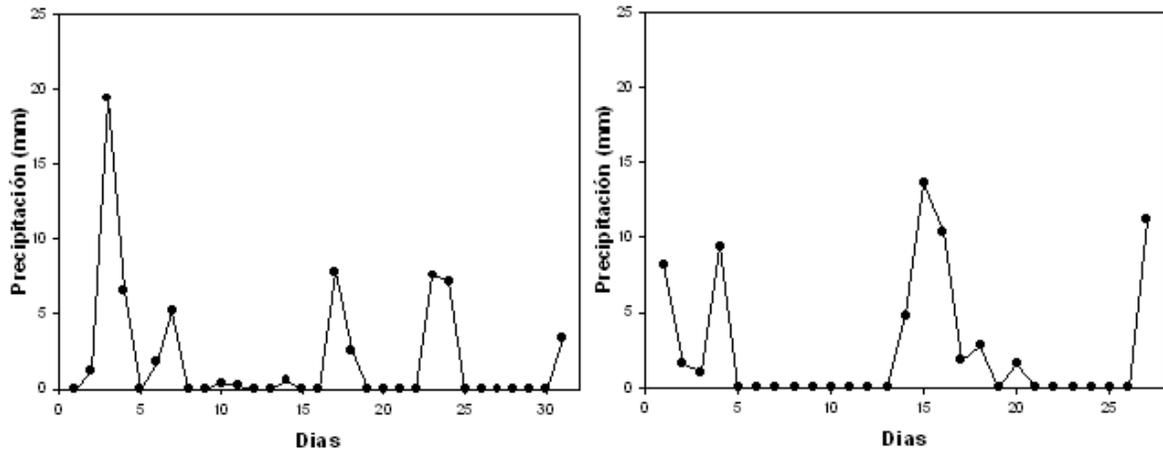


Figura 5 | Comportamiento de la precipitación diaria en los meses de enero (izquierda) y febrero (derecha).

En lo que respecta a la distribución de la precipitación mensual, esta fue superior a los 100 mm en el mes de noviembre, siendo diciembre el mes con menor precipitación con solo 25.2 mm, mientras que en enero y febrero presentaron valores similares entre ellos (Figura 6).

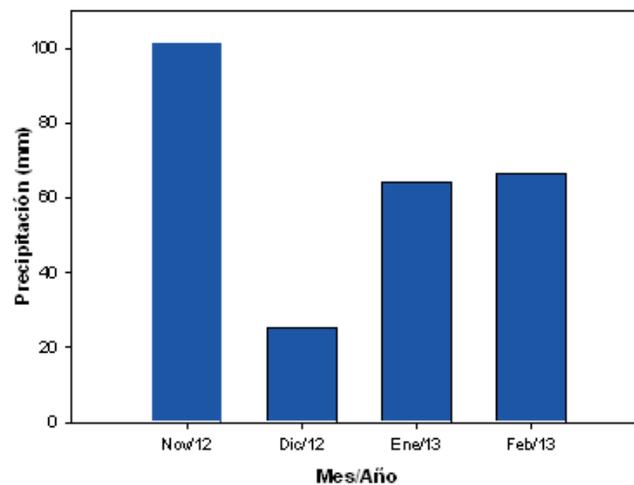


Figura 6 | Variación de la precipitación mensual en el periodo noviembre de 2012 a febrero de 2013.

Haciendo una comparación entre los valores mensuales medidos y los valores de las normales climatológicas (Figura 3) se puede ver que el periodo invernal (noviembre de 2012 a febrero de 2013), fue un periodo con lluvias superiores a lo normal (31% por encima de la media). En los meses de noviembre y enero llovió un 50% más de lo normal y en el mes de febrero la precipitación alcanzó un valor de un 70% encima de la media. Sin embargo, el mes de diciembre presentó un valor de 24.3 mm, lo que representa un déficit del 50.1% en relación al valor promedio climatológico para este mes.

Agua pluvial colectada

La cantidad de agua promedio estimada que se pudo haber colectado por vivienda en el periodo de estudio, se determinó a partir de:

- El área de captación promedio (área de construcción promedio por vivienda).
- La precipitación neta de captación.

