

Percepción y uso del agua de lluvia por usuarios en una comunidad del Caribe mexicano

Perception and Forms of Rainwater Management by Users in a Mexican Caribbean Community

*Alicia Sosa-Martínez,^I Nemer E. Narchi,^{II} Rosa María Leal-Bautista,^{III}
Oscar Frausto-Martínez^{IV} y Diego Armando Casas-Beltrán^V*

Resumen

La falta de acceso a fuentes de agua segura es un problema en el Caribe Mexicano, particularmente en comunidades con irregularidad en servicios. Ante esto, la captación de agua de lluvia (CALL) podría representar una alternativa para satisfacer necesidades básicas. Sin embargo, los esquemas de implementación a menudo son verticales y jerárquicos. En este trabajo se aportó conocimiento sobre las percepciones y formas de uso del agua de lluvia, para contribuir a la toma de decisiones. La información se obtuvo mediante observaciones etnográficas y encuestas a 60 representantes de hogar de una muestra de 253 viviendas en la comunidad de Puerto Morelos, Quintana Roo. El 95 % de los encuestados fueron foráneos, por lo que sus percepciones y formas de manejo del recurso fueron heterogéneas: desde sistemas simples (cubetas y tambos) hasta sistemas complejos integrados a las viviendas. En general, la CALL cuenta con una percepción positiva por parte de la población estudiada, lo cual permitiría su implementación en proyectos más estructurados que promuevan el mejoramiento de las técnicas de captación en la localidad.

^I Estudiante de la Maestría en Ciencias del Agua del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY), México. Líneas de interés: acceso al agua, calidad del agua, vulnerabilidad hídrica. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4170-4915>. Correo electrónico: bio_bm@yahoo.com.mx

^{II} Doctorado en Antropología Medioambiental por The University of Georgia, Estados Unidos. Profesor-investigador del Centro de Estudios en Geografía Humana de El Colegio de Michoacán, A.C. (COLMICH), México. Líneas de interés: etnoecología, patrimonio biocultural, etnomedicina, ecología política, violencia ambiental, sistemas alimentarios. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3508-3913>. Correo electrónico: narchi@colmich.edu.mx

^{III} Doctorado en Geología por The Northern Illinois University, Estados Unidos. Investigadora en la Unidad de Ciencias del Agua del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY), México. Líneas de interés: calidad del agua, acceso al agua, transporte de contaminantes. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7242-4836>. Correo electrónico: rleal@cicy.mx

^{IV} Doctorado en Urbanismo por la Universidad de Weimar, Alemania. Profesor-investigador de la Universidad de Quintana Roo (UQROO), México. Líneas de interés: geografía en espacio físico y turismo, monitoreo y control de los destinos turísticos sustentables mediante sistema de indicadores de desarrollo sustentable. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6610-5193>. Correo electrónico: ofrausto@uqroo.edu.mx

^V Autor de correspondencia. Doctorado en Uso, Manejo y Preservación de Recursos Naturales por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, A.C. (CIBNOR), México. Investigador Cátedras CONACT en la Unidad de Ciencias del Agua del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY), México. Líneas de interés: calidad de vida, acceso al agua, sustentabilidad hídrica. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5329-7261>. Correo electrónico: diego.casas@cicy.mx

Palabras clave: acceso al agua; captación de agua de lluvia; necesidades básicas; sustentabilidad hídrica; tomadores de decisiones;

Abstract

Lack of access to safe water sources is a problem in the Mexican Caribbean, particularly in small communities with irregular services. Accordingly, rainwater harvesting (Spanish acronym CALL) could represent an alternative to satisfy basic needs. However, implementation schemes are often vertical and hierarchical. In this study, we provide knowledge on the perceptions and ways of using rainwater, to contribute to decision-making. The information was obtained through ethnographic observations and surveys of 60 household representatives from a sample of 253 houses in the community of Puerto Morelos, Quintana Roo. Ninety-five per cent of respondents were foreign, so their perceptions and ways of handling water were heterogeneous, ranging from simple systems (buckets and drums) to complex systems integrated into homes. In general, CALL is positively perceived by the population studied, which would allow its implementation in more structured projects to improve techniques of rainwater catchment in the locality.

Keywords: water access; rainwater harvesting; basic needs; water sustainability, decision makers;

Introducción

El acceso al agua es un tema prioritario en asentamientos irregulares y comunidades vulnerables, sobre todo por la falta de saneamiento. La infiltración de lixiviados de fosas sépticas compromete la calidad del abastecimiento en los acuíferos por enriquecimiento con NO^3 (Katz *et al.*, 2011), contaminación fecal (Withers *et al.*, 2013), brotes epidémicos (Borchardt *et al.*, 2003) y resistencia antibiótica en microorganismos acuáticos (Graves *et al.*, 2002). En este sentido, los acuíferos kársticos son de los más vulnerables a la infiltración, pues son matrices rocosas altamente permeables con alta capacidad para el paso del agua y contaminantes (Aguilar Duarte *et al.*, 2016).

En México, uno de los sistemas kársticos subterráneos más importantes se encuentra en la Península de Yucatán. Este acuífero se encuentra expuesto a la infiltración de contaminantes por actividades antropogénicas (Marín y Perry, 1994; Pacheco *et al.*, 2000; Saucedo González, 2014). Uno de los sitios que experimenta esta problemática es Puerto Morelos, en el Caribe mexicano, el cual presenta escenarios socioeconómicos contrastantes: desde lugares turísticos lujosos hasta asentamientos irregulares con niveles altos de pobreza y carencia de servicios. En dichos asentamientos, por la irregularidad en la tenencia de la tierra, el abastecimiento de agua es principal-

mente por pozos particulares de extracción. Sin embargo, la calidad de éstos está comprometida por los lixiviados de las fosas sépticas presentes en el mismo predio, lo que puede afectar la salud humana y ambiental, lo cual se ha demostrado en otros estudios como los de Withers *et al.* (2013), Sandoval *et al.* (2015) y Hernández-Terrones *et al.* (2011); este último en Puerto Morelos.

Ante esta situación, la captación de agua de lluvia (CALL) podría representar una alternativa de abastecimiento más segura y sustentable que el agua de los pozos, ya que el riesgo de contaminación disminuye drásticamente. Esta práctica se ha desarrollado en sitios de difícil acceso al recurso por distintas razones como: contaminación, sobreexplotación (Adler *et al.*, 2008), calidad inadecuada para consumo humano, intrusión salina (Manzurul *et al.*, 2010) y ausencia de fuentes de agua superficiales (Winemiller, 2003), entre otros.

La implementación de esta ecotecnia se ha llevado a cabo a través de programas sociales de gobierno como instrumento de política pública y de organizaciones no gubernamentales, donde predominan visiones y esquemas arborescentes de gobernanza, donde las instituciones imponen “soluciones” a “problemáticas”;¹ situación que podría evitarse si se consideraran las características y percepciones de los usuarios desde una visión rizomática de gobernanza, con lo cual podrían desarrollarse programas sociales tanto de forma horizontal (a nivel de sociedad civil) como vertical (a nivel institucional), tomando en cuenta las características y perspectivas de la comunidad (Horowitz, 2015).

Para comprender las tendencias locales y llevar a cabo una correcta toma de decisiones para la promoción e implementación de técnicas alternativas y complementarias de abastecimiento de agua como la CALL, se necesitan estudios de percepción de los usuarios. Estos usuarios no sólo son de localidades rurales y localidades urbanas marginadas (CEMDA *et al.*, 2006), sino también son usuarios por motivos diferentes a la accesibilidad del recurso, como: tradiciones o costumbres, ideales de sustentabilidad, ahorro del recurso o ahorro económico, entre otras.

Marco conceptual para análisis de la percepción ambiental

El análisis de la percepción ambiental proporciona las bases para dirigir y regular actividades cotidianas del individuo (Calixto y Herrera, 2010); permite conocer las interpretaciones y los significados en torno a las impresiones obtenidas del ambiente y los efectos que tienen sobre los usuarios, y son fuente de información importante para quienes planean y manejan territorios (Arias, 2006; Fernández-Moreno, 2008). Estas percepciones están determinadas por variables que influyen en los procesos perceptivos, por ejemplo, de corte demográfico (*i. e.* edad, sexo, experiencia, grado de

¹ Se entrecorren “soluciones” y “problemáticas” porque no siempre son concebidas de la misma forma al interior de la comunidad que por agentes externos, quienes la conciben de una manera vertical y jerárquica, ignorando la participación y aspiraciones de desarrollo en la localidad, con lo cual esta verticalidad lleva a una baja aceptación o al fracaso de dichos programas, según Horowitz, 2015.

escolaridad, entre otros; Faviel *et al.*, 2019). Para valorar problemas ambientales se necesita abordarlos desde un concepto sistémico del medio (Novo, 2002), es por eso que se deben contemplar las actitudes, valores y el comportamiento de la población, así como las diferentes percepciones sobre los problemas de manera categorizada (Bilsborrow y Okoth-Ogendo, 1992).

En áreas donde un recurso es escaso o se pretende implementar estrategias de aprovechamiento, el análisis de la percepción brinda información sobre la valorización de los servicios ambientales, como un elemento significativo del conocimiento de la población local (Álvarez-Salas *et al.*, 2016; Carrera *et al.*, 2016). Los estudios sobre percepción tienen la ventaja de obtener información sobre la situación actual de uso que una comunidad dada tiene con respecto al recurso y a su manejo, con lo cual se permite conocer las interpretaciones y los significados que los usuarios tienen alrededor de esta práctica (Pacheco-Montes, 2008), así como su disposición a la implementación de la misma y los posibles obstáculos ideológicos o económicos que interfieren en la localidad.

La integración de la dimensión social, ambiental, ecológica y económica es uno de los mayores retos para la gestión sostenible de los recursos (López Madrid *et al.*, 2013). Por ello, es necesaria una metodología que integre tanto el enfoque científico, como el de las percepciones de los actores involucrados (Rhoades y Stallings, 2003). López Madrid *et al.* (2013) proponen llevar a cabo la evaluación integral a partir de las relaciones entre sociedades y ecosistemas. Esta metodología se fundamenta en el concepto de Socio-Ecosistema (SES) (Gallopín, 1994). El SES integra diferentes perspectivas disciplinares para comprender las relaciones e interacciones entre sistemas sociales y sistemas naturales a fin de proponer una gestión y un desarrollo más sustentables (Challenger *et al.*, 2014).

