CONSTRUIR INFRAESTRUCTURA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO:

INSTALACIONES MOBILIARIAS PARA COSECHA DE AGUAS DE LLUVIA.

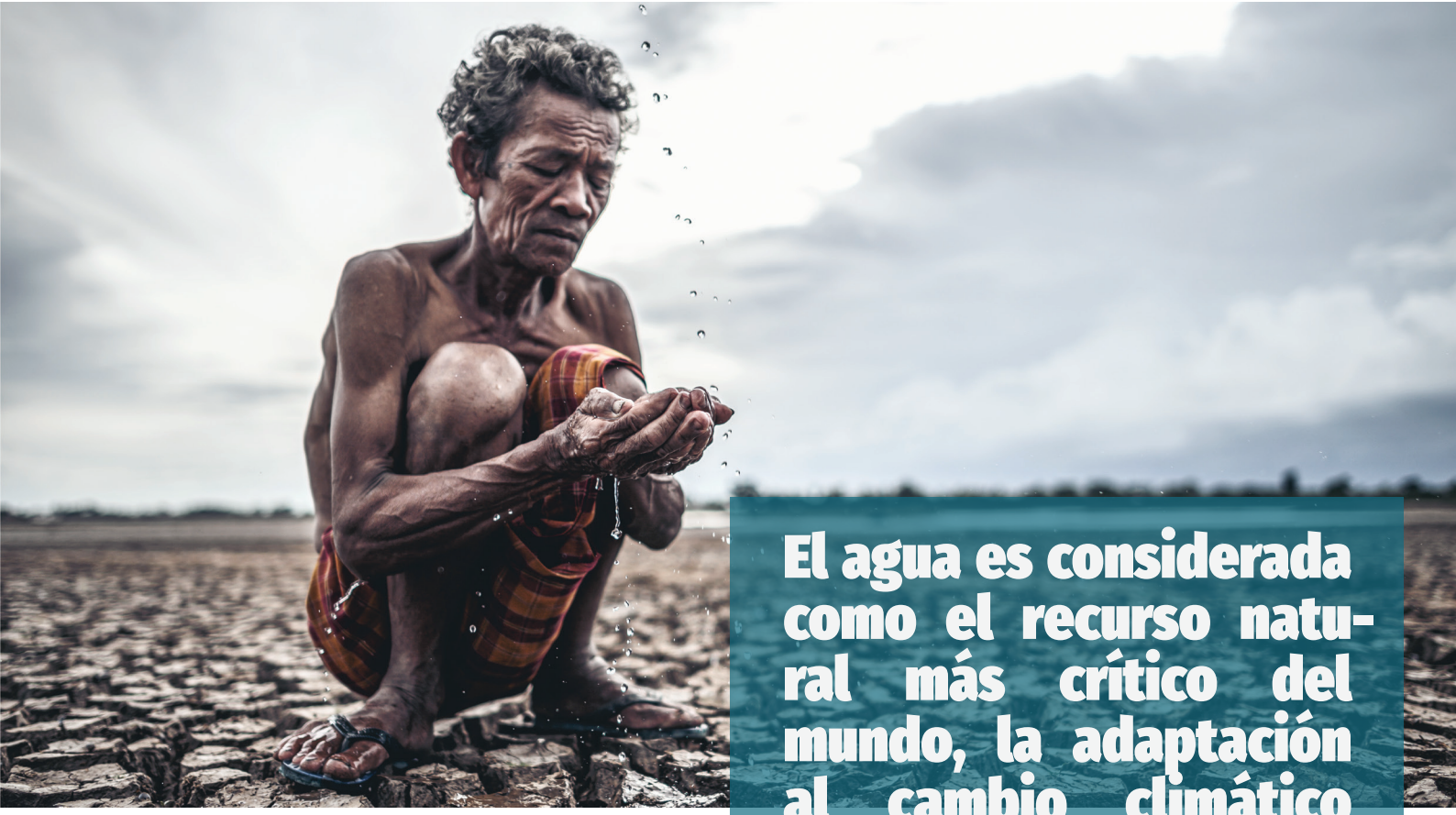
SAMUEL A. RUA LONDOÑO[1]
Investigador Sennova
Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción, SENA.
Email: sarua0@misena.edu.co