Para esto, en los recorridos de reconocimiento por la zona de estudio, se estimó que el área de captación promedio es de 60 m² por vivienda. A través de la Ecuación (3) se estimó la captura de agua ($C.A$) cada mes y se relacionó con el consumo promedio mensual de agua por vivienda (14 m³), cuyos valores se pueden ver en la Tabla 3.

Tabla 3 | Captación de agua pluvial estimada.

Mes	P_j (mm)	PN_j (mm)	Área (m ²)	Captura de agua (m ³)	% del consumo mensual (%)
Noviembre	101.1	80.88	60	4.85	34.6
Diciembre	25.2	20.16	60	1.21	8.6
Enero	64	51.2	60	3.07	21.9
Febrero	66.4	53.12	60	3.18	22.7

Agua de niebla colectada

En el periodo de muestreo se identificaron 32 días con eventos de niebla de los cuales 6 fueron en noviembre, 8 en diciembre y 9 en enero y febrero, respectivamente. Estos eventos quizá estuvieron relacionados con los frentes fríos números 13-23, 27 y 28, tomando como base los boletines hidrometeorológicos de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2013).

Aunque se presentaron 32 días con evento de niebla, el número de días estuvo por debajo de la media dada por las normales climatológicas (Tabla 2) con un 20% lo que representa poco más de 7 días; siendo noviembre el mes con mayor decremento (3 días), enero y diciembre con un decremento de 2 días y el mes de febrero con solo 0.6 días por debajo de la media.

Los valores obtenidos de agua colectada fueron: mínimos en noviembre y diciembre iguales a 2.7 mm, máximo en enero igual a 4 mm; y febrero de 3.7 mm (Figura 7). Dando un total de agua colectada en el periodo que va de noviembre de 2012 a febrero de 2013 de 13.1 mm.

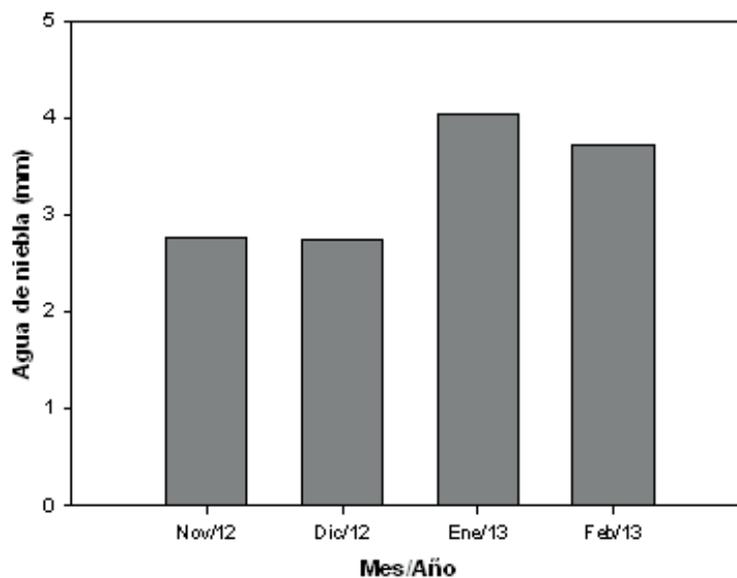


Figura 2 | Agua de niebla captada por el colector de niebla en el periodo noviembre de 2012 a febrero de 2013.

Para mostrar valores más representativos en cuanto a la captura de agua de niebla, los valores mensuales obtenidos se estandarizaron a la misma superficie de captura para el agua de lluvia que fue de 60 m², obteniendo así que la cantidad de agua obtenida a partir de la niebla es de entre el 1.2 y 1.7% del consumo promedio mensual en el periodo de muestreo (Tabla 4).

Tabla 4 | Captación de agua de niebla estimada.

Mes	Agua de niebla (mm)	Área (m ²)	Captura de agua (m ³)	% del consumo mensual (%)
Noviembre	2.8	60	0.166	1.2
Diciembre	2.7	60	0.164	1.2
Enero	4	60	0.242	1.7
Febrero	3.7	60	0.223	1.6

DISCUSIÓN

Antes de mencionar la importancia de los resultados obtenidos, hacer la comparación y relacionarlos con trabajos anteriores, es importante decir que el periodo analizado en este trabajo (noviembre de 2012 a febrero de 2013) fue un periodo atípico en el que las lluvias estuvieron por encima de la media. Esto evidentemente ha influido en la cantidad de agua colectada.