Estudios previos sobre la captación de agua de lluvia

El estudio de las percepciones y las motivaciones de los usuarios hacia la adopción de la CALL, así como sus características, ha sido poco explorado (Bosibori, 2013; Chandra, 2015). Los trabajos que han abordado este tema han tenido como enfoque las características culturales, sociológicas, cognoscitivas y etnoecológicas de los actores involucrados (Vargas, 1994). En cambio, hay estudios sobre CALL en archivos históricos (Ballén *et al.*, 2006), manuales de construcción (Adler *et al.*, 2008), manuales informativos sobre sus ventajas (OPS, 2004), propuestas de abastecimiento de agua en comunidades sin acceso a agua potable (FAO *et al.*, 2013) y en investigaciones sobre la calidad del agua de lluvia (Abdulla y Al-Shareef, 2009).

La CALL se ha planteado como una alternativa de abastecimiento de agua en países como Bangladesh, donde ha sido una alternativa viable y segura para ingesta en áreas con suelos con-

taminados con arsénico (Ballén *et al.*, 2006). Abdulla y Al-Shareef (2009), en Jordania, evaluaron el potencial de agua de lluvia para su potabilización, mostrando concentraciones de compuestos inorgánicos dentro de los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Por su parte, Achadu *et al.* (2013) analizaron la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de lluvia almacenada en depósitos de distintos tipos materiales en hogares en Nigeria, y concluyeron que el agua de lluvia sin tratamiento previo no es adecuada para ingesta, pero puede usarse para otros usos domésticos.

El agua de lluvia también puede tener usos que no impliquen ingesta. En Brasil, Moreira *et al.* (2012) estimaron la calidad del agua de lluvia para uso no potable en un aeropuerto. Los resultados obtenidos mostraron estar por debajo del límite de detección para turbidez, alcalinidad, dureza total, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, materia orgánica, entre otros. De esta manera, las posibilidades de uso del agua de lluvia pueden ser variadas, dependiendo del contexto y las necesidades.

Antecedentes de la captación de agua de lluvia en México

En México, la CALL se emplea en varias entidades del país como el Estado de México (Pacheco-Montes, 2008), Michoacán (Bocanegra-Martínez *et al.*, 2014; García-Montoya *et al.*, 2015), Oaxaca (Anaya-Garduño, 1998), Guanajuato (Martínez *et al.*, 2010), San Luis Potosí, Morelos, Guerrero y Zacatecas (Rivero *et al.*, 2016), así como en la Península de Yucatán (Ballén *et al.*, 2006; Vázquez *et al.*, 2014). Quintana Roo es uno de los estados donde la CALL se ha llevado a cabo desde la época prehispánica (Winemiller, 2003). Actualmente, se realiza en varios municipios del estado, como Cozumel (García, 2011; Frausto Martínez, 2016), Tulum, Carrillo Puerto, José María Morelos, Lázaro Cárdenas (A. López, comunicación personal, 8 de agosto de 2016) y Puerto Morelos (R. M. Leal, comunicación personal, 20 enero de 2016). En todas las localidades mencionadas, la implementación se ha llevado a cabo por instituciones externas, excepto Puerto Morelos, donde ésta ha sido autogestiva y nace como una iniciativa de sus pobladores.

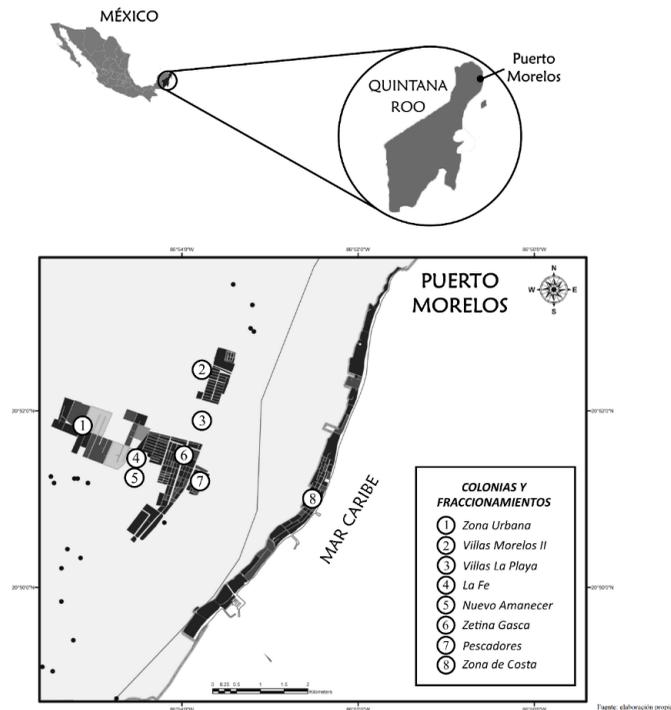
Debido a la problemática que representa el acceso a fuentes de agua segura en sistemas kársticos, sobre todo en comunidades con irregularidad en servicios, la CALL representa una alternativa para satisfacer necesidades básicas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es aportar al conocimiento sobre las características, percepciones y formas de uso del recurso por parte de los usuarios de agua de lluvia. Esto, con la finalidad de brindar elementos para los tomadores de decisiones sobre el aprovechamiento del recurso, estableciendo el nivel de aceptación de esta ecotecnia e incorporando nociones de los usos y necesidades actuales, así como las limitaciones principales.

Materiales y métodos

Área de estudio

Puerto Morelos es una localidad ubicada en la costa noreste de la Península de Yucatán, México (Figura 1), entre los 21°00'12.12" y los 20°44'54.29" latitud norte y entre los 86°59'12.15" y los 86°49'35.21" longitud oeste. En 2015 tenía una población de 9 188 habitantes y la tasa de crecimiento de vivienda de 2010 a 2015 fue de 2.6 % (COESPO, 2016). Su población es mayormente foránea (63 %) y la escolaridad promedio de la población es de 15 años (COESPO, 2016). Sus actividades económicas principales son de tipo terciario, primordialmente turismo (hospedaje, restaurantes y actividades turísticas) y en menor proporción de tipo primario, principalmente la pesca (INEGI, 2010).

Figura 1. Ubicación geográfica de Puerto Morelos, Quintana Roo, México



*Colonias y fraccionamientos donde se llevaron a cabo las encuestas se enumeran del 1 al 8 (modificado de INEGI, 2010).
Fuente: elaboración propia, 2020.

Recolección de datos

El presente estudio contempló el diseño de una encuesta (Statistics Canada, 2010) para obtener el perfil sociodemográfico del usuario (edad, sexo, nivel de estudios, lugar de procedencia); a su vez, para incorporar nociones acordes con los usos y las necesidades actuales del recurso. A través de

26 preguntas cerradas se estudiaron las formas de captación y almacenamiento (conductas), usos del agua de lluvia (decisiones), y a través de 16 preguntas abiertas se estudiaron la aceptación, motivaciones y opiniones respecto al agua de lluvia (juicios), que permitieron establecer las limitaciones principales.

Para identificar a los usuarios se utilizaron tres técnicas: 1) método de bola de nieve (Russell, 2006) a través de colaboradores clave; 2) mediante datos geográficos y de cartografía del último censo poblacional de INEGI (2010), donde se identificaron zonas potenciales de recolecta de agua de lluvia, en el cual se usó el criterio de Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) y se registró la carencia de agua potable en las viviendas; y 3) mediante observaciones etnográficas (Russell, 2006). Esto permitió seleccionar colonias o fraccionamientos con distintas características sociodemográficas para contrastar usuarios.

A partir de los datos sociodemográficos de INEGI (2010) y las AGEB con viviendas sin agua potable se seleccionaron las colonias Luis Donaldo Colosio (zona urbana) y Villas Morelos II. A partir de la información etnográfica se seleccionó el fraccionamiento Villas La Playa y las colonias La Fe, Nuevo Amanecer (estos últimos dos sitios no se encuentran registrados en los datos cartográficos de INEGI de 2010, por lo que no aparecen en el mapa de la Figura 1), Zetina Gasca, Pescadores y la zona de costa. Finalmente, para estimar el tamaño mínimo de muestra de viviendas se utilizó la fórmula siguiente (Suárez y Tapia, 2012):

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde:

n = tamaño de muestra

N = tamaño de la población

$\sigma = 0.5$

Z = nivel de confianza

e = límite aceptable de error

De esta forma:

N = 4 749 viviendas

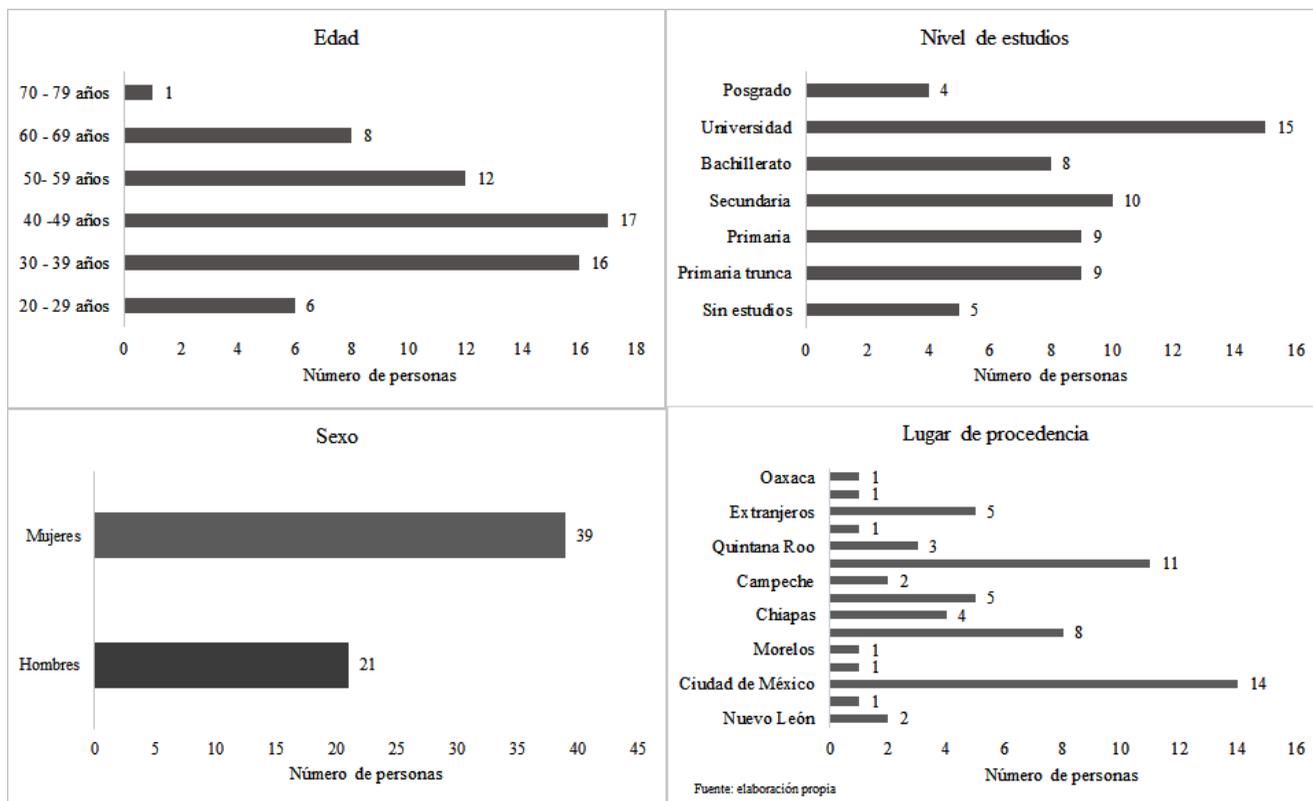
$\sigma = 0.5$

Z = 1.96 (95 % de confianza)