GLORIA YAZMÍN GONZALES[2]
Investigador Sennova
Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción, SENA
Email: yazmingon@gmail.com

RESUMEN

El manejo eficiente del agua es un asunto de relevancia global en torno al cambio climático, sobre todo para comunidades que no cuentan con abundante recurso hídrico o un servicio de mala calidad. Colombia es un país con abundante pluviosidad, pero poco aprovechamiento de estas aguas, su estrategia de abastecimiento continúa basándose en sistemas de captación de corriente superficial para zonas urbanas, descartando algunas zonas rurales. Se hace necesario entonces aprovechar al máximo las fuentes de este recurso y ayudar a las poblaciones marginadas con fabricación de infraestructura para abastecerlas del afluente. El presente estudio contiene el diseño y construcción de un sistema de cosecha de aguas lluvia adaptada a mobiliario exterior elaborado a partir de consideraciones geométricas comerciales y estudio de sistemas de captación, transporte, almacenamiento, purificación y distribución de agua. También contiene los resultados y experiencia de la adaptación a la comunidad de palmitas en la bocatoma de la vereda la aldea. Los modelos fueron realizados por instructores del sistema de investigación, desarrollo tecnológico e innovación del Sena, y las imágenes presentadas corresponden a diseños conceptuales y a construcción de modelos provisionales del prototipo final. Este proyecto nace de la preocupación del cuerpo académico por contar con instrumentos de apoyo a la a la formación en cambio climático y desarrollo sostenible.

Palabras claves: Cosecha de aguas lluvias, filtración, parasol, mobiliario, purificación.



El agua es considerada como el recurso natural más crítico del mundo, la adaptación al cambio climático tiene que ver sobre todo con el agua.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el agua es considerada como el recurso natural más crítico del mundo, la adaptación al cambio climático tiene que ver sobre todo con el agua, debido a que es el principal medio a través del cual se afecta a los ecosistemas de la tierra, la vida de toda especie y el bienestar de las personas, la escasez de este líquido vital sigue siendo una amenaza importante para la pobreza, la mitigación del hambre y el desarrollo sostenible. En la actualidad los cambios de patrones de las precipitaciones y las temperaturas extremas afectan la disponibilidad de los recursos hídricos mediante cambios en la distribución de las lluvias. Actualmente, se calcula que aproximadamente 2.400 millones de personas en el mundo (es decir, el 36% de la población mundial) están enfrentando escasez de agua (IFPRI, 2012) y la escasez de agua es más crítica en los países en desarrollo. Naciones Unidas (2013) informó que para 2050 la población mundial alcanzará los 9.600 millones; Alrededor del 70% de esas poblaciones vivirían en zonas urbanas (FAO, 2009). Para servir a esta enorme población, la demanda de agua en los sectores doméstico, de riego e industrial se amplificará en todo el mundo (Pohle et al., 2012; Jakimavičius y Kriaučiūnienė, 2013; Price et al., 2014). Varios estudios (p. Ej., OCDE, 2012, Haque et al., 2014, Wang et al., 2015) predicaron que para el 2050 la demanda mundial de agua aumentaría en un 55% y esta creciente demanda de agua haría más escasos los recursos hídricos naturalmente limitados. Además, se ha previsto que alrededor del 52% de la población mundial estaría expuesta a graves déficit de agua para 2050 si no se adoptan medidas adecuadas de adaptación y mitigación para abastecerse de nuevos suministros de agua (IFPRI, 2012).

