

# Reutilización y Explotación del Agua Residual que Afecta a la Barranca “Jalalpa” en Álvaro Obregón

PAOLA MERINO GÓMEZ, HILDA ARACELY CASTAÑEDA MENDOZA, GUADALUPE DEL SOCORRO RAMÍREZ PINTO, DIANA LAURA VELASCO PACHECO, MARTIN FLEGL

**Resumen** - En la delegación Álvaro Obregón se encuentran varios asentamientos humanos irregulares, uno de ellos es la comunidad de Jalalpa, donde los hogares que se encuentran al borde de la barranca no forman parte del sistema de drenaje de la ciudad. Por ello han creado su propio sistema por medio de tubos que desembocan en la barranca, provocando la contaminación del agua y generando importantes focos de infección. Por ello se propone la construcción de cámaras de evapotranspiración, las cuales almacenan el agua residual de los habitantes y después de un proceso de filtración, por medio de materiales rocosos de diferentes porosidades el agua es aprovechada por algunas plantas. Con el fin de que éstas contribuyan al amortiguamiento térmico y posteriormente sean una fuente de ingreso para los poseedores. Se considera una solución viable, ya que el costo de la construcción oscila entre los \$2,114.99 pesos y los \$2,214.99 pesos dependiendo del tipo de planta que se desee utilizar. Sin embargo, se espera un apoyo de los habitantes para la construcción de las cámaras lo que contribuiría en la buena relación de la comunidad. Asimismo, se espera que con el paso del tiempo y con el crecimiento de las plantas, los habitantes de la zona generen conciencia sobre la apariencia del área y comiencen a tomar otras acciones al respecto. Con la construcción de las cámaras de evapotranspiración se espera reducir la contaminación del agua que corre a través de la barranca y con esto reducir los focos de infección.

## I. INTRODUCCIÓN

La mayor parte del agua recuperada en el manto acuífero se obtiene por la infiltración de agua de lluvia en los “Suelos de Conservación” (SC). La capacidad de infiltración de estas áreas es muy importante dado el suelo volcánico que poseen, que está formado por rocas permeables que funcionan como una esponja. [1]

La delegación Álvaro Obregón (AO) ubicada en el oeste de la Ciudad de México, es conocida por tener ecosistemas únicos en sus barrancas, donde se pueden hallar varias especies que no se pueden encontrar en otras partes de la ciudad. Estos ecosistemas funcionan como una micro-región gracias a sus características biológicas y geográficas que ofrecen servicios ambientales, como: el retorno del agua al manto acuífero, la regulación del flujo de agua superficial con el fin de evitar inundaciones, proveer oxígeno y capturar

PAOLA MERINO GÓMEZ pertenece a la carrera Actuaría de la Facultad de Negocios de la Universidad La Salle, HILDA ARACELY CASTAÑEDA MENDOZA pertenece al Instituto Tecnológico de Saltillo, GUADALUPE DEL SOCORRO RAMÍREZ PINTO al Instituto Tecnológico Superior de Motul y DIANA LAURA VELASCO PACHECO a la Universidad Tecnológica de los Valles Centrales de Oaxaca. El trabajo se realizó dentro el proyecto THE INNOVATION ACADEMY FOR WOMEN OF THE AMERICAS (Email: [paomg1309@gamil.com](mailto:paomg1309@gamil.com)). El proyecto fue asesorado por MARTIN FLEGL y CARMEN LOZANO.

dióxido de carbono para mejorar la calidad del aire y reducir la contaminación. [2] Desafortunadamente, los SC en la delegación se ven amenazados por la sobrepoblación. El crecimiento urbano y los asentamientos humanos irregulares han provocado un desbalance en el ecosistema no sólo en la delegación, sino en la ciudad.

Álvaro Obregón es una de las delegaciones que tiene los más notables contrastes sociales. Por un lado, hay zonas con gente rica en Santa Fé. Por otro lado, cruzando una barranca, se encuentra Jalalpa, la cual es una de las comunidades más pobres en la ciudad. Entre la comunidad Jalalpa y los “Campos Deportivos de Santa Lucía” que es un terreno perteneciente a la “Universidad La Salle” hay una segunda barranca. En esta barranca llamada “Jalalpa”, los habitantes que viven en la frontera arrojan sus desechos sólidos a la ladera, porque estas residencias no forman parte del sistema de alcantarillado de la ciudad, han hecho sus propios conductos con tubos PVC que arrojan directamente el agua residual a la barranca.