e = 0.06

De esta forma, se obtuvo un tamaño mínimo de muestra de 253 viviendas. La identificación de usuarios en las viviendas se realizó de julio a diciembre de 2016 mediante un muestreo no probabilístico intencional. Se preguntó, vivienda por vivienda, si utilizaban agua de lluvia y, si la respuesta era afirmativa, se realizaba la encuesta. Las encuestas debían ser respondidas por un representante de cada vivienda, mayor de 18 años y residente permanente. La información se obtuvo mediante encuestas a 60 representantes de hogar. Los resultados sociodemográficos principales se aprecian en la Figura 2. Las encuestas se compilaron en una base de datos y se realizaron análisis descriptivos que mostraran las características del grupo objetivo. Posteriormente se categorizaron las percepciones codificando los datos (Morse *et al.*, 2016) y se integraron las categorías y contrastaron las respuestas (Fernández, 2006).

Figura 2. Características sociodemográficas de usuarios del agua de lluvia en Puerto Morelos, Quintana Roo, México



Fuente: elaboración propia, 2020.

Resultados

Los resultados muestran datos heterogéneos; sin embargo, se distingue de manera general dos tipos de usuarios, agrupados por cuatro características: nivel de estudios, motivaciones para la captación de agua de lluvia, lugar de residencia actual y forma de captación.

Tipo A: 26 usuarios (43.3 % del total), poseen estudios medios y/o superiores (secundaria, preparatoria, universidad o posgrado) y sus motivaciones principales para la CALL son: 1) por un discurso proambiental, 2) por ahorro económico, y/o 3) por el aprovechamiento del recurso. Se establecen en los fraccionamientos Villas Morelos II y Villas La Playa, en la colonia de la zona urbana o en la zona de costa. La forma principal de CALL es la simple y en algunos casos compleja.

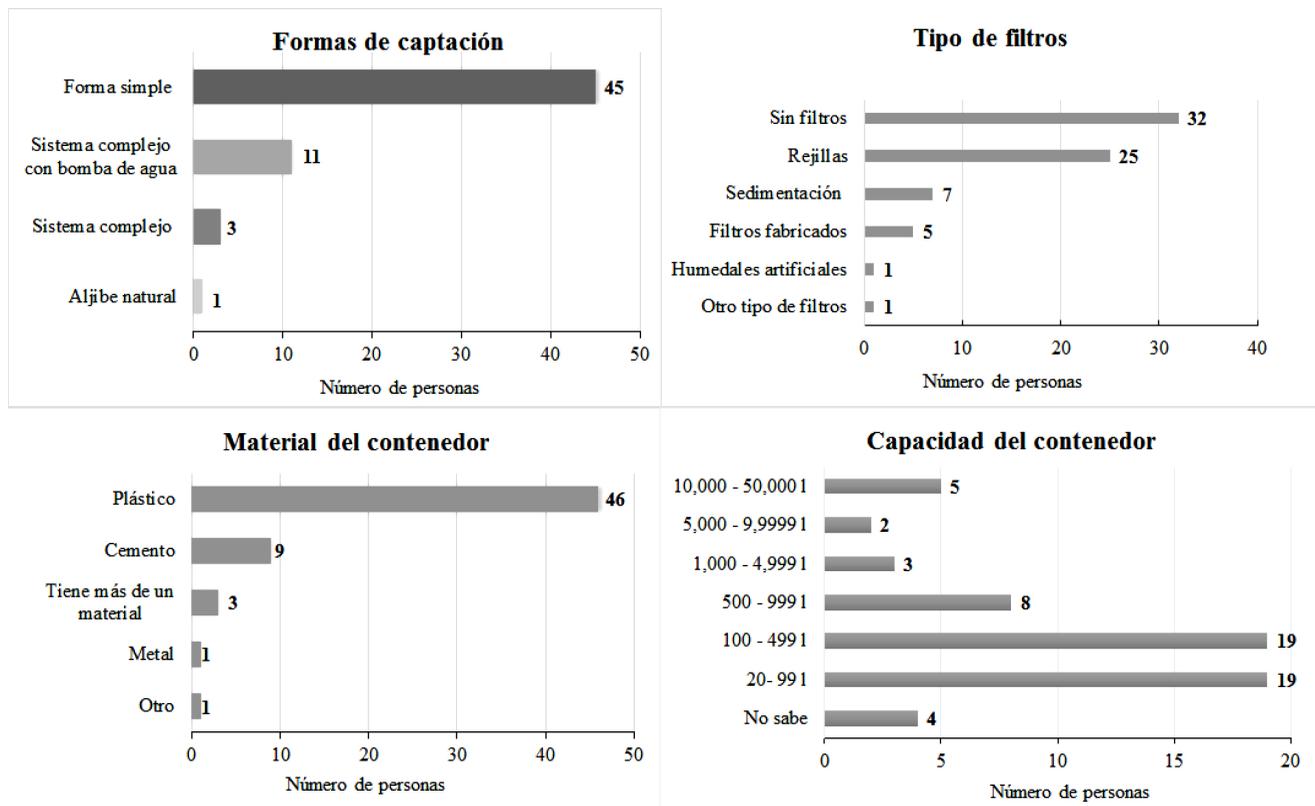
Tipo B: 34 usuarios (56.7 % del total), poseen nivel primario y secundario de estudios, algunos sin estudios, y sus principales motivaciones para la CALL son: 1) carencia del recurso hídrico o energético, 2) ahorro económico, y/o 3) tradiciones o costumbres. Se encuentran establecidos principalmente en las colonias La Fe (asentamiento irregular de invasión), Nuevo Amanecer, Zetina Gasca y Pescadores. La forma principal de CALL es la simple.

Conductas

Formas de captación, almacenamiento y manejo

Se observaron cuatro formas generales de CALL y su almacenamiento (Figura 3). La más común fue la forma simple (75 %) (cubetas, tambos, cisternas al aire libre); en esta categoría, la captación es de manera práctica, económica, sin materiales, superficies o contenedores especialmente diseñados para la captación. Mientras tanto, el 23 % de los entrevistados mencionó poseer sistemas de captación complejos adaptados a las viviendas (que incluyen superficies de captación, canales, tuberías, tinacos, cisternas, filtros y bombas). El 2 % restante mencionó que cuenta con un aljibe natural. El 52 % de los entrevistados utiliza algún tipo de filtro o limpieza mecánica del agua. Las formas más utilizadas de filtros fueron: rejillas, coladeras o telas para eliminar residuos grandes (41.7 %), sedimentación (11.7 %) y filtros fabricados (8.3 %). Para el almacenamiento de agua los materiales más empleados en los contenedores fueron los plásticos (77 %), la mampostería (15 %), más de un material (plástico y mampostería) (5 %) y el resto (3 %) es de otro material (metal o roca).

Figura 3. Formas de captación y almacenamiento del agua de lluvia por usuarios en Puerto Morelos, Quintana Roo, México



Fuente: elaboración propia, 2020.

Las capacidades de los contenedores para el almacenamiento del agua de lluvia variaron desde 20 litros (cubetas) hasta 50 mil litros (cisternas) (Figura 3). El 32 % de los voluntarios almacenan de 20 a 99 litros, otro 32 % almacena de 100 a 499 litros, y un 13 % de los usuarios almacena de 500 a 999 litros. Estas tres categorías incluyen a personas que captan el agua de forma simple con cubetas y tambos principalmente. Finalmente, un 8 % de los usuarios almacena de mil a 9 999 litros, y otro 8 % almacena de 10 mil a 50 mil litros; estos dos últimos usuarios incluyen aquellos que almacenan el agua en tinacos y cisternas, y que cuentan con sistemas complejos.