En países desarrollados y en vías de desarrollo se debe mejorar la gobernanza mundial de agua y el saneamiento de la misma, sobre la aplicación de los objetivos establecidos en la Asamblea General de las Naciones Unidades el 21 de diciembre de 2016, titulada "Decenio Internacional para la Acción: Agua para el Desarrollo Sostenible 2018-2028".

La recolección de agua lluvia (RWH) se remonta a milenios, el nivel de implementación varía mucho en todo el mundo. Considerables estudios se han realizado globalmente demostrando que los sistemas de recolección de aguas lluvias consisten en la concentración, recolección, almacenamiento y tratamiento del agua lluvia de los techos, reservorios, tanques, micro captación y otras superficies para el uso in situ. Las tecnologías que se están utilizado para el tratamiento del agua de lluvia incluyen: Membranas de nanofibras de polivinilo (alcohol) (PVA), sistemas de filtración de carbón activado y de lenta filtración, desinfección solar (SODIS), pasteurización solar y cloración (Chapman et al., 2008, De Kwaadsteniet et al., 2013, Abraham et al., 2015, Dobrowsky et al., 2015a).

Por este motivo resulta imperativo adaptarse a la creciente variabilidad y cambios del clima mediante una mejor gestión del agua, analizando el ciclo de vida (CV), desarrollando sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas pluviales; determinando la capacidad óptima de los tanques de almacenamiento y los filtros para el tratamiento y su potabilización.

Es por este motivo que el Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción desea diseñar y elaborar un sistema de cosecha de aguas de lluvia, que a su vez cumpla servicios habitacionales en la forma de mueble exterior comedor con parasol. Este dispositivo ayudará a ampliar la experiencia del centro en temas de adaptación al cambio climático y desarrollo sostenible, y será un instrumento de educación para aprendices y comunidades sobre el abastecimiento y tratamiento del agua de lluvia, de manera sencilla, económica y eficaz. El prototipo podrá ser replicable y podrá ser instalado de manera permanente dentro de las comunidades.

2. METODOLOGÍA

Figura 1. Esquema del proceso metodológico.

Prototipo :

Para el desarrollo del prototipo, se tuvieron en cuenta las siguientes características: bajo costo, ergonomía, facilidad de uso y eficiencia. Se desarrolló con tubería de acero galvanizada, tubería pvc y material mineral de diferentes granulometrías, carbón activado, antracita.

Cosecha de aguas :

La secuencia de procesos en la cosecha de aguas se ilustra en la figura No 1. El diseño del dispositivo se muestra en la figura No 2.

Figura 2. Secuencia de Procesos en la cosecha de aguas de lluvia

Figura 3. Prototipo cosecha de aguas lluvia

• Captación:

Este sistema consta de un toldo con diferentes configuraciones, que lo hacen muy práctico para adaptarse a diferentes situaciones. Cuando hay viento el mástil se desbloquea y gira sobre sí mismo evitando caídas y vuelcos, haciendo posible que haya más seguridad. Cuenta con un sistema de rotación inteligente que le permite abrirse y cerrarse fácilmente.

• Transporte:

Este sistema consta de un ducto en pvc que conduce el agua recolectada en el toldo al sistema de filtración. Luego del paso por el filtro el agua es conducida al sistema de almacenamiento.

• Almacenamiento:

Este sistema consta de un recipiente que recepciona el agua filtrada para una posterior distribución y manejo.