La Figura 1 nos muestra que en diez años el número de residencias que arrojan el agua residual en Álvaro Obregón en una barranca ha disminuido del 5% al 3% del total de residencias. Esto significa que, aunque la población creció un 5.37% de 678,385 a 716,895, la cantidad de personas que usaron una barranca se redujo de 36,297 a 18,673. Aunque observamos una mejora, se considera que las barrancas contaminadas siguen siendo un problema importante en la delegación. Podría ser mejor, si se pudiera usar el agua residual para otra actividad que pudiera ayudar a los habitantes de la comunidad.

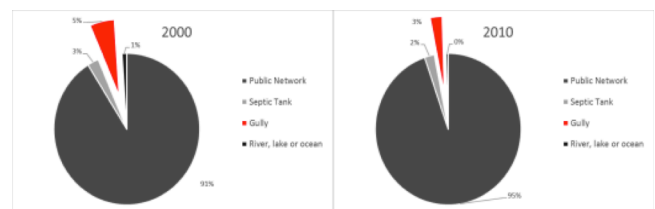


Figura 1. Distribución de las aguas residuales en los años 2000 (izquierda) [3] y 2010 (derecha) en Álvaro Obregón [4]

El área analizada está ubicada en Santa Lucía. El análisis se realizó en un área de aproximadamente 1 km de longitud en la barranca. Se estima que hay aproximadamente 180 casas en el borde de la barranca. Por lo tanto, considerando el promedio de habitantes en cada residencia [3], hay aproximadamente 216,000 litros de agua residual arrojados a la barranca diariamente. [5] Esta situación y los residuos sólidos son los principales problemas de la barranca. La naturaleza es capaz de soportar pequeñas cantidades de desechos, pero las cantidades son limitadas y la acumulación de contaminantes

en el agua tiene como resultado efectos nocivos [6], como la hepatitis, el cólera, la fiebre tifoidea, etc.

**Identificación del problema principal**

A pesar de que ambas cuestiones son igualmente importantes. Se tienen algunas limitaciones con los desechos sólidos, ya que la eliminación de estos residuos no resolvería el problema. Se podría decir que sólo se estaría transfiriendo el problema a otra área de la ciudad. Incluso, los habitantes cercanos a la barranca no dejarán de arrojar residuos en la pendiente, así, se considera que esta no es una solución posible. Por lo tanto, este artículo se enfoca en la reutilización del agua residual de los habitantes al borde de la barranca por medio de un tratamiento de agua no costoso. Se entenderá por aguas residuales al agua que procede de viviendas o poblaciones y arrastra suciedad, ya sea por el uso doméstico cotidiano o las contaminadas con heces u orina, también llamadas aguas negras.

El problema a estudiar se centra en la falta de drenaje de las casas en Santa Lucía ubicadas al lado de la barranca de Jalalpa (Figura 2). Estas casas tienen desagües directos al barranco, lo cual provoca contaminación, focos de infección y erosión del suelo. A través de esta investigación, se busca proporcionar una posible solución a los problemas mencionados anteriormente.



Figura 2. Localización del barranco en Santa Lucía

El objetivo de este artículo es proponer una solución que ayude a reducir la contaminación en la barranca de Jalalpa. El artículo se divide como sigue: la primera parte introduce el problema de la contaminación en Santa Lucía, la segunda parte introduce la metodología y métodos para tratar la contaminación, la tercera parte incluye los resultados esperados con una discusión. El artículo termina con una conclusión incluyendo futura extensión de los resultados.

