

Manejo del agua lluvia en el campus de la Universidad de América

Water management rain in the campus of the Universidad de América

Elvia-Isabel Casas-Matiz^a, Martha-Lucía Malagón-Micán^{a, b}

RESUMEN

Se evaluó el uso del agua lluvia dentro de un área definida en el Campus de la Universidad de América, a fin de determinar su posible gestión en una propuesta de aprovechamiento. Se definieron los puntos que podrían servir de almacenamiento del agua lluvia y de las escurrientías naturales a recuperar, teniendo la posibilidad de rehabilitación de tanques existentes. Para la propuesta del aprovechamiento de agua lluvia, se realizaron mediciones y se determinó la calidad y cantidad del recurso pluvial, la cual fue de 36116 L/año que representa un 12,23% de ahorro de agua potable que se utiliza actualmente en dos baterías de baños. Los análisis fisicoquímicos de las muestras representativas de agua lluvia, presentan niveles de turbiedad de 16,73 UNT, de dureza total 1000 ppm y de sólidos totales 700 ppm en parámetros que superan la norma, pero que se puede utilizar para el fin propuesto, además de considerar otros usos como riego de jardines, el diseño de cascadas de aguas artificiales, entre otros.

PALABRAS CLAVE: colecta de agua de lluvia; uso del agua; sistemas de agua urbanos sostenibles; manejo de aguas pluviales; conservación del agua.

ABSTRACT

The use of rainwater within a defined area of the Bogotá campus of the Universidad de América was evaluated, in order to determine its possible management in a landscaping proposal and the use of said water. The points that could serve as rainwater storage and natural runoff to be recovered were defined, having the possibility of rehabilitating existing tanks. For the proposed use of rainwater, measurements were made, and the quality and quantity of the rainwater was determined, which was 36116 L/year, which represents a 12.23% saving of drinking water that is currently used in two batteries of bathrooms. The physicochemical analysis of the representative samples of rainwater, have turbidity levels of 16.73 NTU, total hardness 1000 ppm and total solids 700 ppm in parameters that exceed the norm, but that can be used for the proposed purpose, in addition to consider other uses such as garden irrigation, the design of artificial water cascades, among others.

KEY WORDS: rainwater harvesting; water use; sustainable urban water systems; stormwater management; water conservation.

Introducción

Según la definición oficial de la Organización Meteorológica Mundial, la lluvia es la precipitación de partículas líquidas de agua, de diámetro mayor de 0,5 mm o de gotas menores. Las lluvias torrenciales

son de más de 2000 mm al año, de 1000 a 2000 mm al año son abundantes, de 500 a 1000 son normales y de 200 a 500 son escasas. La lluvia depende de tres factores: la presión atmosférica, la temperatura y la humedad, (Vásquez et al., 2012).

^a Fundación Universidad de América. Bogotá, Colombia. ORCID Casas-Matiz, E.-I.: <https://orcid.org/0000-0002-8200-6697>; Malagón-Micán, M.-L.: <https://orcid.org/0000-0003-1603-9324>

^b Autor de correspondencia: martha.malagon@profesores.uamerica.edu.co

El aprovechamiento del agua lluvia, considerada actualmente como bien común ambiental, permite disminuir el consumo del agua potable en usos que no están condicionados por una alta calidad del agua; además de disminuir los riesgos y pérdidas materiales, sociales y económicas por inundaciones y disminuir costos económicos importantes en el consumo del agua potable (Manrique, 2016). Esta ganancia económica, nace no solo por la independencia sobre las redes de acueducto, sino por la ganancia social y ambiental tanto en términos de racionalidad como de responsabilidad sobre el uso de recursos ambientales aprovechados con tecnologías limpias (Pizarro, 2015).