El 98 % de los usuarios respondió que tenían otra forma de abastecimiento de agua aparte de la CALL; de éstos, el 55 % mencionó tener pozo (del cual los informantes no pudieron dar un costo aproximado y volumen extraído); 41 % mencionó estar conectado a la red de agua potable (pagando en promedio \$245.00 m. n. mensuales, con un consumo estimado per cápita por día de 201 litros). Otro 2 % mencionó abastecerse por medio de empresas privadas de transporte de agua

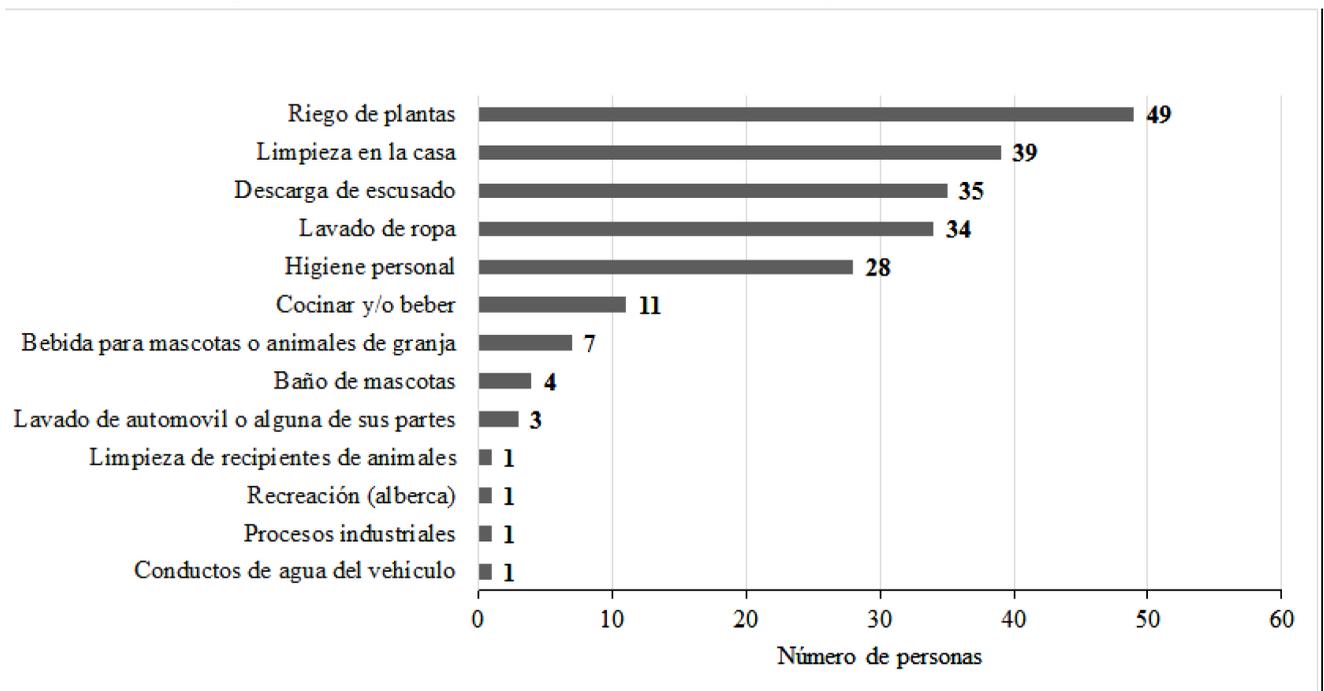
(pipas), las cuales, de acuerdo con los informantes, tienen un costo de \$800.00 m. n. por una pipa de 10 m³, reportando además que estos operadores podían vender tambos de 200 litros por \$100 m. n., y finalmente un 2 % no cuenta con otra forma de suministro. Con relación a la conexión a la red de drenaje, el 28 % de los encuestados mencionó estar conectado, mientras que 59 % mencionó tener fosa séptica y el 13 % restante mencionó tener otras formas de tratamiento de sus aguas residuales (biodigestores, humedales artificiales y vertimiento del agua directamente al suelo).

Decisiones

Usos actuales del agua de lluvia

Para establecer las decisiones, los usos mencionados se dividieron en actuales y sugeridos; el primero obtuvo 42 comentarios (32 %) y el segundo 83 (63.4 %). De lo anterior, se identificaron 13 usos actuales (Figura 4), de los cuales seis fueron los más empleados: riego de plantas, limpieza de la casa, descarga de escusado, lavado de ropa, higiene personal y cocinar y/o beber. En cuanto a los usos sugeridos, se mencionaron 18, sobresaliendo el consumo humano (beber y cocinar), el riego de plantas, la higiene personal y el lavado de trastes/ropa.

Figura 4. Usos actuales del agua de lluvia de los pobladores de Puerto Morelos, Quintana Roo, México

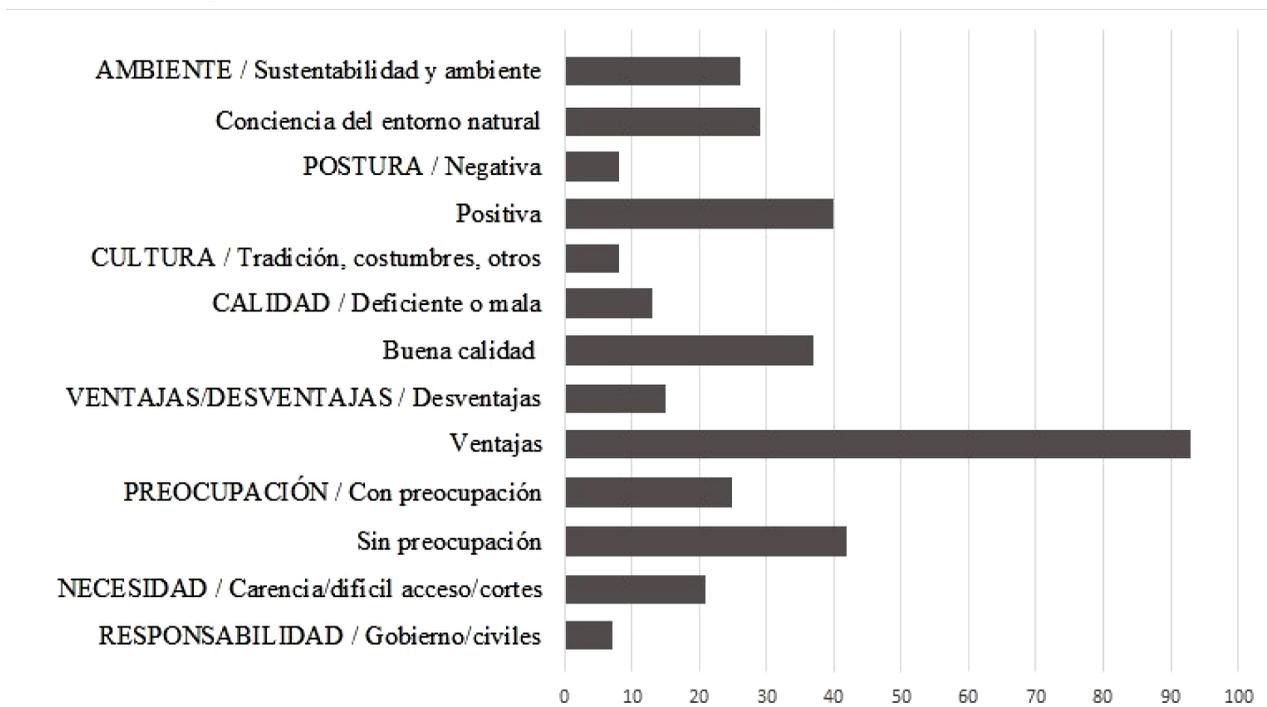


Fuente: elaboración propia, 2020.

Juicios

Contemplan la aceptación, motivaciones y opiniones de los usuarios respecto al agua de lluvia. Incluye las categorías siguientes, resumidas por tipo de comentario en la Figura 5: ambiente, postura, cultura, calidad, ventajas/desventajas, preocupación, necesidad y responsabilidad.

Figura 5. Aceptación, motivación y opiniones de usuarios del agua de lluvia en Puerto Morelos, Quintana Roo, México



Fuente: elaboración propia, 2020.

Ambiente

Esta categoría se dividió en dos subcategorías: 1) opinión respecto a su sustentabilidad y ambiente (cuidado de la naturaleza) y 2) opinión sobre conciencia del entorno natural (percepción como recurso). De estas dos subcategorías se registraron 26 comentarios sobre sustentabilidad y ambiente (47.3 %) como el de OX, ama de casa de 68 años del fraccionamiento Villas La Playa, quien dijo que captaba el agua de lluvia “porque es bueno para el planeta”, o la colaboradora OM, mujer de 40 años residente de la zona urbana que comentó que con la CALL “no afectamos al planeta”. Respecto a la conciencia del entorno se registraron 29 comentarios (52.7 %), como el

de SO, ama de casa de 45 años de la colonia Pescadores que opinó que el agua de lluvia “se debe aprovechar ya que llueve seguido”.

Postura

Se distinguieron dos posturas: una positiva, la cual resaltó con comentarios a favor de la CALL y una negativa o condicionada, donde se observaron comentarios a favor, pero bajo ciertas condiciones, circunstancias o adaptaciones. Respecto a la CALL se registraron 40 comentarios positivos (83.3 %). Por ejemplo, IN, mujer de 42 años que habita en la colonia La Fe, afirmó que captar agua de lluvia “es bueno”; así mismo, CO, hombre de 56 años, residente de la zona urbana comentó que la captación de agua de lluvia “funciona bien”. De la postura negativa o condicionada sólo se hicieron ocho comentarios (16.7 %), entre los que destaca el realizado por VG, mujer de 56 años que habita en un fraccionamiento que opinó que “hay que estar al pendiente de la operatividad del sistema de captación”; o el comentario hecho por OM, mujer de 40 años residente de la zona urbana, quien considera que “se requiere de conciencia y adaptación, pero vale la pena”.

Cultura

Se registró ocho comentarios que aludieron a la CALL como una práctica realizada por la familia de origen, por la comunidad o por los antepasados. Por ejemplo, PE, hombre de 52 años de la colonia La Fe, comentó que en su familia “se acostumbra utilizar el agua de lluvia para los frijoles y para lavar la ropa con ceniza, porque así queda más limpia”. Por otro lado, PY, mujer de 41 años de la colonia La Fe, comentó que antes, cuando los hombres andaban en los campos agrícolas, acostumbraban tomar el agua de lluvia que se juntaba en las oquedades del suelo y que se acostumbraba hervirla para los niños, pero para los adultos no.

Calidad

Se obtuvieron 50 comentarios. La categoría se dividió en dos subcategorías: buena calidad y calidad deficiente o mala. Los comentarios sobre la buena calidad fueron 37 (74 %), destacando el de AR, mujer de 33 años, habitante de un fraccionamiento, que opina que “el agua de lluvia es limpia”; HE, hombre de 30 años habitante de la colonia Zetina Gasca mencionó que “el agua de lluvia no tiene químicos”. Los comentarios de calidad deficiente o mala fueron 13 (26 %), por ejemplo, HT, mujer de 30 años residente del fraccionamiento Villas La Playa, quien opinó que “el agua de lluvia está contaminada”; LT, hombre de 70 años habitante del mismo fraccionamiento comentó que “el agua de lluvia no se puede beber porque es ácida”.

Ventajas/desventajas

Predominaron las ventajas con 93 comentarios (72.6 %) sobre las desventajas con 15 (29.41 %). Las ventajas a su vez se subdividieron en cuatro categorías: ventajas generales, seguridad hídrica, ahorro, salud y viabilidad. Entre los comentarios sobre las ventajas generales destacan el de GS, mujer de 34 años de la colonia La Fe, quien afirmó que utilizando agua de lluvia “la ropa queda muy limpia”. Por otro lado, CO, hombre de 56 años de la zona urbana opina que “los frijoles se cocinan más rápido”. Cabe aclarar que estos comentarios se centraron en aspectos positivos de la vida cotidiana.