**II. METODOLOGÍA**

**Datos**

Los datos sobre la comunidad fueron obtenidos por medio de la Gaceta Oficial del Distrito Federal número 1091 publicada en el año 2011 [2] y por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) [3][4]. Además, el análisis de las cámaras sugeridas en este artículo se basó en el trabajo realizado en Bolivia por Arturo Caballero en el año 2013 [7], que a su vez se basó en el trabajo de Tom Watson, quien creó las cámaras ya mencionadas, patentadas bajo el nombre de “Watson Wick”. [8] La sugerencia de plantas específicas se debe a la recolección de datos sobre materiales y metales almacenados en las aguas residuales obtenidos particularmente del trabajo de la investigadora Christina Siebe [9].

La información sobre los costos se obtuvo por medio de cotizaciones de los diversos materiales requeridos y así se hizo una estimación de una cámara para un hogar promedio.

**Evapotranspiración**

La evapotranspiración es un proceso por el cual el agua pasa de la fase líquida a la fase vapor, de la superficie a la atmósfera. Este cambio de fase requiere una contribución de la energía solar, principalmente proporcionada por la radiación solar. [10] La transpiración consiste en la vaporización de agua líquida contenida en los tejidos de la planta y el transporte de vapor de agua a la atmósfera. Casi toda el agua absorbida por las plantas pasa a la atmósfera a través de este proceso. La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera simple de separar ambos procesos. Por lo tanto, el flujo de vapor de una cubierta vegetal se refiere generalmente como evapotranspiración. Los factores que afectan a la evapotranspiración son los factores climáticos, como la temperatura, la humedad relativa de la atmósfera, la velocidad del viento, etc. [11]

Una cámara de evapotranspiración (ET) trata las aguas residuales usando ese sistema gracias a la pérdida de agua del suelo por evaporación y transpiración de las plantas que crecen allí. A medida que el agua se evapora, las sales, minerales y sólidos del efluente se acumulan en la cámara. Durante las estaciones muy lluviosas cuando la evapotranspiración es lenta, la cámara ET almacena el agua hasta tiempos más secos cuando se evapora y transpira. [12]

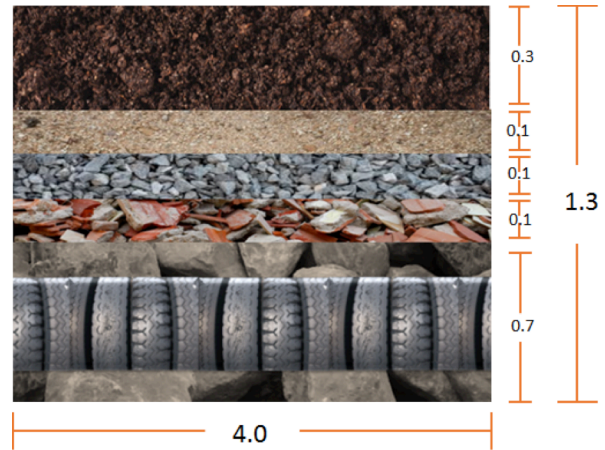


Figura 3. Materiales y medidas necesarias para la cámara, en metros (colaboración propia)

**Plantas**

Se han realizado varios estudios para evaluar la calidad de los productos regados con aguas residuales, principalmente la evaluación de metales [9]. Los metales tienden a acumularse en la capa arable de los suelos y aunque no representa un riesgo para el potencial productivo de los suelos, se encontró que la absorción de cadmio en los cultivos aumenta. Esto demuestra que el riego con aguas residuales no se puede practicar por períodos de tiempo ilimitados, en este caso se evaluó en tierras con riego residual durante 80 años. [9]

Otros estudios [13] señalan el uso de aguas residuales para la siembra de forrajes y árboles. Estos estudios evalúan la efectividad del uso de aguas residuales no tratadas e incluso de efluentes que han recibido tratamiento secundario, indican

que tienen muchos de los nutrientes minerales que la planta necesita para su crecimiento (nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes). Los experimentos han demostrado repetidamente [13] que cuando los cultivos y los árboles se riegan con aguas residuales tienen una mayor productividad que cuando se hace con agua limpia. Estos nutrientes representan un recurso de considerable valor comparado con el costo equivalente de los fertilizantes. La aplicación de aguas residuales, en cantidades que garanticen un equilibrio entre el aporte de nutrientes y la absorción de plantas, favorecerá el crecimiento óptimo de la planta, limitando al mismo tiempo los riesgos de contaminación. [13]

Los cultivos de plantas ornamentales se proponen en la superficie de la cámara de evapotranspiración, por ello, las plantas deben tener resistencia a la luz solar directa, ya que en este lugar la temperatura media está entre 15 °C y 29 °C. [14] Otro aspecto a considerar es la humedad, ya que la tierra estará constantemente mojada por las descargas de agua de cada hogar.