Recurrir a este recurso no es reciente y es una respuesta a los cambios ambientales. Estos se hacen factibles al estar acompañados con políticas que cada vez toma más vigor en el mundo, desde los discursos de conciencia ambiental, se proponen hoy escenarios que permiten visibilizar propuestas concretas y en lo posible integrales como ambientales que contemplan el agua lluvia y disponen de ella a través de acciones concretas de su uso adecuado, conduciendo, por ejemplo, a repensar la planeación de las ciudades actuales, donde el agua lluvia en particular es protagonista que se auto representa, a través de modelos urbanos con nuevas condiciones de paisaje. Casos de países como Holanda y Canadá, se hacen notorios al haber ampliado sus condiciones de paisaje urbano inicial incorporando en él la oferta de agua, los modelos de captación, almacenamiento y suministro del agua pluvial, que ahora son acompañadas con disposiciones normativas que comprometen las acciones de todos los actores posibles, en el Reino Unido los planes de drenaje comprenden los drenes filtrantes y los estanques de retención, en Francia debido a las inundaciones, son prácticas habituales el uso de pavimentos permeables y balsas de retención que han sido incorporadas al marco normativo regional, en Alemania en algunos estados, las nuevas edificaciones deben tener su propio sistema de tratamiento de agua lluvia *in-situ* (Rodríguez, 2017).

Este panorama vinculante de la responsabilidad socioambiental, invita a los académicos a realizar ejercicios teórico-prácticos, que permitan validar y reforzar el sentido ambiental desde el aprovechamiento de las aguas lluvias. Como ejemplo de ello

se encuentra el edificio de Postgrados de Ciencias Humanas de la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia, el cual cuenta con un sistema de captación de agua lluvia utilizada para la descarga de los inodoros y para alimentar los espejos de agua (Ballén *et al.*, 2006).

Según lo reportado por Palacio (2010), el proyecto para el aprovechamiento de agua lluvia es técnicamente viable, pues abastece los sanitarios y lava-escobas durante nueve meses del año, siendo necesario suplir el 10% con agua potable en la institución educativa María Auxiliadora (Caldas, Colombia).

Para el aprovechamiento de aguas pluviales en Cataluña (España), en zonas como la costa mediterránea, donde el régimen de lluvias es irregular es una solución viable, mientras que el uso de aguas pluviales en el interior de viviendas tiene cierta dificultad en el diseño y ejecución, el uso de este recurso natural para riego de jardines urbanos es más sencillo, puesto que no existen tantas restricciones estructurales y la instalación necesaria es menos problemática y menos costosa (Fernández, 2009).

En el Seminario Internacional sobre sistemas de captación de agua lluvia, se presentó la experiencia de México en cuanto a sistemas instalados en viviendas para la captación, recolección, almacenamiento y tratamiento del agua lluvia por luz solar y el tratamiento por biofiltros. En Chile la situación es más difícil y se requiere de educación ambiental en ciertas regiones como la de Coquimbo, para el aprovechamiento de este recurso; sin embargo, se han instalado sistemas de captación de agua lluvia, de bajo costo en escuelas pequeñas y el objetivo es llegar a modelos generalizados. En Brasil, en la lucha contra la desertificación se han instalado 600.000 cisternas para la acumulación de agua lluvia, para consumo humano y la producción agrícola (PNUD, 2016). También el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), desde hace más de 20 años realiza proyectos de viviendas con tecnologías de captación de agua lluvia (Pizarro *et al.*, 2015).

En otro estudio realizado en México, en un municipio del estado de Guerrero, se construyó un prototipo para un sistema de captación de agua lluvia para uso doméstico y consumo humano, el cual benefició a 11 familias de la comunidad. Se enfocaron

en el diseño del sistema, la utilización de ferrocemento como material de construcción de la cisterna y la participación de la Universidad Autónoma Chapingo y los usuarios. El proyecto resultó como estaba previsto y la cisterna alcanzó el máximo de su capacidad de almacenamiento (10 m^3) durante los meses de mayo y junio (Avelar et al., 2019).

A nivel mundial se hace un uso eficiente del agua lluvia y esta es aprovechada en diferentes actividades, principalmente de tipo rural. Se estima que aproximadamente 100 millones de personas en el mundo dependen parcial o totalmente de sistemas de captación de agua lluvia (Torres, 2019).