Pruebas:

Se tomaron algunas muestras representativas durante los meses de mayor pluviosidad en Colombia: marzo, agosto y octubre de 2017. Los sitios elegidos fueron la zona de patios del Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción, la zona exterior de Tecnoacademia y las cuencas de la toma de agua de las plantas de chachafruto y la aldea San Sebastian de Palmitas corregimiento de Medellín. La diferencia en el número de muestras de aguas lluvia del centro y Tecnoacademia vs la toma de la cuenca se debe al cambio del clima. Sobre dichas muestras, se determinaron valores de pH, color y turbiedad, conductividad, salinidad, y oxígenos disueltos en el Laboratorio de química, de Tecnoacademia, Centro para el desarrollo del hábitat y la construcción, sede Medellín, siguiendo los procedimientos indicados en los métodos estándar. Con el fin de evaluar el posible manejo de las aguas de escorrentía para consumo humano, se revisaron estándares de calidad y documentos relacionados, a nivel nacional (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984; Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007). Dichos estándares y documentos proponen una calidad mínima del agua recolectada para potabilización del agua en base a parámetros microbiológicos y fisicoquímicos. Tras realizar algunas pruebas microbiológicas para la determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria, como coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos bajo el análisis del método Petrifilm de 3M. No se realizaron pruebas con el propósito de identificar la influencia del tipo de tejado, de la variabilidad de los eventos lluviosos y del tipo de zona urbana, sobre la calidad del agua muestreada.

Apropiación del conocimiento:

Se hará aplicación del dispositivo permanente en la comunidad de la aldea en Palmitas corregimiento de San Jerónimo.

Se harán reuniones con la población explicando los detalles de construcción, instalación y mantenimiento del prototipo.

3. RESULTADOS

Inicialmente se elabora el plan de operación, definiendo un cronograma de actividades para seguimiento en obra. Se fabricaron diferentes prototipos de filtro y parasol, utilizando elementos de la vida cotidiana descritos en la metodología para captación de aguas lluvia. Las figuras No 4, 5 muestran los prototipos, también se observa un prototipo de captación en huerta.

Figura 4. Diseño prototipo implementado.

Figura 5. Diseño de parasol.

En el transcurso de la investigación, por problemas de contaminación de las muestras, por continuidad de la pluviosidad de la zona y la cuenca, y por beneficio para la comunidad se toma como decisión analizar, únicamente las muestras del corregimiento de Palmitas. La figura No 6 muestra la zona de la cuenca que se intervino para tomar muestras.

Figura 6. Imágenes aéreas de la zona donde se toman las muestras.

Para el estudio se revisaron y acogieron todos los documentos pertinentes al marco jurídico y legislación dispuesto para el manejo, clasificación y uso eficiente del agua, en los siguientes documentos: la constitución política de 1991, la ley 373 de 1997 en sus artículos 2, 3 y 9, la ley 142 de 1994, el decreto 302 de 200, 3930 de 200, 1575 de 2007, 1541 de 1998, 2811 de 1984, y la resolución 4716 de 2010.
Según la normatividad, para consumo humano, las características químicas deben cumplir con valores de color en 15 UPC, turbiedad 15 UNT y olor aceptable. En las figuras No 7, 8, 9 el afluente que pasa por el filtro mejora la turbiedad y el color, pero no cumple con las condiciones de calidad para que el agua pueda ser consumida por los humanos. Para el pH también hay un cambio mínimo, pero describe que algunos elementos químicos se detienen en los sustratos de carbón activado, material particulado y antracita. Las pruebas de salinidad, conductividad y oxígenos disueltos conservan los mismos los mismos valores, no hay una influencia en su filtración ya que dependen netamente de nutrientes y el oxígeno que capture el afluente en su desplazamiento por la zona.

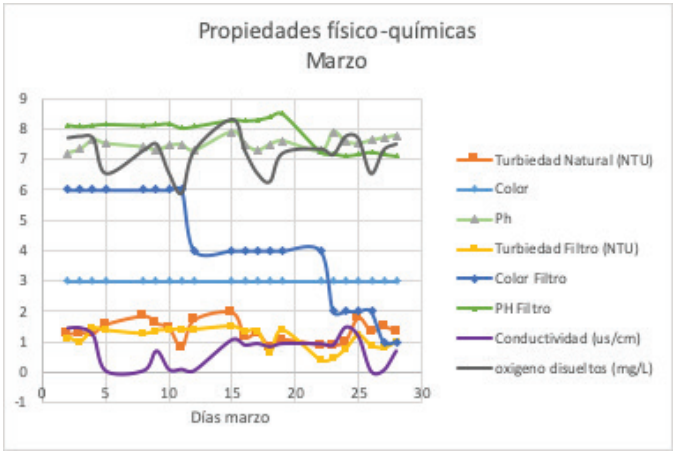


Figura 7. Propiedades físico químicas mes de marzo.