Por lo tanto, las plantas que se sugieren son los geranios y crisantemos. Los geranios (Figura 4a) son plantas ornamentales que pueden sobrevivir en condiciones áridas, adaptándose fácilmente a diferentes condiciones ambientales. [15] Los geranios pertenecen a la familia Geraniaceae, formada por plantas herbáceas, aunque pueden ser arbustos o arbustos medianos con tallos gruesos y carnosos. [16]

Los crisantemos pertenecen al reino de las Plantae ya la familia de las Asteraceae. La temperatura óptima para su desarrollo es de 15 a 30 grados durante el día y 15 grados durante la noche. El crisantemo requiere suelos con buena estructura, que se componen con 50% de sustrato o suelo, 30% de agua y 20% de aire, el pH apropiado para el desarrollo del cultivo es de 6.2 a 7.0.

En cuanto a la iluminación, el crisantemo se clasifica como día de recorte que requiere largas noches para comenzar a florecer. Esto significa que más de 14 horas de luz promueven el crecimiento vegetativo. (Figura 4b)



Figura 4. a) Cultivos de geranios, b) Crisantemos, and c) Ficus

Otra opción viable para el costo de venta son los ficus (Figura 4c). El género ficus comprende 800 especies dentro de la familia de las Moráceas que son plantas perennes. Toleran temperaturas de hasta 30 grados. Especialmente el género del ficus benjamina que puede ser expuesto directamente al sol requiere grandes cantidades de agua. Se puede plantar

mediante estacas que consisten en cortar una rama joven de unos 12 cm y luego plantar el ficus.

### III. RESULTADOS

En esta parte del artículo se presenta una propuesta de solución para resolver el problema en la barranca en Santa Lucía. La solución es basada en una construcción de cámara de evapotranspiración construida en Bolivia en el año 2013. Asimismo, se muestran las expectativas tanto a corto como a largo plazo.

#### Construcción de la cámara de evapotranspiración

Según el análisis realizado por Arturo Caballero [7], en su trabajo conjunto en una zona rural de Bolivia, se necesitan 2m<sup>3</sup> de espacio en una cámara de evapotranspiración para una persona por familia. Según una estimación basada en el INEGI [4], el promedio de habitantes por vivienda en Santa Lucía es de 4 personas por familia. Por otra parte, es necesario contar el suelo necesario para cubrir la cámara, que es de aproximadamente 2m<sup>3</sup>. Por lo tanto, la metodología de esta propuesta se basará en la construcción de 10.4 m<sup>3</sup> para la implantación de la cámara.

Lo primero que hay que hacer es el acoplamiento del terreno. Esta es la medida del área y la excavación (Figura 5), así como la conexión del drenaje de las casas al lugar de implantación por medio de las tuberías de PVC (la longitud de las tuberías depende de la distancia entre una casa y la cámara). El diámetro de los tubos de PVC es de 8 pulgadas. Dado que es posible que el agua residual contenga residuos sólidos u objetos materiales no líquidos, es necesario agregar una pequeña caja que tenga el fin de retenerlos antes de que lleguen a la cámara, para que la no sea obstruida. Por ello, a un costado se sugiere una caja de 50x50x50 cm construida de la misma manera que la cámara pero que en la parte superior contenga una “tapa” y en el interior una malla que retenga los residuos sólidos.



NEC32 a 5. Construcción de la cámara - excavación de la cámara [7]

Una vez que se ha cavado el pozo, el revestimiento se instala con ladrillos y enseguida se realiza la aplicación de ferrocemento en cada una de las paredes de la cámara para darle impermeabilidad (Figura 6). Una capa de piedras medianas se coloca en el fondo de la cámara para tener separación entre el piso y el tubo que se va a colocar. Para lograr un flujo continuo, es necesario perforar el tubo de PVC con un taladro. Los agujeros se dispersan cada 5cm de distancia uno con otro siendo de 1cm de diámetro cada uno (Figura 7). A su vez, estos deben ser protegidos con neumáticos reciclados para evitar fracturas (Figura 8).