Con estos referentes se plantea como objetivo evaluar el comportamiento del agua lluvia dentro de un área definida en el Campus de la Universidad de América en Bogotá, a fin de determinar su posible manejo y aprovechamiento, de acuerdo con la topografía del terreno que evidencia canales naturales de escorrentía y la facilidad de distribución desde el almacenamiento hacia los puntos de uso del recurso, aprovechando la pendiente del sitio. Esta propuesta sobre captación y almacenamiento de agua lluvia tiene como fin sustituir parte del agua potable utilizada, en actividades como el lavado de pisos, el riego de jardines, cascadas de aguas artificiales con fines estéticos y su uso en sanitarios, además de su aprovechamiento dentro del Campus, sin antecedentes, sin posibilidad de intervención de la infraestructura sino aprovechando la existente.

Materiales y métodos

El Campus de la Universidad de América se ubican dentro de los cerros orientales de la ciudad de Bogotá en $4,6018278 \text{ N}$ y $74,0617252 \text{ W}$, a 2630 msnm . La ciudad se encuentra dentro de la cordillera occidental de los Andes colombianos con dos temporadas de lluvias (marzo a junio y septiembre a diciembre) y temporada media anual 14°C . La precipitación media anual entre 800 y 1000 mm .

A partir de las condiciones fisicoquímicas del agua, se siguieron los criterios expuestos por Basán et al., (2018) para implementar un sistema de aprovechamiento de agua lluvia quienes describen dos factores: precipitación pluviométrica, área de captación y se incluyó la demanda requerida.

Se ubicaron seis puntos para la recolección y análisis del agua lluvia dentro del Campus de la Universidad, entre ellos un tanque construido en piedra. Seguidamente, se realiza un muestreo representativo en un periodo de tiempo comprendido entre octubre de 2016 y marzo de 2017.

Para los análisis se siguieron las exigencias del Instituto Nacional de Salud (2007), en cuanto a la frecuencia y puntos de muestreo. Se recogieron tres muestras de un litro cada una, en los puntos seleccionados dentro del Campus de la Universidad, en baldes plásticos lavados y purgados con las muestras a tomar, las cuales fueron llevadas inmediatamente a refrigeración y se analizaron 16 horas después. Con el fin de obtener una muestra representativa se mezclaron y se homogenizaron todos los volúmenes en una muestra compuesta y se fueron tomando las alícuotas necesarias para realizar los análisis fisicoquímicos (limpidez y color [cualitativa], pH [potenciómetro modelo HI 422x02 a 14°C], acidez [titulación con hidróxido de sodio], dureza total [titulación de EDTA], conductividad [conductímetro Waterproof ECTestr 11+, Oakton, Vernon Hills, II], cloruros [titulación AgNO_3], turbiedad [turbidímetro portátil Turbiquant 1100 IR, Merck, Darmstadt, Alemania], oxígeno disuelto [titulación por yodo], sólidos totales [diferencia de peso] y sólidos sedimentables [cono Inhoff]), de acuerdo con el IDEAM (2014). La calidad del agua se determinó comparando los resultados de las características fisicoquímicas con la legislación para agua potable, que permite tener un referente para determinar su uso (Resolución 2115, MPS y MAVDT, 2007).

Para la captación y el almacenamiento del agua lluvia, a través de un estudio físico se adecuó el tanque en piedra al cual se le determinó el volumen y la cantidad de agua lluvia que se recolectó en el periodo de tiempo seleccionado. Además, se midió el volumen de agua lluvia del techo en otro punto, en el mismo periodo de tiempo.

Como posible aprovechamiento para este estudio se estableció una batería de dos sanitarios, estimando la cantidad y frecuencia de descargas de agua realizadas. Además, de acuerdo con la cantidad recolectada de agua lluvia y a su caracterización fisicoquímica, se determina su calidad y su uso.

Resultados y discusión

Los resultados de los análisis fisicoquímicos del agua lluvia (Tabla 1), indican presencia de sedimentos y dureza por la presencia de iones de calcio y magnesio, pero no tienen mayor incidencia en los materiales que se puedan usar en el sistema de conducción y almacenamiento.

De acuerdo con el análisis fisicoquímico realizado se recomienda el uso del agua lluvia para el riego de jardines, cascadas de aguas artificiales y descarga de sanitarios. No es muy recomendable para el lavado de pisos, debido a su condición de agua dura que disminuye la capacidad de limpieza del jabón. Si se

considerara su uso como agua potable, se necesitaría un tratamiento y desinfección, como en el trabajo de investigación realizado por Basán *et al.* (2018), que concluyen que el agua lluvia se puede potabilizar, puesto que la mayoría de los parámetros analizados están dentro de los intervalos exigidos por la norma para agua potable, pero no es el fin de este trabajo.