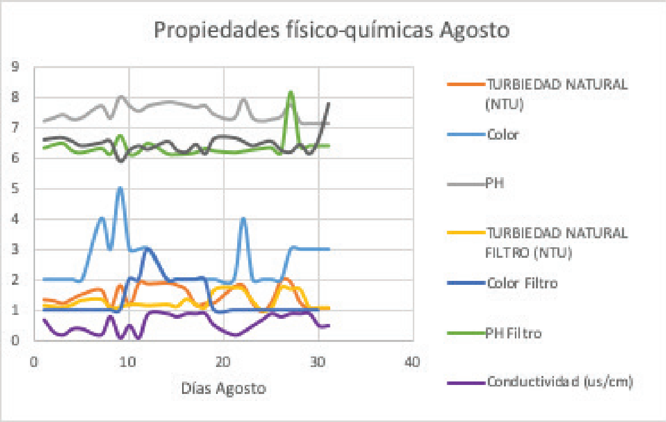


Figura 8. Propiedades físico químicas mes de agosto.

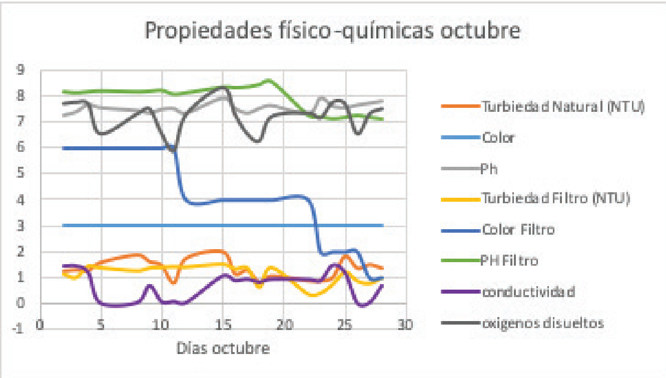


Figura 9. Propiedades físico químicas mes de octubre

En las pruebas microbiológicas los parámetros para no se puede medir la cantidad de colonias presentes en las muestras tanto para mesófilos como para escherichia coli, tal como se observa en la figura No 10, el crecimiento de colonias es tan alto que no se puede tener una unidad formadora de medida para emplearla en la contabilización de las colonizaciones. La mayoría de las muestras tiene mucha contaminación y el recuento de la unidad formadora a nivel macro y micro se hace imposible, el agua está muy poblada. Para las condiciones del medio, temperatura y tiempo del nutriente hay mucha cantidad microbiana.