Figura 6. Construcción de la cámara - paredes (izquierda) y colocación de ladrillos (derecha) aplicación de ferrocemento [7]



Figura 7. La construcción de la cámara - la instalación de tuberías [7]



Figura 8. Construcción de la cámara - neumáticos para protección [7]

Una vez que los neumáticos se instalan cubriendo el tubo una capa de piedra grande se coloca a una altura aproximada de 60cm. Posteriormente, una capa de restos de construcción, por ejemplo, piezas de ladrillo, de 10cm de altura. Luego se coloca una tercera capa de grava y una cuarta de arena, cada una de 10cm de grosor (Figura 9).

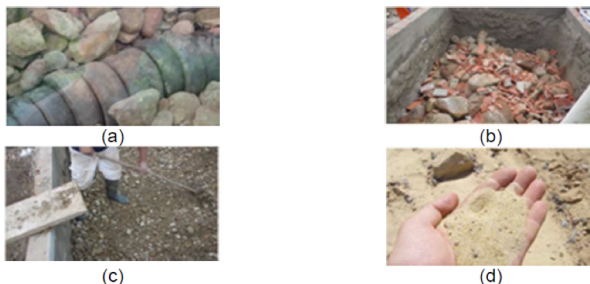


Figura 9. Construcción de la cámara – Filtros: a) Piedras grandes, b) Escombros de construcción, c) Grava, d) Arena [7]

Se recomienda usar una tubería de PVC de manera vertical (Figura 10) para que sirva de escape de emergencia para el agua si hay una sobrecarga. Además, se utiliza un filtro en el extremo de la tubería para evitar que las partículas sólidas escapen a la superficie.



Figura 10. Construcción de la cámara: a) tubería usando un filtro y b) instalación de una tubería [7]

Una vez que se han incorporado todos los filtros, se coloca una capa de suelo fértil sobre la superficie (Figura 11). Las plantas recomendadas para estas cámaras de evapotranspiración son flores de Geranios, Crisantemos y Ficus, que brotarán por la acción del agua y la humedad existente en el suelo. La Figura 12 muestra que se usa la plantación de bananos. [7]



Figura 11. Construcción de la cámara – Establecimiento de suelo fértil. [7]



Figura 12. Construcción de la cámara – Plantación de plátanos en el suelo fértil. [7]

### Resultados esperados a corto y largo plazo

Al reutilizar el agua doméstica, se espera tener una importante mejora en diferentes aspectos y en distintos lapsos.

#### En las expectativas a corto plazo

En primer lugar, se espera que los habitantes de la comunidad participen y se involucren con la propuesta, no sólo para facilitar la construcción de la cámara, sino también para ayudar en los aspectos sociales de la comunidad, creyendo que es posible forjar relaciones más fuertes entre los habitantes.

En segundo lugar, la construcción de la cámara proporcionará otra apariencia al área donde se construirá. Además, al sembrar las plantas sugeridas, las personas pueden tener conciencia sobre la apariencia de la comunidad, con la esperanza de que comiencen a tomar acciones al respecto.

#### En las expectativas a largo plazo

Al mejorar estas cámaras, se va a reducir la cantidad de agua contaminada en la barranca, dejando sólo agua de lluvia para elevar la calidad del agua. Por otro lado, se reducirán los focos de infección y esto podría reflejarse en la disminución de las tasas de enfermedades en niños y ancianos que viven en la frontera de la barranca. Finalmente, la gente podrá vender las plantas sembradas en sus cámaras, con la esperanza de que con investigación adicional sea posible sembrar plantas de consumo.



### Infraestructura y presupuesto estimado

Para calcular los costos, la estimación se basó en [17] quien proporciona las cantidades de materiales necesarios para construir 1.62 m<sup>3</sup> de ferrocemento. Sin embargo, la cámara del artículo requiere menos material que las cantidades mencionadas en [17]. Así, dividimos entre la unidad correspondiente y multiplicamos el precio unitario por el monto requerido de la cámara. Posteriormente, se buscó el precio actual de los materiales utilizados. En el Cuadro I se indican los materiales que se requieren para preparar el ferrocemento.