Criterio pluviométrico

El volumen de agua captada por precipitación en el Campus de la Universidad de América comprendió una temporada de lluvia y sequía presente en la sabana de Bogotá (Figura 1).

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos del agua lluvia en el Campus Universidad de América, 2016-2017

Parámetro	Análisis agua lluvia	Valor de referencia (Resolución 2115 de 2007)	Impacto en sistema de conducción y almacenamiento
Color	Marrón		Decantación de sedimentos
Olor	Sin olor	Sin olor	
pH	7,25	Entre 6,0-8,5	Sin impacto
Acidez (ppm CaCO ₃)	0,028	50	
Dureza total (ppm)	1000	160	Agua muy dura principalmente por calcio y magnesio. Posible incrustación de sales en materiales tipo metálico
Cloruros (ppm Cl)	8,88	250	
Conductividad eléctrica (μS cm ⁻¹)	92,5	50 – 1000	
Turbiedad (UNT)	16,73	5	Valor alto: decantar y filtrar
Oxígeno disuelto (ppm)	800	No menor 6	Valor alto sin impacto
Sólidos totales (ppm)	700 ppm	500	Gran cantidad de sólidos, decantación y sedimentación
Sólidos sedimentables (ppm)	2 ppm	58 ppm	

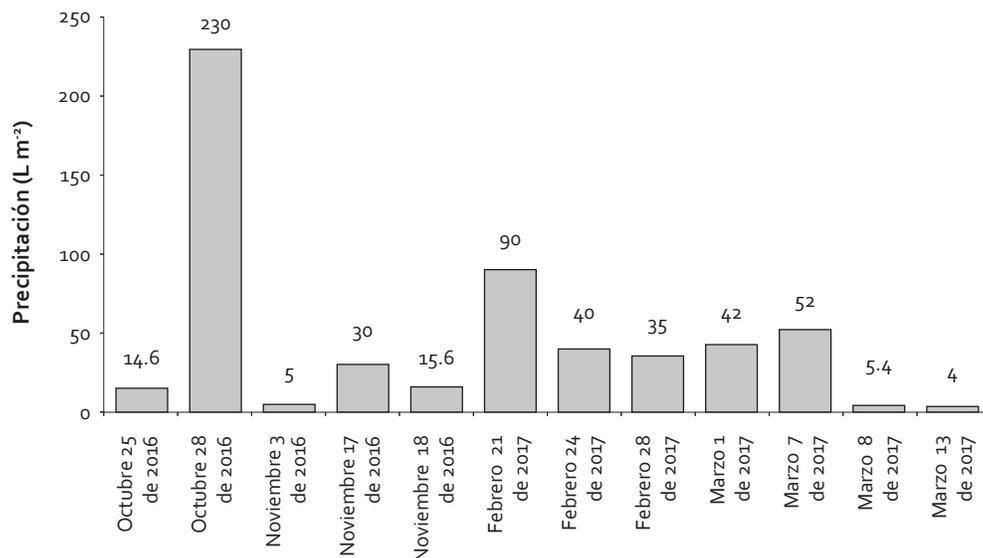


Figura 1. Precipitación captada sobre Campus de la Universidad de América entre octubre 2016 y marzo 2017

De acuerdo con los datos de la muestra, los meses de octubre, febrero y marzo, presentan un momento de mayor nivel de precipitación, alcanzando 230.000 mL en el mes de octubre en un tiempo de 1,6 horas. Los resultados expuestos son también encontrados por la UNGRD (2014), que expresa que las temporadas lluviosas se presentan entre marzo - junio y entre septiembre - diciembre y especialmente en las horas de la tarde por la convección térmica o por la convección forzada cerca de los cerros orientales. Aunque en el año de este estudio (2017), las lluvias iniciaron en la última semana de febrero con una intensidad apreciable.