El agua de lluvia

La presencia de eventos de lluvia en el periodo noviembre de 2012 a febrero de 2013 fueron bajos tanto en intensidad como en frecuencia, sin embargo, los resultados obtenidos indican que en una vivienda se pueden captar mensualmente entre 3 y 5 m³, lo que representa un 20-35% del consumo promedio mensual (14 m³). Esto implicaría la reducción de gastos por suministro de agua. Otra ventaja sería la de no depender únicamente del abastecimiento de agua municipal, que suele verse afectado en la época seca. En algunas zonas se puede cortar el suministro de agua por un periodo de días.

Si bien este trabajo se basó en la época donde los eventos de lluvia no son intensos, se podrían realizar estudios similares de captación en el periodo que va de mayo a octubre donde la intensidad y frecuencia de lluvias es elevado, lo que implicaría una gran cantidad de agua disponible que podría ser aprovechada si se implementan sistemas domiciliarios de captura, teniendo así una mayor disponibilidad del recurso hídrico.

En cuanto al uso que se le podría dar al agua pluvial colectada puede ser muy variado: regar jardines, uso sanitario, lavar ropa y utensilios de cocina, y si su captura y almacenamiento cumple con ciertos requerimientos técnicos, también para su consumo. Contreras y Solano (2011), realizaron la caracterización del agua de lluvia en la ciudad de Xalapa definiendo que agua pluvial es apta para su uso doméstico.

Agua de niebla

Como se mencionó anteriormente, en el periodo de análisis de este trabajo se presenta el mayor número de días con nieblas al año. A pesar de esto, la cantidad de agua que se puede captar de manera artificial con los captadores de niebla es muy poca (entre 2.7 y 4 mm) por lo que la implementación de estos sistemas no son viables en esta zona ya que para poder obtener la cantidad de agua necesaria para abastecer ciertas actividades se deberían utilizar captadores de grandes dimensiones, con el consiguiente encarecimiento de las instalaciones.

Sin embargo, en países como Chile y Sudáfrica, entre otros, ha sido rentable la implementación de estos sistemas de captura aplicándolos en regiones con déficit de agua con el objetivo de tener una fuente alternativa para el suministro obteniendo hasta 10000 litros de agua al día (Barradas, 1983).

Pese a los valores bajos de captura artificial obtenidos, no se debe despreciar la gran cantidad de agua de niebla que la vegetación capta de manera natural. La captura de agua por la vegetación ha llegado a ser de hasta 4.7 litros por hora en regiones de la zona montañosa de Veracruz y Puebla (Barradas, 2000; García *et al.*, 1991; Padilla *et al.*, 1996).

Por ejemplo, con los valores encontrados, si se tomara el valor de 2.7 mm de agua colectada, lo que representa 2.7 L/m², en un área de vegetación de 1 ha, se tendrían alrededor de 27000 litros captados de manera natural.

Esto sirve de referencia para resaltar la importancia de conservar la vegetación ya que interviene directamente en la captura y retención de agua, como en muchos otros procesos y es de los recursos naturales que más se ha visto afectado por la urbanización y sobreexplotación.

CONCLUSIONES

Se observó que el invierno 2012-2013 registró precipitaciones por encima de lo normal y un número de días con niebla por debajo de la media.

La cantidad de agua de lluvia captada en el periodo representa hasta un 35% del consumo promedio mensual por vivienda.

La captación de agua pluvial en las casas es una alternativa de abastecimiento para satisfacer las necesidades a nivel doméstico de agua potable en temporada de estiaje.

La captación artificial de la niebla en el periodo estudiado fue baja, sin embargo, no se debe dejar de lado la gran cantidad que la vegetación capta de manera natural.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la financiación de este estudio que ha sido realizado en el marco de la Especialización en Diagnóstico en Gestión Ambiental, Universidad Veracruzana.