Los comentarios sobre seguridad hídrica (10) fueron variados. Por ejemplo, VG, mujer de 56 años residente de un fraccionamiento, dijo que “cosechar agua de lluvia da cierta autonomía”; esto respecto a depender exclusivamente de la red de agua potable. Por su parte, PC, hombre de 44 años de la colonia Zetina Gasca, mencionó que “el agua de lluvia es un suministro para cuando no hay agua potable”, refiriéndose a cuando hay cortes de agua (por tandeos o por falta de pago a la compañía de agua potable). CO, hombre de 56 años de la zona urbana, argumentó: “en situación extrema tenemos nuestro propio abastecimiento” aludiendo a circunstancias en las que no se pueda obtener agua de pozo (inundación por huracán) y que el agua de lluvia le permite tener ese suministro. En cuanto al ahorro, hubo ocho comentarios sobre el consumo de agua (6 %), tres sobre el consumo de electricidad (2 %) y 18 respecto al dinero (15.89 %). Por ejemplo, PS, hombre de 61 años habitante de la zona de costa, recomienda el uso de agua de lluvia “para ahorrar dinero, porque el agua potable es muy cara”; CH, hombre de 34 años residente de un fraccionamiento, opinó que “con el agua de lluvia puedes ahorrar económicamente”.

En cuanto al bienestar físico y la salud como una ventaja, resaltaron algunos comentarios, por ejemplo, el de MF, hombre de 64 años que habita en la zona de playa, quien comentó que el agua de lluvia “deja la piel y el cabello suaves”; IN, mujer de 42 años, residente de la colonia La Fe mencionó: “el agua de lluvia es más saludable”, ya que esta persona la usa para consumo. Finalmente, cuatro comentarios resaltaron que la captación de agua de lluvia es viable, barata y rentable; estos comentarios fueron hechos tanto por usuarios con sistemas simples (cubetas, tambos, lonas), como con sistemas complejos (superficie de captación, tuberías, cisternas y filtros).

Los comentarios sobre las desventajas o inconvenientes para establecer sus limitantes apuntan a que la lluvia no es constante, es impredecible y perciben que los ciclos anuales están cambiando, por lo que la CALL se vuelve más complicada; por ejemplo, OG, hombre de 48 años residente de la zona de costa comentó con preocupación: “los ciclos hidrológicos están alterados”. Otra desventaja mencionada fue la captación y el almacenamiento, YN, hombre de 50 años residente del fraccionamiento Villas La Playa mencionó que una de las desventajas de la CALL es “el

cómo captarla y almacenarla”, pues requieren un espacio amplio, sobre todo con un sistema complejo autosuficiente, así como dinero.

En cuanto a los problemas que trae consigo la CALL, se mencionó la proliferación de mosquitos por el almacenamiento prolongado de agua (cuatro comentarios), como el de SO, mujer de 45 años habitante de la colonia Zetina Gasca, quien mencionó que “si no se usa de inmediato el agua, aparecen mosquitos”. Cabe aclarar que estos comentarios los hicieron personas que almacenan el agua en contenedores destapados y que algunos mencionan que le agregan cloro para evitar estos efectos. Otra de las desventajas mencionadas por dos colaboradores fue que el agua de lluvia no servía para lavar trastes, ropa, para bañarse o beber (por la consistencia que se genera en el agua al combinarse con el jabón), o por su dudosa calidad y sus características para su consumo, como lo mencionó BL, mujer de 31 años de la colonia La Fe, quien afirma: “para lavar, el agua de lluvia no sirve, porque no hace espuma”, “si la bebo podría enfermar”.

Preocupación

Con respecto a la preocupación por usar agua de lluvia, la mayoría de los voluntarios mencionaron que no les preocupaba nada (42 comentarios). Sin embargo, dentro del resto de las preguntas, se hicieron evidentes varias opiniones manifestando ciertas preocupaciones. Las preocupaciones se observaron en 25 comentarios (37.31 %), que se agruparon en tres categorías: 1) respecto a la normatividad de la CALL, 2) respecto a la recarga del acuífero, y 3) respecto a la calidad del agua de lluvia. Esta última fue la que más comentarios generó. Por ejemplo, HE, mujer de 30 años de la colonia Zetina Gasca mencionó “me preocupa beber el agua de lluvia, puede estar contaminada”; PR, mujer de 43 años de la colonia Pescadores, le preocupó saber si “sería suficiente hervirla para beber”.

Necesidad

Se destacaron 21 comentarios sobre la necesidad de usar agua de lluvia, esto debido a la carencia o difícil acceso al agua por la falta de un pozo, ya que la red de agua potable no abastece a todas las colonias. Algunos colaboradores (3) comentaron que sus vecinos les facilitan agua de sus pozos, por ejemplo, GA, mujer de 54 años residente de la colonia La Fe, mencionó: “aquí no tenemos agua de pozo, le tenemos que pedir de favor a los vecinos de allá que nos regalen agua de su pozo”.

Por otra parte, cuatro usuarios mencionaron que utilizan la CALL como medida de prevención para evitar desabasto por algún corte o tandeo de agua (en caso de lugares donde hay red de agua potable), como SO, mujer de 45 años habitante de la colonia Zetina Gasca, quien comentó que

ella usa agua de lluvia porque “a veces no hay agua de la llave”. En el caso de cortes de luz, cinco usuarios mencionaron utilizar el agua de lluvia, ya que extraen el agua de un pozo por medio de bombas eléctricas, como PY, mujer de 41 años residente de la colonia La Fe, quien aseveró: “la luz se va en ocasiones y no podemos sacar el agua del pozo”, por lo que recurren a la CALL. Como medida de ahorro, hubo 36 comentarios, principalmente económicos, aunque varios usuarios comentaron que con la CALL ahorran agua y/o luz. Se localizó un usuario que dijo depender exclusivamente del agua de lluvia, la colaboradora CA, mujer de 46 años que habita en la colonia La Fe, quien comentó: “usamos el agua de lluvia porque tenemos poco tiempo de vivir aquí y todavía no tenemos pozo”.

Responsabilidad

Se presentaron siete comentarios respecto a este tema; tres de ellos se refirieron a las responsabilidades del gobierno en cuanto a la promoción de la CALL; por ejemplo, PA, mujer de 53 años, residente del fraccionamiento Villas La Playa, afirmó que “el gobierno debería incentivar la captación de agua de lluvia”. Mientras que cuatro comentarios se enfocaron en que la CALL es necesaria y debería ser implementada por más personas; por ejemplo, SA, mujer de 37 años, habitante de la zona urbana, opinó: “el agua de lluvia es fenomenal, todos deberíamos utilizarla”. Estos comentarios no sólo hacen referencia a la implementación de la técnica a través de la promoción gubernamental o institucional, sino por conciencia y responsabilidad individual.

Discusión

Factores influyentes en la percepción y opinión de los usuarios

La mayoría de la población de Puerto Morelos proviene de otros estados de la República, lo cual se vio reflejado por el lugar de procedencia de los encuestados en este estudio. Quintana Roo se ha caracterizado por ser el segundo estado con mayor tasa de inmigración en el país (INEGI, 2014) y dicha tasa tiene como consecuencia la demanda de agua potable, la cual difícilmente puede ser atendida a la par del crecimiento demográfico (Calderón *et al.*, 2012). Por otro lado, es posible que los inmigrantes, por sus distintas procedencias, cuiden y amalgamen una variedad de conocimientos, saberes y percepciones en el manejo de la CALL (Zavala Aviña, 2007). Esta heterogeneidad coincide con lo expuesto por Aledo *et al.* (2006), que concluyen que las percepciones de los usuarios respecto al recurso hídrico pueden estar influenciadas por circunstancias individuales; en este caso por la composición de la población, y no responden precisamente a la pertenencia de un grupo con ideales específicos.

Las encuestas revelaron que las personas provenientes de la Ciudad de México tenían una perspectiva diferente del entorno y del recurso, pues la mayoría comentaron que la escasez de

agua es un tema crítico, por lo que su conciencia sobre el recurso es mayor; además, comentaron que se está promoviendo la CALL tanto en la Ley de Aguas del Distrito Federal (2003), como en el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos (Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, 2012) y por medio del programa “Agua a tu casa CDMX” (SEDESOL, 2017).

Por otro lado, la CALL como una tradición en la localidad de origen o como costumbre en las familias fue aludida por las personas originarias del estado de Yucatán, lo cual sugiere que esta práctica se ha transmitido por generaciones, incluso desde la época prehispánica (Chávez, 2016). En este caso, la CALL se asoció más a personas procedentes de comunidades rurales agrícolas y de la capital del estado de Yucatán.

Formas de captación, almacenamiento, manejo y usos actuales

En cuanto a las formas de captación, éstas variaron desde lo rudimentario hasta la tecnología e infraestructura compleja. Es en esta última forma de captación donde la literatura se ha enfocado (OPS, 2004; FAO *et al.*, 2013), mencionándose en mucho menor medida la captación simple (Adeniyi y Olabanji, 2005; Achadu *et al.*, 2013), la cual resultó ser la forma más usada, ya que su costo es mínimo (de cero hasta \$1 000.00 m. n.) y no requiere instalaciones ni materiales especiales; en cambio los sistemas complejos requieren de una planeación y un costo mayor (de \$10 000.00 m. n. a \$50 000.00 m. n.) (OPS, 2004; Adeniyi y Olabanji, 2005; Achadu *et al.*, 2013; FAO *et al.*, 2013).

Una explicación de por qué casi la mitad de los usuarios no utiliza filtros para limpiar el agua de lluvia puede inferirse a partir de que los usos dados (riego de plantas, limpieza de pisos y uso en el escusado) no requieren de tratamiento, en contraste con el uso potable (Adeniyi y Olabanji, 2005; Abdulla y Al-Shareef, 2009; Achadu *et al.*, 2013). Otra posible razón es que 57 % de los usuarios mencionó que el agua recolectada viene limpia. Además, quienes colectan agua de escurremientos de techo, normalmente dejan que pasen las primeras lluvias, ya que por conocimiento empírico saben los procesos de deposición seca y húmeda que pueden provocar el arrastre de partículas que provocan la mala calidad del agua al inicio del evento de lluvia, como lo mencionan Kim *et al.* (2005); disminuyendo así la probabilidad de ingreso de partículas gruesas como hojarasca o tierra. Han y Han (2002) incluso recomiendan dejar pasar las primeras lluvias antes de colectar el agua, para evitar la mala calidad de ésta, sea cual sea el uso que se le vaya a dar.