Según el IDIGER (2019) y de acuerdo con el IDEAM, Bogotá cuenta con una temperatura promedio de 14°C y lluvia promedio anual de 840 mm. La distribución anual de lluvias en la ciudad, presenta un comportamiento bimodal: de temporada seca y temporada de lluvias, influenciadas por los desplazamientos de la zona de Confluencia Intertropical. Esta zona es reconocida como de máxima nubosidad y lluvia ocasionada por la convergencia de los vientos alisios del noroeste y del sureste, produciendo las dos épocas de lluvia antes mencionadas.

Criterio área de captación y almacenamiento: tanque de piedra

Se ha definido como primer punto de recolección y almacenamiento, un tanque de piedra ubicado en la zona oriental del campus. Los criterios para la definición de este punto fueron el volumen del tanque, la ubicación frente a la topografía del terreno y la facilidad de distribución hacia los puntos de uso del recurso, aprovechando la pendiente.

También se prevé el aprovechamiento del agua lluvia de los techos de algunas edificaciones (especie de cabañas), en donde se acumula en cinco puntos adicionales y se recomienda su implementación a través de la recolección desde otras estructuras impermeables. Este método que es el más popular, consiste en captar la escorrentía producida en superficies impermeables, como techos, superficies rocosas entre otras (FAO, 2013).

Las mediciones realizadas el día 7 de marzo del 2017, día de alta pluviosidad, fueron tomados durante 120 minutos, permitieron determinar que, en

un tanque de diámetro de 360 cm, con una altura del tanque de 120 cm, la cantidad de agua recogida fue de 25 cm. La precipitación se mide en milímetros de agua, o litros por unidad de superficie (m^2). Los datos de precipitación arrojados fueron de 250 mm o 250 L m^{-2} , considerado como lluvia torrencial, teniendo en cuenta que solamente se está evaluando una situación puntual (Senciales y Ruiz, 2013).

Teniendo en cuenta que el total de agua recolectada en uno de los otros cinco (5) puntos adicionales, que proviene del techo y se recoge por una canaleta fue de 563,6 L en cuatro meses y según IDIGER (2019), las temporadas lluviosas en Bogotá se presentan en ocho meses del año, es decir en el doble del tiempo del utilizado en el estudio y considerando que en todos los cinco puntos se recogería aproximadamente la misma cantidad de agua lluvia, por canaletas similares entonces el estimativo sería de 5636 L.

Además, el agua recolectada en dicho tanque fue 2540 L en un día (7 marzo de 2017), calculada con el radio del tanque y una altura de 25 cm de agua recogida y considerando que en cuatro meses llovió 12 días, entonces se tendrían 30480 L.

El agua lluvia que cae en los puntos mencionados es adicional a la que se recoge en el tanque, la cual cae del techo por medio de una canaleta y luego corre naturalmente por gravedad por alguno de los canales actuales, debido a la pendiente del terreno y es posible orientar su escorrentía hacia el mencionado tanque.

Por lo anterior el volumen total de agua lluvia recolectada sería la suma de la recogida en los cinco puntos que iría hacia el tanque, más la recogida en el tanque: $5636L/año + 30480 L/año = 36116 L/año$.

Al encontrar que existe un caudal importante que se puede aprovechar para el suministro de las baterías de baño, se revisaron las condiciones físicas y ambientales de este punto y se evidenció el requerimiento de mantenimiento por el crecimiento de musgo en las superficies del tanque, internas y externas, así como la continua caída de material en el tanque que contamina el agua recolectada y se incrementa al encontrar el tanque expuesto, sin cobertura especial y sin ningún proceso de filtrado, permitiendo la entrada de desechos. La cobertura

hace referencia a un marco circular de diámetro similar al del tanque con una rejilla o una malla, que permita la entrada del agua lluvia y retenga residuos que puedan caer.

Las condiciones del punto de almacenamiento evidencian canales naturales que permiten la escorrentía natural por la pendiente que presenta la topografía, estos canales se encuentran tanto en el ingreso como en la salida. Algunos de estos canales ya se encuentran intervenidos con acabados en mortero, ladrillo o piedra natural a lo largo de los mismos (Figura 2).