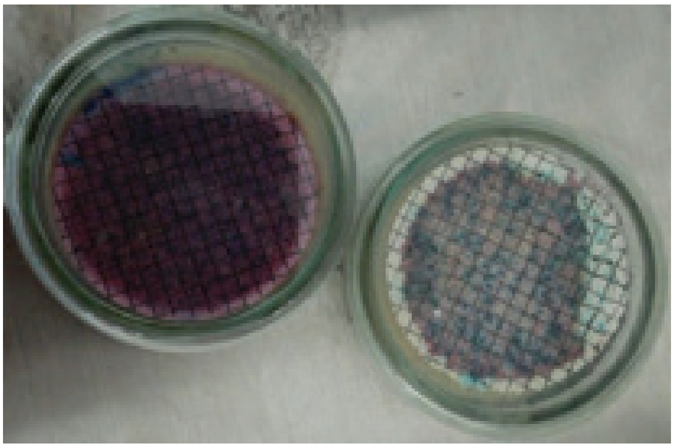
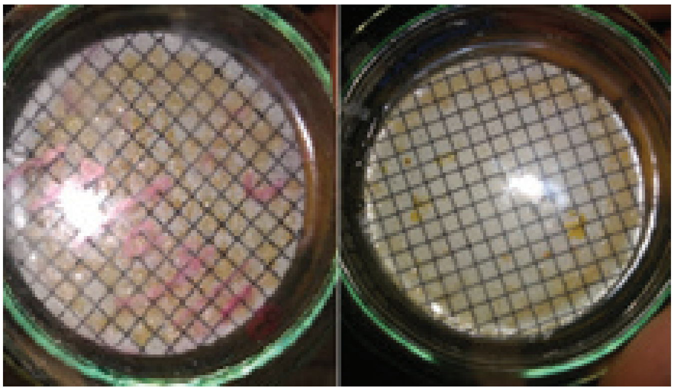


Figura 10. Figura No 10: Prueba microbiológica general de aguas.

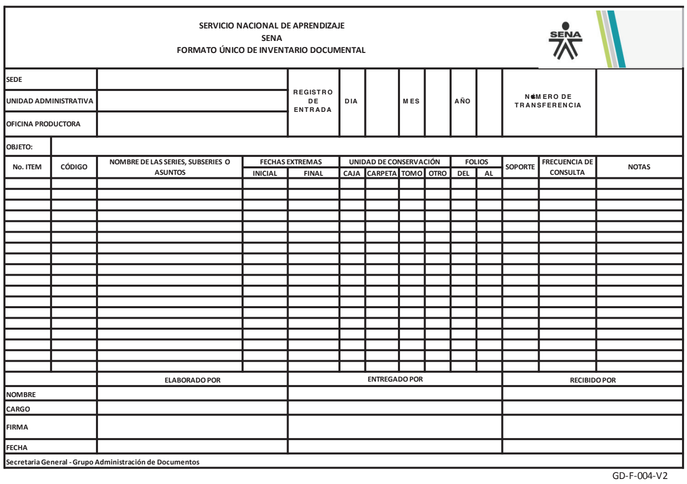
**presencia de escherichia coli*



**presencia de mesófilos*

Los resultados de calidad de aguas obtenidos en todos los casos, tienen como consecuencia que no se puede determinar la efectividad del filtro, o no por lo menos, para hacer viable el consumo de la misma. El agua no se puede descontaminar por medios naturales y se debe pasar a una etapa de cloración tal como se describe en el estado del arte pero que no hace parte de la investigación.

Figura 11. folleto campaña de sensibilización.


SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
SENA
FORMATO ÚNICO DE INVENTARIO DOCUMENTAL

SEDE
UNIDAD ADMINISTRATIVA
OFICINA PRODUCTORA
REGISTRO DE ENTRADA | DIA | MES | AÑO | NÚMERO DE TRANSFERENCIA
OBJETO:

No. ITEM	CÓDIGO	NOMBRE DE LAS SERIES, SUBSERIES O ASUNTOS	FECHAS EXTREMAS INICIAL	FECHAS EXTREMAS FINAL	UNIDAD DE CONSERVACIÓN CAJA	CARPETA	TOMO	OTRO	FOLIOS DEL	AL	SOPORTE	FRECUENCIA DE CONSULTA	NOTAS

	ELABORADO POR	ENTREGADO POR	RECIBIDO POR
NOMBRE			
CARGO			
FIRMA			
FECHA			

Secretaría General - Grupo Administración de Documentos
GD-F-004-V2

Figura 12. Formato sistema de gestión.

Se desarrolla el protocolo de comunicación siguiendo los lineamientos de comunicación del SENA, seleccionando los canales de difusión impresos y virtuales, y los destinatarios del protocolo, en la figura No 11 se observa el folleto de comunicación.