Los resultados de los usos más frecuentes del agua de lluvia son similares a los reportados por Ward *et al.* (2013), quienes identificaron ocho usos (uso en exteriores, riego de jardín, lavado de autos, baño para animales, lavado de ropa, higiene personal, usos ingeribles y para

beber) y observaron comportamientos similares respecto a la aceptación de los usos, donde entre menor sea el contacto con el agua (riego de plantas, sanitario y limpieza del hogar) mayor será su uso y se evita el contacto directo debido a la incertidumbre de la calidad del líquido. Esto plantea la posibilidad de diseñar a futuro distintos sistemas de potabilización acordes con las necesidades de los usuarios, además de promover proyectos más estructurados y la implementación de técnicas más eficientes.

Percepción y opinión sobre el aprovechamiento del agua de lluvia

El ambiente fue apreciado desde dos perspectivas distintas: la primera, desde un enfoque paternalista o tendiente a comunalista (Descola y Pálsson, 2001), de acuerdo con el cual, el ambiente debe ser cuidado por el ser humano o éste debe tratar de integrarse al primero de la forma más generosa posible, en este caso, a través de la CALL y mediante una retórica proambiental. La segunda, desde un enfoque orientalista (Descola y Pálsson, 2001), que trata de aprovechar el recurso de la lluvia, por necesidad, por ahorro o por costumbre, entre otras razones. Desde este último enfoque, no es importante el cuidado del recurso, sino la satisfacción de una necesidad. El primer enfoque se detectó en personas de los fraccionamientos de la zona urbana y zona de costa, mientras que el segundo enfoque se identificó principalmente en las colonias La Fe, Zetina Gasca y Pescadores.

Dentro de las posturas, hubo ocho comentarios negativos o condicionados (16.7 %), prevaleciendo la postura positiva (88.3 %), lo cual indica que su práctica no fue impuesta por alguna institución u organización externa, sino más bien que es una actividad que los usuarios realizan por conocimiento y convencimiento propio. Esta postura positiva se aprecia en estudios de percepción sobre CALL similares al nuestro, como los de Bosibori (2013), Ward *et al.* (2013) y Chandra (2015).

En cuanto a la percepción de la calidad del agua, el 72.5 % de los encuestados considera al agua de lluvia captada de mejor calidad que el agua extraída de pozo o la suministrada (potable). El resto percibe que la calidad del agua es mala o deficiente. Chandra (2015) en Daugha, Nepal, observó que los usuarios de agua de lluvia la consideran apropiada para beber, aunque más del 80 % de ellos la hierven antes de consumirla. Algunos usuarios opinaron que el agua de lluvia es de buena calidad, sin embargo, estos mismos encuestados opinaron que sólo es buena para ciertos usos, mencionando la mayoría que no la beberían o no la ocuparían para cocinar, a menos de que se le diera algún tratamiento.

En México existen organismos o empresas privadas que distribuyen el agua potable en las ciudades, sin embargo, las personas consideran que sus plantas trabajan de manera deficiente y la

calidad del agua no es apta para su ingesta, lo cual ha promovido el desarrollo de la industria del agua embotellada, donde el proveedor garantiza el correcto tratamiento del agua para su consumo (Pacheco-Vega, 2015), lo cual explicaría por qué la gente desconfía de la CALL y prefiere el agua embotellada o purificada.

Aunque casi tres cuartas partes de los encuestados mencionaron no tener preocupación con respecto a la CALL, se evidenciaron ciertas preocupaciones a partir de algunos comentarios. Los más sobresalientes fueron respecto a la calidad del agua y dicha opinión se observó en los dos grupos tipo (A y B). Los usuarios de agua de lluvia, al tener una postura positiva y una percepción de una calidad del agua de lluvia relativamente buena, realizaron una mayor cantidad de comentarios acerca de sus ventajas, destacando la seguridad hídrica. Dichas opiniones concuerdan con la definición de Martínez-Austria (2013) donde indica que la seguridad hídrica es: “aquella que garantiza agua suficiente en calidad y cantidad para los diversos usos, a precios asequibles y en equidad, así como la protección de las personas y sus bienes ante fenómenos hidrometeorológicos extremos”. Otra ventaja mencionada fue el ahorro económico por la CALL, que es una de las variables positivas citadas por Ward *et al.* (2013).

Viabilidad de la captación del agua de lluvia

La viabilidad en la implementación de la CALL fue señalada tanto por usuarios con sistemas simples, como con sistemas complejos, lo cual podría ser un indicador de que la factibilidad de implementar la CALL no depende exclusivamente de la capacidad económica de las personas. Lo anterior sugiere que la práctica depende de otros factores como cultura, conocimientos, costumbres, necesidades, etcétera, a diferencia de lo encontrado por Ward *et al.* (2013), quienes reportan que el costo de implementación y mantenimiento de los sistemas de captación es uno de los principales problemas que los encuestados mencionan sobre la CALL. Lo que sí depende del aspecto económico, es la capacidad de almacenamiento, pues no todos tienen la misma posibilidad de poder almacenar grandes volúmenes de agua por periodos prolongados de tiempo. En este sentido, los usuarios con sistemas complejos tienen ventaja al poseer contenedores de almacenamiento de mayor capacidad (tinacos o cisternas). Por su parte, la seguridad hídrica depende directamente de la economía, por lo que tendrá mayor seguridad hídrica quien pueda costear el almacenar grandes volúmenes de agua por periodos largos.

Las percepciones sobre la viabilidad de la CALL difieren de algunos estudios en donde se estiman costos para emplear sistemas complejos, como los llevados a cabo por García (2012) y Martínez *et al.* (2010). Sin embargo, no se toman en cuenta las formas simples de captación, donde los costos se reducen por el tipo de contenedores empleados (cubetas y tambos), que, si bien no son

sofisticados, pueden ofrecer solución inmediata a la carencia del recurso. De las desventajas percibidas por los usuarios, se presenta una similitud con los datos encontrados por Ward *et al.* (2013) en cuanto a la problemática del mantenimiento del sistema. Por otro lado, no coinciden con las percepciones registradas por Bosibori (2013), donde los principales obstáculos de implementación son la gran cantidad de trabajo que implica la construcción del sistema, la carencia de conocimiento para su instalación y la falta de información.

Consideraciones para la implementación de la ecotecnia

Algunas personas de la colonia La Fe notificaron que en sus casas no tenían pozo, pero que sus vecinos les compartían agua de sus pozos, aunque también recurrían a la CALL. El costo por litro de agua en lugares donde existe red de agua potable, de acuerdo con los informantes, es de \$0.01319, un precio mucho menor comparado con el costo que tiene solicitar una pipa de agua, el cual depende de la cantidad de agua solicitada (de \$0.0889 a \$0.50 por litro). Es decir, 1 m³ (mil litros) de agua cuesta \$13.19 m. n. si se está conectado a la red de agua, mientras que el de una pipa costaría entre \$88.90 a \$500.00 m. n.

De esta manera, la CALL en lugares de difícil acceso al agua podría ser una opción redituable, como lo observó García (2012) en un ecobarrio de la Ciudad de México, donde en función de la superficie de captación y el volumen de almacenamiento, se puede ahorrar de un 16 % a un 66 % de dinero en agua abastecida por pipas. Asimismo, Gay (2008) llevó a cabo un proyecto piloto de CALL en la comunidad de la microcuenca de Santa Ana, Guanajuato, en donde estimó un ahorro de \$20 857.00 m. n. anuales junto a un mejoramiento de la calidad del agua y la dotación por persona al día.

En Morelia, Michoacán, Bocanegra-Martínez *et al.* (2014) formularon una propuesta para optimizar la recolección de agua de lluvia en complejos de viviendas así como propuestas de diseño de hogares que podrían reducir el uso y los costos del agua de un 80 a 87.6 %. En un sentido similar, García-Montoya *et al.* (2015) proponen un modelo para incluir la CALL en un complejo residencial, donde se obtuvieron reducciones de hasta un 38 %.

La implementación de la CALL no es exclusiva de zonas habitacionales, ésta también se ha hecho a nivel comercial; por ejemplo, López-Zavala *et al.* (2018) evaluaron su confiabilidad para cubrir la demanda de una compañía en Ciudad de México. Sus resultados mostraron que la demanda de agua de la empresa se puede cubrir totalmente utilizando agua de lluvia y su implementación podría generar beneficios económicos, con un retorno de inversión de cinco años.

El potencial de captación y su impacto económico en los hogares se puede estimar mediante los datos de Pacheco-Montes (2008), quien muestra que una familia de cuatro personas puede

abastecerse con agua potable y purificada (con un consumo per cápita de 100 litros diarios), con un área de captación de 120 m², precipitación pluvial anual de 610 mm, un tanque de almacenamiento de 73 m³ y una inversión aproximada de \$35 000 m. n. Considerando un uso potencial del 82.4 %, un consumo promedio per cápita (201 l/hab/día) con un promedio de 3.24 hab/casa, se tendría un ahorro de 195.8 m³ de agua al año, lo que representaría \$3 123.8 m. n. por hogar (considerando 10 m³ de agua a \$160 m. n. como tarifa mínima reportada).

Para conocer los aspectos de saneamiento es importante tener en cuenta los factores que influyen en la contaminación del agua tanto del acuífero como la captada de las precipitaciones. El 27 % de las viviendas en el área de estudio están conectadas a la red de agua potable, como en los fraccionamientos Villas Morelos II, Villas La Playa, en la colonia Zetina Gasca y en la zona de costa, mientras que en el resto de las colonias la forma más usada de saneamiento es a través fosas sépticas (58 %) y de tratamientos alternativos como biodigestores o humedales artificiales (13 %). Una situación que preocupa es el uso de las fosas sépticas, ya que el 33 % de sus dueños mencionaron no darle mantenimiento y tenían en promedio siete años de funcionamiento, lo cual evidencia que su contenido se infiltra hacia el subsuelo, en donde la posibilidad de contaminación del acuífero es muy alta, tal como lo mencionan Withers *et al.* (2013), Sandoval *et al.* (2015) y Hernández-Terrones *et al.* (2011). Esto todavía se agrava aún más en época de lluvias, ya que el 32 % de los usuarios reportan problemas de turbidez en el agua de sus pozos en las primeras 72 horas posteriores a la ocurrencia de lluvias intensas.