REFERENCIAS

- Anaya, G.M. 1999. Ancient and Contemporary Water Catchment Systems in México. 9th *Conference of International Rainwater Catchment Systems Association (IRCSA)*. Julio 9, Petrolina, PE. Brasil, sp.
- Anaya, G.M. 2004. *Manual de sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe*. IICA, Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.
- Anaya, J. 2010. *Evaluación preliminar de la captura artificial de niebla en la microcuenca del río Pixquiac*. Tesis de Licenciatura en Ciencias Atmosféricas. Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas de la Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México.
- Báez, A., H. Padilla, J. Cervantes, D. Pereyra. y R. Belmont. 1997. Rainwater chemistry at the eastern flanks of the Sierra Madre Oriental, Veracruz, México. *Journal of Geophysical Research*, 102(D19), 23329-23336. <https://doi.org/10.1029/97JD02077>
- Barradas, V. L. 1983. Capacidad de captación de agua a partir de la niebla en *Pinus montezumae Lambert*, de la región de las grandes montañas del estado de Veracruz. *Biótica*, 8(4), 427-431.
- Barradas, V. L. 2000. La importancia de la niebla como fuente natural y artificial de agua en la región de las grandes montañas del estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*, 2(2), 43-48.
- Boege, E. 2003. *Protegiendo lo nuestro: manual para la gestión ambiental comunitaria, uso y conservación de la biodiversidad de los campesinos indígenas de América Latina y el Caribe*. SEMARNAT, INI, PNUMA. México.
- CIDECALLI-CP 2007. *Manual sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano*. Colegio de Posgraduados. México.

- CIDECALLI. 2008. *Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia*. Colegio de Posgraduados. México.
- CNA. 2011. *Atlas del agua en México 2011*. SEMARNAT, México.
- Contreras, T. C. y Solano, C. F. 2011. *Caracterización del agua pluvial en el periodo de verano para su uso doméstico en Xalapa, Veracruz*. Trabajo Recepcional de Especialización en Diagnostico y Gestión Ambiental. Facultad Ingeniería Química de la Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México.
- García, F, y R. A. Montañez. 1991. Warm fog in eastern Mexico: A case of study. *Atmósfera*, 4, 53-64.
- Garrido, H. 2005. Potabilización de agua de lluvia rodada por medio de filtración en múltiples etapas modificada, México. Secretaria de Salud. *Diario Oficial de la Federación*, 41-46.
- Gleason, A. 2005. *Manual de aprovechamiento de aguas pluviales en centros urbanos*. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. Guadalajara, México.
- Herrera, L.A. 2010. *Estudio de alternativas para el uso sustentable del agua lluvia*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Civil. IPN-ESIA Unidad Zacatenco, México.
- INEGI. 2000. *Ciudades capitales: Una visión histórico-urbana*. Xalapa, Ver. México.
- Ledesma, M. y Baleriola, G. 2002. *Meteorología aplicada a la aviación*. Thompson-Paraninfo, España.
- Maderey R. L. 1995. *Principios de Hidrogeografía. Estudio del Ciclo Hidrológico*. Serie Textos Universitarios, UNAM. México.
- MDGIF. 2011. *Resultados obtenidos en materia de gestión de riesgos y adaptación al cambio climático en el sector hídrico en la ciudad de Xalapa*. Gobierno del Estado de Veracruz, Veracruz, México.
- Padilla, H., G. Belmont, M. Torres, R. García y A. Báez 1996. A field comparison of cloud water collectors in a mountainous region under low wind speed conditions in Easter México. *Atmosfera*, 9(3), 189-199.
- Palma B. 2005. *Generación de escenarios de cambio climático para la región centro del estado de Veracruz*. Tesis de Maestría, UNAM. México.
- Santos, C. y Alvares O. G. 2008. *Captación de agua de lluvia en Santa Catarina Ocotlán, Coixtlahuaca, Oaxaca*. Instituto de Hidrología, Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, México.
- SEMARNAT. 2010. *Manual de Sistemas de Manejo Ambiental*. SEMARNAT, México.
- Radulovich, R., Rodriguez, A. y Moncada, G. 1994. *Captación de agua de lluvia en el hogar rural*. Turrialba, Costa Rica.