Figura 2. Canales actuales de distribución agua lluvia. Fuente: Grupo de estudiantes de semillero "Espacio y Sociedad"

Este tipo de acabados son comúnmente utilizados para la conducción y recolección de agua lluvia, ejemplo de ello fueron los sistemas implementados por la cultura Inca y los Nazcas, que recurrieron al manejo de piedra del lugar, esculpiéndola según las necesidades de conducción o permanencia del agua. De igual forma se encuentran los Puquios, construcción de la cultura Nazca, que perfora el terreno hasta acceder al caudal subterráneo, construyendo puntos específicos de acceso y conducción.

En la Distribución Inca-Machu Picchu y Acueductos de Cantalloc- Red Hidráulica – Puquios, tanto el sistema de recolección como de distribución, utilizan materiales del sitio, en este caso la

piedra y reconocen la ventaja de la topografía del lugar para que por gravedad se permita la conducción del agua lluvia recogida. Los Puquios son acueductos que “constan de pozos cavados hasta encontrar la capa freática, por la que corre el agua en el subsuelo, situados a 20 o 50 metros unos de otros. Estos quedaban unidos por canales hechos de piedra, que permiten la filtración y son cubiertos con lajas (piedras planas) o madera de árboles resistentes como el algarrobo o el huarango, que impiden la oxidación” (Ingeobras, 2016).

Se determina así que el uso del tanque es viable por capacidad y ubicación, se recomienda sin embargo que los materiales de acabado interno del tanque se definan utilizando un material impermeable que evite pérdidas; actualmente se recomienda incluir en la mezcla del pañete acabado, el uso de adiciones puzolánicas reactivas, compuesto que reacciona al contacto con el agua y se convierte en pasta de cemento, que taponan las porosidades presentes naturales del concreto y disminuye la permeabilidad debida a absorción capilar (Sika, 2017) o revestir las paredes interiores con una capa de mortero de cemento que contienen un poco de cal hidráulica entre 5 y 10% en masa de cemento, limitando con ello el crecimiento de bacterias, dicho revestimiento debe ser liso. Para retener hojas u otro material orgánico se pueden utilizar bandejas con arena y grava en la parte superior del tanque, teniendo en cuenta que este filtro requiere mantenimiento periódico.

El tanque debe tener una salida de desagüe en caso de desbordamiento y se recomienda en la base del tanque colocar baldosa para limpieza anual, o en lo posible inyectar las grietas con resinas epóxicas de baja viscosidad, o aplicar un mortero impermeabilizante, extendiendo la durabilidad del tanque y disminuyendo la posibilidad de agrietamiento (FAO, 2013).

De igual manera se recomienda cubrir el tanque con una rejilla, para evitar la contaminación con material orgánico y continuar con el paisaje del lugar. El funcionamiento del tanque como aljibe o tanque pluvial, permite la captación por largos periodos de tiempo, provenientes en este caso de la ladera de captación. Debe permanecer cerrado para evitar la contaminación, se puede mantener en piedra y

localizarse a ras del suelo, requiriendo bien sea un sistema de bombeo a través de un mecate con émbolos o utilizar la gravedad para continuar con el proceso de distribución a través de un sifón de desfogue.

Para evitar la contaminación por escurrimiento se deben construir cunetas interceptadoras a 10 m de distancia del agua del aljibe o tanque pluvial (SDR, 2012). El agua lluvia recolectada en el punto de almacenamiento 1 (Tanque a cielo abierto), con una capacidad del tanque de 12.21 m³, permite observar que esta recolección puede suplir los requerimientos necesarios para el suministro de la batería de baños ubicada en la zona M del campus.

Criterio de captación y almacenamiento: recolección desde techos

Otra posibilidad es la filtración del agua recolectada, haciéndola pasar por arena fina de 1,0 a 0,1 mm a arena más gruesa entre 1 y 6 mm y finalmente a grava de 6 a 12 mm o piedras grandes de 25 cm de diámetro. Este proceso de filtración para el agua recolectada del techo hacia la batería de baños a intervenir permite que a través del sistema de canales y bajantes se conduzca el agua a un tanque de almacenamiento. Los requerimientos de adaptación para esta agua recolectada son colocar filtros en la canal y bajante, para evitar la contaminación por material orgánico. El tanque utilizado no superará los 500 L de capacidad, que es similar al que actualmente funciona con agua potable.