CUADRO I

PRECIO APROXIMADO DEL FERROCEMENTO POR M<sup>3</sup> (ESTIMACIÓN PROPIA)

Material	Cantidad	Precio Unitario (pesos)	Subtotal
Cemento	1 costal	\$250	\$250
Grava ¾"	4 botes	\$16.9	\$67.6
Arena	4 botes	\$16.9	\$67.6
Total (aproximado)			\$ 385.2

Grava de 1/2 y 3/4 - Bote de 19 Litros," n.d., "Arena - Bote de 19Lts," n.d.

Como se mencionó, también es necesario considerar el costo del resto de los materiales necesarios para fabricar la cámara. En el Cuadro II se puede ver la lista de los materiales necesarios para hacer la cámara. Esto permite hacer una estimación del presupuesto necesario para construir la cámara. También incluye el presupuesto del material requerido para el llenado de la cámara, como arena, grava, rocas, etc.

CUADRO II

PRECIO APROXIMADO DE CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN Y EL MATERIAL DE LLENADO (PROPIA ESTIMACIÓN)

Material	Cantidad	Precio Unitario (pesos)	Subtotal
Red metálica hexagonal	23 m2	\$1.75	\$40.75
Alambre recocido	5 kg	\$24	\$120
Ferrocemento	0.324 m3	\$385.2	\$124.8
Neumático reciclado	22 piezas	\$1	\$22
Ladrillo	484 piezas	\$1.1	\$22
Grava ¾ "	0.8 m3	\$16.9	\$13.52
Arena	0.8 m3	\$16.9	\$13.52
Rock	4.8 m3	\$180	\$840
Tierra negra	2.4 m3	\$7.5	\$18
<b>Presupuesto requerido</b>			<b>\$1724.99</b>

Sin embargo, esta estimación no incluye el costo de las plantas que van a ser sembradas, ya que va a variar dependiendo de qué flor se elige entre las propuestas. En el Cuadro III se puede observar el precio final dependiendo de la planta elegida para la cámara.

CUADRO III

ESTIMACIÓN DEL COSTO FINAL DEPENDIENDO DE LA PLANTA

Planta	Precio sin planta	Precio de la planta	Costo final
Geranios	\$1724.99	\$390	\$2,114.99
Crisantemos	\$1724.99	\$390	\$2,114.99
Ficus	\$1724.99	\$490	\$2,214.99

### Calendario de actividades

La estimación de todo el proyecto incluye los siguientes pasos y la estimación de la duración se muestra en la Figura 13 en el apéndice.

1. Recopilación de datos - En primer lugar, es necesario obtener tanta información como sea posible.
2. Exposición de la propuesta a la comunidad - Es esencial convencer a la comunidad de que la falta de un sistema de alcantarillado es importante, incluso uno de los problemas más importantes de la comunidad para que ellos sean parte de la solución. También define si el proyecto va a ser posible en la comunidad o no.
3. Construcción de las cámaras de evapotranspiración - Aquí, los habitantes de la residencia donde se va a hacer la cámara comienzan el proceso de construcción, paso a paso supervisados y asesorados por un experto.
4. Plantar flores o árboles - La siembra puede ser la actividad más fácil y divertida de la propuesta. Principalmente, los niños son los que se emocionan e inducen a sus padres, familiares y amigos a ser parte de la solución.
5. Cultivo de plantas - Podemos decir que el cultivo de plantas es "simple" porque en realidad la familia no necesita mucho tiempo para cuidar la cámara, se sugiere remover los pequeños desechos sólidos de la micro-cámara de seguridad dos veces al año, que sean conscientes de las plagas y limpieza de la maleza.
6. La venta - la actividad más importante para los adultos, porque es cuando son capaces de obtener una retribución de su duro trabajo el año anterior.
7. Evaluación de Resultados y Efectividad - Este paso permitirá saber si la propuesta alcanzó sus objetivos.