Se desarrolla el protocolo de gestión documental siguiendo los lineamientos del SENA, en el proceso se realizan los formatos de etiquetado, reporte, registro, control y frecuencia de monitoreo, y se respetan y acogen los formatos de inventario y actas de reunión. En la figura No 12 se observan algunos de los formatos.

4. CONCLUSIONES

- Las muestras analizadas del afluente del corregimiento de Palmitas arrojaron un alto porcentaje de microorganismos indicadores de calidad sanitaria, evidenciando una gran cantidad de contaminación y el peligro para la salud por su consumo. Las causas de la contaminación se determinan por las actividades distribuidas en ganadería y agricultura.

- Se observan altas variabilidades en la calidad de las aguas de escorrentía sobre tejados y cuencas. Adicionalmente, los resultados varían en función de los materiales de los techos y zonas.

- De los resultados, se concluye que no puede ser utilizada para consumo humano, aún con el tratamiento que se hace por el sistema de filtración. Podría ser adaptada para ser utilizada como fuente alternativa para satisfacer algunos usos domésticos, como vaciado de sanitarios y de orinales o lavado de pisos y fachadas.

- A futuro, aquellas muestras en las que se detectó mejor calidad podrían estar asociadas a épocas de lluvias y, por consiguiente, se podría plantear una caracterización más fina y prolongada en el tiempo para dar usos restringidos a esas aguas.

- Los resultados presentados ponen en evidencia la necesidad de tener en cuenta la calidad de las aguas lluvias, para formular políticas y reglamentaciones tendientes a proteger su uso, como se hace respecto a la agricultura urbana. ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez.

- Los resultados microbiológicos demuestran que en ninguna de las configuraciones de los filtros se ha obtenido reducción de la presencia de patógenos perjudiciales para el consumo humano.

5. REFERENCIAS

Ataur, R., Keane, J., & Monzur, A. I. (2012).
Rainwater harvesting in Greater Sydney: Water savings, reliability and economic benefits. Resources, Conservation and Recycling, 61, 16-21. [Links]

Gikas, G. D., & Tsihrintzis, V. A. (2012).
Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. Journal of Hydrology, 466-467, 115-126. [Links]

Diseño y construcción de un sistema recolector de aguas lluvias para el módulo eco sostenible de la fundación kyrios (centro de restauración).
http://scienceresearch.com/scienceresearch/link

Proyecto de Desarrollo Rural Integral Sostenible en la Provincia de Chimborazo (Proyecto Minka Sumak Kawsay), Guía Técnica Para Cosechar el Agua de Lluvia, opciones técnicas para la agricultura familiar en la sierra, Ecuador, Marzo de 2015

Proyecto regional de cosecha de agua de lluvia para cuatro paises de la region centroamericana" POG y POA, Fondo de Cooperación para el Agua y Saneamiento
http://www.cooperacionespanola.es/es/evaluacion-proyecto-regional-cosecha-de-agua-de-lluvia-para-los-cuatro-paises-de-la-region

Juaréz Marta, Colombia, Premian Proyecto "Cosecha de Agua Lluvia", 28 de Enero de 2014. Disponible en internet.
http://servindi.org/actualidad/1605

Gendered waters: the participation of women in the 'One Million Cisterns' rainwater harvesting program in the Brazilian Semi-Arid región Moraes A Rocha C, Journal of Cleaner Production 2013 vol: 60 pp: 163-169
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652613001492

Rainwater harvesting in the United States: a survey of common system practices.
Thomas R Kirisits M. Lye D. Kinney K. Journal of Cleaner Production 2014 vol: 75 pp: 166-173
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652614003060

Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater
Gikas G. Tsihrintzis V. Journal of Hydrology 2012 vol: 466-467 pp: 115-126 http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169412006993