El techo debe ser una superficie impermeable, lisa y uniforme para que el coeficiente de escorrentía sea superior a 0,8 u 80% (FAO, 2013). Se sugiere continuar con el reemplazo de las tejas españolas, por la teja española Eternit que ya viene utilizándose, al

encontrar en parte del techo la presencia de líquenes y musgos que contaminan la escorrentía.

Criterio demanda: análisis de batería de baños

Se evaluó la cantidad de agua potable gastada en el uso de estas baterías atendiendo a la ganancia de sustitución de agua potable, desde los datos mencionados del Proyecto del Acuerdo 134 de 2013 del Concejo de Bogotá, “por medio del cual se promueven alternativas de ahorro de agua en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones”, los cuales muestran que “el 62% del gasto de agua se genera en el baño, un 33% se usa en la ducha y en el lavamanos, y el otro 29%, en el sanitario en promedio” (SJD, 2013, p.3).

Se realizó la medición de la cantidad de personas que ingresan en lapsos de 2 horas a los baños de la zona M, de acuerdo con las descargas realizadas (Tabla 2).

El rango de mayor uso se presenta entre 11:00 y 13:00 horas con frecuencias de uso entre 16 y 20, siendo los baños de las mujeres, los que presentan mayor uso. El uso de la alberca de lavado se usa con frecuencias iguales de 11:00 a 13:00 y de 15:00 a 17:00 horas. También se determina que no se requiere distinguir el uso de orinales al no estar actualmente planteados en el sistema.

La Tabla 3 fue elaborada a partir del proyecto basada en el Acuerdo 134 de 2013, con datos de la Fundación Corona.

Las tres últimas columnas de la tabla 3, representan modelos de ahorro de agua, que podrían sustituir los actuales, con el fin de utilizar menos cantidad de agua en cada descarga.

Tabla 2. Medición del consumo de agua en los baños por descargas del sanitario en Zona M de la Universidad de América

Hora de medición	Baño 1 (Privado)	Baño 2	Baño 3	Baño 4	Baño 5	Alberca
7:00-9:00	4	15	5	8	14	0
9:00-11:00	0	10	7	11	15	0
11:00-13:00	3	20	9	16	12	2
13:00-15:00	0	12	6	12	10	0
15:00-17:00	2	16	10	14	15	2
Totales	9	73	37	61	66	4

Tabla 3. Promedio de consumo de agua potable por sustitución de sistemas

Parámetro de consumo	Consumo en la zona de estudio	Modelo de ahorro 1 x 5 WC	Modelo de ahorro x 3 sanitarios mujeres	Modelo de ahorro 2 orinales hombres
L/uso	Sanitario (5 WC)	Sustitución de sanitario con consumo de presión asistida	Sustitución de sanitario con consumo de presión asistida	Sustitución de sanitarios por orinales para los baños de hombres (2)
Litros/descarga	6	3,8	3,8	1
Descargas/día	246	246	119	127
Litros/día	1476	934,8	452,2	127
Litros/mes (20 d)	29520	28044	4522	3810
Litros/año (10 meses)	295200	280440	45220	38100

Se han considerado 20 días de servicio de los sanitarios, puesto que los sábados el consumo es mínimo y los domingos y festivos en la Universidad no hay actividades académicas.

Teniendo en cuenta que el total de agua lluvia recolectada es de 36116 L/año, entonces: 36116 L de agua lluvia/295200 L agua potable utilizada en los sanitarios *100 = 12,23%, que representa el ahorro del agua potable que se utiliza actualmente en las dos baterías de baños.

Conclusiones

Se determinó que el agua lluvia recolectada dentro del Campus de la Universidad de América, cumple con la mayoría de los parámetros indicadores de calidad, desde el punto de vista fisicoquímico y se consideró que puede ser utilizada con diversos fines como el riego de jardines, cascadas de aguas artificiales con fines estéticos y se definió su uso a corto plazo para el uso en sanitarios, debido a que ya se tiene la infraestructura.