### IV. DISCUSIÓN

Este artículo propone un método que mejore la calidad de la barranca en Jalapa, así como de los habitantes de la misma. Sin embargo, para que este proyecto sea viable en la zona en cuestión, es necesario considerar ciertos aspectos previos, que son tan importantes como la propuesta misma.

Dado que la construcción de la cámara requiere de la participación de los habitantes, es necesario hacer un análisis previo de la comunidad. Esto con el fin de conocer el proceso de la comunidad en la que debe de ser presentada la propuesta a la comunidad, ya que un mal manejo de la proposición del proyecto podría ocasionar la nulidad de la implementación.

Por otra parte, al ser un asentamiento irregular, se carece de datos exactos actuales de la zona, por lo que no es posible conocer de manera precisa la cantidad de casas que utilizan la barranca como depósito de desechos. Dado el análisis visual de la zona realizado, se consideró un tubo de descarga por cada construcción al borde de la barranca. Sería necesario conocer de manera precisa la cantidad de casas que requerirían de la cámara, para así obtener una mejor estimación de los requerimientos de la propuesta.

Adicionalmente, las plantas que se proponen en el artículo son plantas únicamente ornamentales. También se podrían utilizar plantas con otros fines, pero es necesario un análisis previo de la resistencia de las mismas hacia las sustancias que podrían presentarse en las aguas residuales. Además, si

tendrían algún efecto al momento de su uso; así como el análisis detallado de las sustancias encontradas en las aguas mismas.

## V. CONCLUSIONES

En la delegación Álvaro Obregón se encuentran varios asentamientos humanos irregulares, uno de ellos es la comunidad de Jalalpa, donde los hogares que se encuentran al borde de la barranca no forman parte del sistema de drenaje de la ciudad. Por ello han creado su propio sistema por medio de tubos que desembocan en la barranca, provocando la contaminación del agua y generando importantes focos de infección. En este artículo se propone un sistema de limpieza de las aguas negras basado en una cámara de evapotranspiración. Las aguas negras se limpian por medio de distintas capas de filtración formadas por arena, grava, rocas, etc. Además, se sugiere plantar ciertas flores en la parte superior de la cámara, las cuales pueden generar un beneficio adicional a la limpieza del agua. Éstas flores pueden servir como decoración, ser una fuente de alimento y/o ser producto de venta. Por otra parte, las plantas ayudan a reducir el amortiguamiento térmico gracias a la captura del carbono que iría directamente al medio ambiente.

La solución de la evapotranspiración es una solución viable, ya que el costo de la construcción oscila entre los \$2,114.99 pesos y los \$2,214.99 pesos dependiendo del tipo de planta que se desee utilizar. Con la construcción de las cámaras de evapotranspiración en la zona Jalalpa se espera reducir la contaminación del agua que corre a través de la barranca y con esto reducir los focos de infección.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo se realizó dentro el proyecto The Innovation Academy for Women of the Americas II que tuvo lugar en la Universidad La Salle México, México. Los autores de este artículo desean agradecer a las siguientes instituciones por su apoyo y soporte: Paola Merino Gómez a la Universidad La Salle México, Hilda Aracely Castañeda Mendoza a Instituto Tecnológico de Saltillo, Guadalupe del Socorro Ramírez Pinto a Instituto Tecnológico Superior de Motul y Diana Laura Velasco Pacheco a la Universidad Tecnológica de los Valles Centrales de Oaxaca. Además, los autores desean agradecer el apoyo del comité académico de Innovation Academy for Women of the Americas II a Dra. Arely Vergara, Dr. Jose Luis García, Dr. Martin Flegl, Dra. Carmen Lozano, Dra. Rocio Salazar y Mtra. Martha Peña.