Conclusiones

La captación de agua de lluvia en Puerto Morelos, Quintana Roo, es una práctica realizada por un grupo heterogéneo de personas con distintas opiniones, percepciones y formas de manejo del recurso, lo cual puede ser atribuido a la tasa alta de inmigración en esta región. La opinión positiva sobre la captación de agua de lluvia prevalece entre los entrevistados y su aprovechamiento permite a los usuarios tener una conciencia diferente del recurso, dándoles seguridad y control sobre éste, lo cual favorecería su implementación por parte de tomadores de decisiones, ya que existe una alta aceptación de esta ecotecnia. Asimismo, las formas de captación de agua de lluvia apuntan a una mayor utilización de sistemas simples y en menor medida de sistemas complejos. Los usos con frecuencia mayor son los que involucran menos contacto con el agua (riego de plantas y la limpieza del hogar) y un pequeño porcentaje para higiene personal y consumo; esto último, permite plantear el diseño de sistemas de potabilización adecuados en términos de calidad y acordes con las necesidades de los usuarios, para así reducir los costos de implementación y operación en ésta y otras localidades de la Península de Yucatán.

Referencias

- Abdulla, Fayez A. y Al-Shareef, Ahmad W. (2009). "Roof Rainwater Harvesting Systems for Household Water Supply in Jordan". *Desalination*, 243(1-3), pp. 195-207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.05.013>
- Achadu, Ojodome John; Ako, F.E., y Dalla, Cristiane Lenz (2013). "Quality Assessment of Stored Harvested Rainwater in Wukari, North-Eastern Nigeria: Impact of Storage Media." *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 7(5), pp. 25-32. doi: <https://doi.org/10.9790/2402-0752532>
- Adeniyi, Isaac F. y Olabanji, Iyabo Oluremi (2005). "The Physico-Chemical and Bacteriological Quality of Rainwater Collected over Different Roofing Materials in Ile-Ife, Southwestern Nigeria". *Chemistry and Ecology*, 21(3), pp. 149-166. doi: <https://doi.org/10.1080/02757540500117318>
- Adler, Ilán; Carmona, Gabriela, y Bojalil, José Antonio (2008). *Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos*. Ciudad de México, México: PNUMA, 47 pp.
- Aguilar-Duarte, Yameli; Bautista, Francisco; Mendoza, Manuel; Frausto, Oscar; Ihl, Thomas, y Delgado, C. (2016). "Ivaky: Índice de la vulnerabilidad del acuífero kárstico yucateco a la contaminación". *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(3), pp. 913-933.
- Aledo, Antonio; Ortiz, Guadalupe, y Domínguez, José Andrés (2006). "A Sociological Methodology for an Integrated Water Management and User Profiles: A Quantitative Proposal". *Journal on Integrated Management of Occupational Health and the Environment*, 1(1), pp. 1-22.
- Álvarez-Salas, Lizeth M.; Gómez-Aguirre, Ana María y Cano-López, Wilmar Alexander (2016). "Percepciones de los servicios ecosistémicos en el complejo de páramos Frontino-Urrao, Departamento de Antioquia, Colombia". *Biota Colombiana*, 17(2), pp. 134-147. doi: 10.21068/C2016v17s02a08
- Anaya-Garduño, Manuel (1998). *Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe*. Ciudad de México, México: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 154 pp.
- Arias Castilla, Carmen Aura (2006). "Enfoques teóricos sobre la percepción que tienen las personas". *Horizontes Pedagógicos*, 8(1), pp. 9-22.
- Asamblea Legislativa del Distrito Federal (2017). "Ley de Aguas del Distrito Federal, México". Gobierno del Distrito Federal, 6 de marzo de 2017. Recuperado de <http://www.aldf.gob.mx/archivo-d0c1ac48ef930701568a2cbd52e7d29e.pdf> [2017]
- Ballén Suárez, José Alejandro; Ortiz Mosquera, Miguel Ángel, y Galarza García, Rafael Orlando (2006). "Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia". *VI SEREA-Seminario Iberoamericano Sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Água João Pessoa*, 5, pp. 1-12.
- Bernard, H. Russell (2006). *Research Methods in Anthropology: Qualitative and Quantitative Approaches*. Nueva York, Estados Unidos: Altamira Press, 821 pp.
- Bilsborrow, Richard E. y Okoth-Ogendo, Hastings (1992). "Population-driven Changes in Land Use in Developing Countries". *Ambio*, (21), pp. 36-45.
- Bocanegra-Martínez, Andrea; Ponce-Ortega, José María; Nápoles-Rivera, Fabricio; Serna-González, Medardo; Castro-Montoya, Agustín Jaime, y El-Halwagi, Mahmoud M. (2014). "Optimal Design

- of Rainwater Collecting Systems for Domestic Use into a Residential Development”. *Resources, Conservation and Recycling*, 84, pp. 44-56. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.01.001>
- Borchardt, Mark A.; Chyou, Po Huang; DeVries, Edna O., y Belongia, Edward A. (2003). “Septic System Density and Infectious Diarrhea in a Defined Population of Children”. *Environmental Health Perspectives*, 111(5): pp. 742-748. doi: <https://doi.org/10.1289/ehp.5914>
- Bosibori Nyamieri, Angela (2013). “Community Perception on Rainwater Harvesting Systems for Enhancing Food Security in Dry Lands of Kenya. A Case Study of Uvati and Kawala Sub-Location in Mwingi District, Kenya” (Tesis de maestría). Suecia: Swedish University of Agricultural Sciences, 62 pp. doi: <https://doi.org/10.1172/JCI32453>
- Calderón Maya, Juan Roberto; Alanís Campos, Héctor y Jiménez Sánchez, Pedro Leobardo (2012). “Análisis de la marginación urbana en Cancún, Quintana Roo.” En *XII Seminario Internacional RII, V Taller de Editores RIER y X Encuentro de Postgrados RIPPET*, 20. Belo Horizonte, Brasil: Red Iberoamericana de Investigadores sobre Globalización y Territorio (RII), Red Iberoamericana de Editores de Revistas (RIER), Red Iberoamericana de Postgrados sobre Políticas y Estudios Territoriales (RIPPET) y Centro de Desenvolvimento e Plane.
- Calixto Flores, Raúl y Herrera Reyes, Lucila Calixto (2010). “Estudio sobre las percepciones y la educación ambiental”. *Tiempo de Educar*, 11(22), pp. 227-249.
- Carrera Hernández, Jaime J.; Peralta Peláez, Luis Alberto y Sánchez Higuero, Lorena Elisa (2016). “La filtración y depuración del agua”. En Moreno Cassasola, Patricia (ed.), *Servicios ecosistémicos de las selvas y bosques costeros de Veracruz*. Xalapa, Veracruz: INECOL/ITTO/CONAFOR/INECC, pp. 143-157.
- CEMDA (Centro Mexicano de Derecho Ambiental); FEA (Fondo de Educación Ambiental); National Wildlife Federation; Presencia Ciudadana; Alianza Mexicana por una Nueva Cultura del Agua; Fundación Heinrich Böll, y TFI (Tinker Foundation Incorporated) (2006). “El agua en México: lo que todas y todos debemos saber”. Recuperado de https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf
- Challenger, Antony; Bocco, Gerardo; Equihua, Miguel; Chavero Lazos, Elena, y Maass, Manuel (2014). “La aplicación del concepto del sistema socio-ecológico: Alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México”. *Investigación Ambiental*, 6(2), pp. 1-21. Recuperado de <http://www.revista.inecc.gob.mx/article/view/227>
- Chandra Bohara, Ramesh (2015). “Sustainability of Rainwater Harvesting System for the Domestic Needs (A Case Study of Daugha VDC, Gulmi, Nepal)” (Tesis de maestría). Nepal: Pokhara University. Nepal, 91 pp.
- Chávez Guzmán, Mónica (2016). “El agua para los mayas en el periodo colonial”. En Mónica Chávez Guzmán (ed.), *El manejo del agua a través del tiempo en la Península de Yucatán*. Mérida, Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán, pp. 83-102. Recuperado de <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/libro-agua-py/capitulo1.pdf>
- COESPO (Consejo Estatal de Población) (2016). Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 en Quintana Roo. Recuperado de: <http://coespo.qroo.gob.mx/Descargas/doc/Encues->

ta%20Intercensal/Principales%20Resultados%20de%20la%20Encuesta%20Intercensal%202015%20Q%20Roo.pdf

Descola, Philippe y Pálsson, Gísli (2001). *Naturaleza y Sociedad: perspectivas antropológicas*. Ciudad de México: Siglo Veintiuno, 370 pp.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura); FIDA, (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola), y Cooperación Suiza en América Central (2013). “Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe”. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_de_lluvia.pdf

Faviel Cortez, Elba; Infante Mata, Dulce y Molina Rosales, Dolores O. (2019). “Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural protegida La Encrucijada, Chiapas, México”. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(2), pp. 317-334. doi: <https://dx.doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.05>

Fernández Núñez, Lissette (2006). “Fichas para investigadores ¿Cómo analizar datos cualitativos?”. *Butlletí LaRecerca*, 7, pp. 1-13.

Fernández-Moreno, Yara (2008). “¿Por qué estudiar las percepciones ambientales? Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en Áreas Naturales Protegidas”. *Espiral Estudios sobre Estado y Sociedad*, 15(43), pp. 179-202.

Frausto Martínez, Oscar (2016) Comunicación personal, 10 de junio de 2016.

Gallopín, Gilberto (1994). *Impoverishment and Sustainable Development: A Systems Approach*. Winnipeg, Manitoba: International Institute of Sustainable Development, 80 pp.

García Velázquez, Jesús Hiram (2012). “Sistema de captación y aprovechamiento pluvial para un ecobarrio de la Cd. de México” (Tesis de maestría). México: Universidad Nacional Autónoma de México, 115 pp. Recuperado de <http://islaurbana.mx/wp-content/uploads/2017/06/Captacion-lluvia-tesisHiram-Garcia.pdf>

García Villanueva, Nahún Hamed (ed.) (2011). “Plan rector en materia de agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la Península de Yucatán”. Progreso, Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1895 pp. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

García-Montoya, Mariana; Bocanegra-Martínez, Andrea; Nápoles-Rivera, Fabricio; Serna-González, Medardo; Ponce-Ortega, José María, y M. El-Halwagi, Mahmoud (2015). “Simultaneous Design of Water Reusing and Rainwater Harvesting Systems in a Residential Complex.” *Computers and Chemical Engineering*, 76, pp. 104-116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2015.02.011>

Gay Alaniz, Lila Angélica (2008). “Captación pluvial y su reutilización mediante humedales artificiales en la Microcuenca Santa Ana, Guanajuato” (Tesis de maestría). Querétaro, México: Universidad Autónoma de Querétaro, 84 pp.