Se evaluó que la cantidad total de agua potable gastada en el uso de baterías de baños es de 295200 L/año, la cual podría ser sustituida en parte por el agua lluvia recolectada, que representaría un 12,23% de disminución en el consumo de agua potable y aprovechamiento de este importante recurso.

Bibliografía

Avelar, J., Sánchez, J., Lobato de La Cruz, C., Mancilla, C., 2019. Validación de un prototipo de sistema de captación de agua lluvia para uso doméstico y consumo humano. *Idesia* 37(1), 53-59. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000302>

Ballén, J., Galarza, M., Ortiz, R., 2006. Sistemas de aprovechamiento de agua lluvia para vivienda urbana. En: VI SEREA Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua. João Pessoa, Brasil.

Basán, M., Sánchez, L., Tosolini, R., Tejerina, F., Jordan, P., 2018. Sistemas de captación de agua lluvia para consumo humano, sinónimo de agua segura. *Agua-LAC* 10(1), 15-25.

FAO, 2013. Captación y almacenamiento de agua lluvia: opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Santiago.

Fernández, I., 2009. Aprovechamiento de aguas pluviales. Trabajo de grado. Escola Politècnica Superior D'edificació de Barcelona, Universidad Politècnica de Catalunya, Cataluña, España.

Ingeobras, 2016. Nazca, Ingeniería hidráulica ancestral. Disponible en: <http://ingeobras.com/nazca-ingenieria-hidraulica-ancestral/>; consultado: mayo de 2017.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2014. Análisis fisicoquímico de aguas. Bogotá.

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y cambio Climático (IDIGER), 2018. Lluvias y temperatura en Bogotá desde 1979 a 2018. Disponible en: <https://www.idiger.gov.co/web/guest/precipitacion-y-temperatura>; consultado: abril, 2019.

Instituto Nacional de Salud, 2007. Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio. Artículo 27 del Decreto 1575 de 2007. Bogotá.

Manrique, O., Diaz, R., Diaz, R., 2016. Sistema de captación de agua lluvia para la producción hortícola en condiciones de organopónico. *Universidad & Ciencia* 5, 12-27.

Ministerio de la Protección Social (MPS); Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (MAVDT), 2007. Resolución 2115, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia

- para la calidad del agua para consumo humano. Diario Oficial 46.679. Bogotá.
- Palacio, N., 2010. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, en la Institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. *Gest. Ambien.* 13, 25-40.
- Pizarro, R., Abarza, A., Morales, C., Calderón, R., Tapia, J., García P., Córdova, M., 2015. Manual de diseño y construcción de sistemas de captación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile. Documento Técnico 36. Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe (Phi-LAC), Talca, Chile.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2016. Captación y aprovechamiento de agua de lluvia en América Latina: experiencias y conclusiones de un debate. Seminario Internacional sobre sistemas de captación de aguas lluvia, Santiago.
- Rodríguez, A., 2017. Sistemas urbanos de drenaje sostenible: hacia un agestión integral del ciclo urbano del agua. Trabajo de grado. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Secretaría Jurídica Distrital (SJD), 2013. Proyecto de Acuerdo 134, por medio del cual se promueven alternativas de ahorro de agua en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones. Concejo de Bogotá, Bogotá.
- Senciales, J., Ruiz, J., 2013. Análisis espacio-temporal de las lluvias torrenciales en la ciudad de Málaga. *Bol. Asoc. Geógr. Esp.* (61), 7-24.
- Sika, 2017. Informaciones técnicas, construcción de estructuras impermeables y estacas. Bogotá.
- Subsecretaría de Desarrollo Rural (SDR), 2012. Catálogo de obras y prácticas. UTE-COUSSA, México, DF.
- Torres, R., 2019. La captación del agua lluvia como solución en el pasado y el presente. *Ing. Hidrául. Ambient.* 40(2), 125-139.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), 2014. Temporada de lluvias Bogotá DC. Disponible en: <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/>; consultado; mayo, 2019.
- Vásquez, T., Alfaro, R., Sibaja, J., Esquivel, G., Valdés, J., 2012. Composición química del agua de lluvia y de niebla recolectada en el resertra biológica Monteverde. *Uniciencia* 26, 51-63.