## REFERENCIAS

- [1] SEDEMA (2017), “Barrancas”, Secretaría del Medio Ambiente, disponible: <http://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/barrancas> [consultado: junio 28, 2017].
- [2] PDDU (2017), “Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Álvaro Obregón”, disponible: [http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU\\_Gacetas/2015/PDDU\\_ALVARO-OBREGON%20C3%93N.pdf](http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU_Gacetas/2015/PDDU_ALVARO-OBREGON%20C3%93N.pdf) [consultado: junio 28, 2017]
- [3] CENSO (2000), “Censo de Población y Vivienda 2000”, disponible: [http://www.inegi.org.mx/est/lista\\_cubos/consulta.aspx?p=pob&c=3](http://www.inegi.org.mx/est/lista_cubos/consulta.aspx?p=pob&c=3) [consultado: junio 28, 2017]
- [4] CENSO (2010), “Censo de Población y Vivienda 2010”, disponible: [http://www.inegi.org.mx/est/lista\\_cubos/consulta.aspx?p=pob&c=1](http://www.inegi.org.mx/est/lista_cubos/consulta.aspx?p=pob&c=1) [consultado: junio 28, 2017]
- [5] Crónica (2016), “¿Sabes cuántos litros de agua utilizas en un día?”, La Crónica de Hoy, disponible: <http://www.cronica.com.mx/notas/2012/658045.html> [consultado: junio 28, 2017]
- [6] P.K. Goel (2006), “Water Pollution: Causes, Effects and Control”. New Age International.
- [7] Comuntierra (2013), “Como Tratar Aguas Negras (Cámara de Evapotranspiración) // Treating Black Water”, disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=T15YOpEpoao> [consultado: junio 28, 2017]
- [8] HarvestH2o (2017), “Below ground water storage – Water Wicks can be an option”, disponible: <http://www.harvesth2o.com/watson-wicks.shtml> [consultado: julio 7, 2017]
- [9] C. Siebe (1994), “Acumulación y disponibilidad de metales pesados en suelos regados con aguas residuales en el Distrito de Riego 03, Tula, Hidalgo, México”, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 10, no. 1, pp. 15–21.
- [10] MEA, “Evapotranspiration”, disponible: <http://weather.tafco.com.au/Download/evapotranspiration.pdf> [consultado: junio 28, 2017]
- [11] Economía Andaluza, “La evapotranspiración: concepto y métodos para su determinación – Capítulo I”, disponible: <http://www.economiaandaluza.es/sites/default/files/cap496.pdf> [consultado: junio 27, 2017]
- [12] AgriLIFE, “Cama de evapotranspiración”, disponible: [http://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87090/pdf\\_152\\_6.pdf](http://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87090/pdf_152_6.pdf) [consultado: junio 27, 2017]
- [13] S. Braatz y A. Kandiah (1996), “Utilización de aguas residuales urbanas para el riego de árboles y bosques”, Depósito de documentos de la FAO, disponible: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsair/e/repindex/rep184/vlel/fulltext/acrobat/utilizacion.pdf> [consultado: junio 27, 2017]
- [14] AccuWeather, “El tiempo en Santa Lucía – Pronóstico de AccuWeather”, disponible: <http://www.accuweather.com/es/mx/santa-lucia/240347/weather-forecast/240347> [consultado: junio 27, 2017]
- [15] D.A. Evans, W.R. Sharp, P.V. Ammirato, Y. Yamada y Y.P.S. Bajaj (1984), “Handbook of plant cell culture: Techniques for propagation and breeding, volume I”, Macmillan, 1st edition.
- [16] J. Crawford Zimmerman, L.E. DeWald and P.G. Rowlands (1999), “Vegetation diversity in an interconnected ephemeral riparian system of north-central Arizona, USA”, *Biological Conservation*, vol. 90, no. 3, pp. 217–228. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00035-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00035-X)
- [17] E.M. Camacho, “Triptico pila de ferrocemento”, disponible: [https://www.academia.edu/13809385/TRIPTICO\\_PILA\\_DE\\_FERROCEMENTO](https://www.academia.edu/13809385/TRIPTICO_PILA_DE_FERROCEMENTO) [consultado: junio 28, 2017]



## APÉNDICE

Duration		2018												2019												2020																					
Activity	Months	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec										
1. Data Collection	3	■	■	■																																											
2. Exposure of the proposal to the community	6			■	■	■	■	■	■	■	■	■																																			
3. Construction of the Evapotranspiration Chambers	14									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																								
4. Planting Flowers or Trees	1																																														
5. Plant Cultivation	8																																														
6. Sale	2																																														
7. Evaluation of Results and Effectiveness	2																																														

Figura 13. Duración del proyecto (cálculo propio)