Gobierno del Distrito Federal (2017). “Ley de Aguas del Distrito Federal de 2003”. Gobierno del Distrito Federal, 23 de agosto 2017. Recuperado de <http://www.aldf.gob.mx/archivo-d0c1a-c48ef930701568a2cbd52e7d29e.pdf>

- Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Sistema de Aguas de la Ciudad de México (2012). “Programa de gestión integral de los recursos hídricos, visión 20 años”. Ciudad de México: Gobierno del Distrito Federal, 138 pp.
- Graves, Alexandria K.; Hagedorn, Charles; Teetor, Alison; Mahal, Michelle; Booth, Amy M., y Reneau, Raymond B. (2002). “Antibiotic Resistance Profiles to Determine Sources of Fecal Contamination in a Rural Virginia Watershed”. *Journal of Environment Quality*, 31(4), pp. 1300-1308. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2002.1300>
- Han, Mooyoung y Han, Yiseon (2002). “The Initiation of a Rainwater Harvesting Campaign in Korea”. *International Journal of Urban Sciences*, 6(1), pp. 46-51. DOI: <https://doi.org/10.1080/102265934.2002.9693501>
- Hernández-Terrones, Laura; Rebolledo-Vieyra, Mario; Merino-Ibarra, Martin; Soto, Melina; Le-Cossec, Adrien, y Monroy-Ríos, Emiliano (2011). “Groundwater Pollution in a Karstic Region (NE Yucatan): Baseline Nutrient Content and Flux to Coastal Ecosystems”. *Water, Air, and Soil Pollution*, 218, pp. 517-528. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0664-x>
- Horowitz, Leah S. (2015). “Rhizomic Resistance Meets Arborescent Assemblage: UNESCO World Heritage and the Disempowerment of Indigenous Activism in New Caledonia”. *Annals of the American Association of Geographers*, 106(1), pp. 167-185. DOI: <https://doi.org/10.1080/00045608.2015.1090270>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2010). “Censos y conteos de población y vivienda”. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Recuperado de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/iter/default.aspx?ev=5> (12 de abril 2016).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2014). “Perspectiva estadística Quintana Roo”. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Quintana Roo: Recuperado de <http://coespo.qroo.gob.mx/Descargas/doc/PUBLICACIONES%20DE%20INTERES/PERSPECTIVA%20ESTADISTICA%202014%20QROO.pdf> (18 de junio 2016).
- Katz, Brian G.; Eberts, Sandra M. y Kauffman, Leon J. (2011). “Using Cl/Br Ratios and Other Indicators to Assess Potential Impacts on Groundwater Quality from Septic Systems: A Review and Examples from Principal Aquifers in the United States”. *Journal of Hydrology*, 397(3-4), pp. 151–166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.11.017>
- Kim, Ree-Ho; Lee, S.; Kim, Y. M.; Lee, J. H.; Kim, S. K. y Kim; S. G. (2005). “Pollutants in Rainwater Runoff in Korea: Their Impacts on Rainwater Utilization”. *Environmental Technology*, 26(4), pp. 411-420. DOI: <https://doi.org/10.1080/09593332608618546>
- López Madrid, Cristina; Cabello, Violeta, y Kovacic, Zora (2013). “Analizando el metabolismo hídrico de los socio-ecosistemas: fundamentos teóricos y metodológicos”. En *VIII Congresso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água*. Lisboa, Portugal: Fundación Nueva Cultura del Agua y Universidad Lusíada de Lisboa, 12 pp.
- López Zavala, Miguel Ángel; Cruz Prieto, Mónica José y Rojas Rojas, Cristina Alejandra (2018). “Rainwater Harvesting as an Alternative for Water Supply in Regions with High Water Stress”. *Water Science and Technology: Water Supply*, 18(6), pp. 1946-1955. DOI: <https://doi.org/10.2166/ws.2018.018>

- Manzurul, Islam; Chou, Frederick Nai-Fang; Kabir, M. Ruhul; y Liaw, Chao- Hsien Islam Md., (2010). "Rainwater: A Potential Alternative Source for Scarce Safe Drinking and Arsenic Contaminated Water in Bangladesh." *Water Resources Management*, 24(14), pp. 3987-4008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-010-9643-7>
- Marin, Luis Ernesto y Perry, Eugene C. (1994). "The Hydrogeology and Contamination Potential of Northwestern Yucatan, Mexico." *Geofísica Internacional*, 33(4), pp. 619-623.
- Martínez, Mahinda; Gay Alaniz, Lila; Guevara Escobar, Aurelio, y Luna Zúñiga, Filiberto (2010). "Captación pluvial y reutilización de aguas grises mediante humedales artificiales en la microcuenca La Soledad, Guanajuato." *Ciencia@Uaq*, 3(2), pp. 3-12.
- Martínez-Austria, Polioptro F. (2013). "Los retos de la seguridad hídrica". *Tecnología y Ciencias del Agua*, 4(5), pp. 165-180.
- Moreira Neto, Ronan Fernandes; Calijuri, Maria Lúcia; de Castro Carvalho, Isabella y Da Fonseca Santiago, Aníbal (2012). "Rainwater Treatment in Airports Using Slow Sand Filtration Followed by Chlorination: Efficiency and Costs". *Resources, Conservation and Recycling*, 65, pp. 124–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.001>
- Morse, Janice M.; Stern, Phyllis Noeragee; Corbin, Juliet; Bowers, Barbara; Charmaz, Kathy y Clarke, Adele E. (2016). *Developing Grounded Theory: The Second Generation*. Nueva York, E.U.: Routledge, 280 pp.
- Novo, María (ed.) (2002). *Globalización, crisis ambiental y educación*. Madrid, España: Secretaría de Educación, Cultura y Deporte, Sociedad Anónima de Fotocomposición, 286 pp.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud) (2004). "Guía de diseño para captación del agua de lluvia". Recuperado de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/cd47/lluvia.pdf>
- Pacheco Montes, Margarita (2008). "Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de "Lluviatl" en México". *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 3: 39–57.
- Pacheco, Julia; Cabrera, A. S. Armando, y Marín, Luis E. (2000). "Bacteriological Contamination in the Karstic Aquifer of Yucatán, Mexico." *Geofísica Internacional*, 39(3), pp. 285-291.
- Pacheco-Vega, Raúl (2015). "Agua embotellada en México: de la privatización del suministro a la mercantilización de los recursos hídricos". *Espiral, estudios sobre Estado y sociedad*, 23(63), pp. 221–263. DOI: <https://doi.org/10.1177/0013916513515239>
- Rhoades, Robert E. y Stallings, Jody (eds.) (2003). *La conservación y el desarrollo integrado: lecciones aprendidas al vincular pueblos, proyectos y políticas en América Tropical*. Quito, Ecuador: Ediciones ABYA-YALA, 233 pp.
- Rivero Bustos, María Elena; Gómez Lugo, Luis y Domínguez Barrios, J. Natividad (2016). "Sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia en vivienda y comunidad rural, Pátzcuaro, Michoacán". *Atl: El portal del agua desde México*. Recuperado de http://atl.org.mx/images/stories/proyectos/patzcuaro_michoacan.pdf
- Russell, Bernard H. (2006). *Research Methods in Anthropology: Qualitative and Quantitative Approaches*. Nueva York, Estados Unidos: Altamira Press, 821 pp.

- Sandoval, Cecilia; Soares, Denise, y Munguía, Ma. Teresa (2015). "Vulnerabilidad social y percepciones asociadas al cambio climático: una aproximación desde la localidad de Ixil, Yucatán." *Sociedad y Ambiente*, 5, pp. 7-24.
- Saucedo González, José Isidro (2014). *Poder político y jurídico en Yucatán en el siglo XVI*. Ciudad de México, México: Instituto de Investigaciones Jurídicas/Universidad Autónoma de Yucatán, 173 pp.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) (2017). "Agua a tu casa CDMX". Ciudad de México: Secretaría de Desarrollo Social. Recuperado de <http://www.sds.cdmx.gob.mx/programas/programa/aguaatucasa>
- Statistics Canada (2010). "Survey Methods and Practices". Canada Minister of Industry. Recuperado de <https://www150.statcan.gc.ca/n1/en/pub/12-587-x/12-587-x2003001-eng.pdf?st=brsdyuBG> (consultado el 5 de junio 2017).
- Suárez Ibujés, Mario Orlando y Tapia Zambrano, Fausto Amilcar (2012). *Interaprendizaje de estadística básica*. Recuperado de http://www.academia.edu/9958993/Interaprendizaje_de_Estad%C3%ADstica_B%C3%A1sica
- Vargas Melgarejo, Luz María (1994). "Sobre el concepto de percepción". *Alteridades*, 4(8), pp. 47-53.
- Vázquez Villanueva, Sandra; Córdova Rodríguez, Miguel Ángel; Cervantes Gutiérrez, Erick Oliver; Hurtado Solórzano, Rafael y Hernández Padrón, Dante Sinohe (2017). "Programa para la recuperación ambiental de la Península de Yucatán, primera etapa". Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recuperado de https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/12/Recuperacion_ambiental_Yucatan.pdf
- Ward, Sarah; Barr, Stewart; Memon, Fayyaz, y Butler, David (2013). "Rainwater Harvesting in the UK: Exploring Water-user Perceptions". *Urban Water Journal*, 10(2), pp. 112-126. DOI: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2012.709256>
- Winemiller, Terance Lynn (2003). "Water Resource Management by The Ancient Maya of Yucatan, Mexico" (Tesis doctoral). Louisiana, Estados Unidos: Louisiana State University, 551 pp. Recuperado de https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_dissertations/587/
- Withers, Paul J.A.; Jordan, Philip; May, Linda; Jarvie, Helen P., y Deal, Nancy E. (2013). "Do Septic Tank Systems Pose a Hidden Threat to Water Quality?". *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(2), pp. 123-130. DOI: <https://doi.org/10.1890/130131>
- Zavala Aviña, Camila (2007). "La migración como factor de enriquecimiento cultural". *Bien Común*, 13(155), pp. 43-45.

Editor asociado: Cristian Kraker Castañeda

Recibido: 15 de noviembre de 2019

Aceptado: 22 de abril de 2020