Rainwater treatment in airports using slow sand filtration followed by chlorination: Efficiency and costs. Moreira Neto R, Calijuri M, Carvalho I, Santiago A. Resources, Conservation and Recycling 2012 vol: 65 pp: 124-129
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344912000857

Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland
Li Z Boyle F, Reynolds A, Desalination 2010 vol: 260 (1-3) pp: 1-8
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011916410003504

Environmental analysis of a domestic rainwater harvesting system: A case study in France
Vialle C, Busset G, Tanfin L, Montrejaud-Vignoles M, Huau M, Sablayrolles C. Resources, Conservation and Recycling 2015 vol: 102 pp: 178-184
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344915300574

Rainwater harvesting and management in rainfed agricultural systems in sub-Saharan Africa – A review. Biazin B, Sterk G, Temesgen M, Abdulkedir A, Stroosnijder L. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C 2012 vol: 47-48 pp: 139-151
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S147470651100235X

Water quality and public health risks associated with roof rainwater harvesting systems for potable supply: Review and perspectives. Gwenzi W, Dunjana N, Pisa C, Tauro T, yamadzawo G. Sustainability of Water Quality and Ecology 2015 vol: 6 pp: 107-118
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212613915000070

Water Harvesting and Water Collection Systems in Mediterranean Area. The case of Malta
Reitano R. Procedia Engineering 2011 vol: 21 pp: 81-88
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705811048247

Reliability Analysis of Rainwater Harvesting Systems in Southern Italy. Notaro V, Liuzzo L, Freni G. Procedia Engineering 2016 vol: 162 pp: 373-380
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705816333860

Impacts of domestic and agricultural rainwater harvesting systems on watershed hydrology: A case study in the Albemarle-Pamlico river basins (USA). Ghimire S, Johnston J. Ecohydrology & Hydrobiology 2013 vol: 13 (2) pp: 159-171
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1642359313000116

Rainwater harvesting in South Africa: Challenges and opportunities. Mwenge Kahinda J, Taigbenu A. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C 2011 vol: 36 (14-15) pp: 968-976
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474706511002002

Rainwater harvesting systems for low demanding applications. Sanches Fernandes L. Terêncio D, Pacheco F. Science of The Total Environment 2015 vol: 529 pp: 91-100
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969715301200

Evaluation of climate change impacts on rainwater harvesting. Haque M, Rahman A, Samali B. Journal of Cleaner Production 2016 vol: 137 pp: 60-69
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965261630926X

Rainwater harvesting and conservation tillage increase maize yields in South Africa. Botha J, Anderson J, Van Staden P. Water Resources and Rural Development 2015 vol: 6 pp: 66-77
http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212608215000030

Solar water disinfection (SODIS):
A review from bench-top to roof-top. McGuigan K, Conroy R, Mosler H, Preez M, Ubomba-Jaswa E, Fernandez-Ibañez P. Journal of Hazardous Materials
2012 vol: 235 pp: 29-46

Self-cleaning filtration:
A novel concept for rainwater harvesting systems. Silva Vieira A, Weeber M, Ghisi E. Resources, Conservation and Recycling 2013 vol: 78 pp: 67-73

A comprehensive analysis of blue water scarcity from the production, consumption, and water transfer perspectives. Liu J, Wang Y, Yu Z, Cao X, Tian L, Sun S, Wu P. Ecological Indicators 2017 vol: 72 pp: 870-880

Seeking urbanization security and sustainability: Multi-objective optimization of rainwater harvesting systems in China. Li Y, Ye Q, Liu A, Meng F, Zhang W, Xiong W, Wang P, Wang C
Journal of Hydrology 2017 vol: 550 pp: 42-53

The impact of domestic rainwater harvesting systems in storm water runoff mitigation at the urban block scale.
Palla A, Gnecco I, La Barbera P. Journal of Environmental Management
2017 vol: 191 pp: 297-305

Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives
Campisano A. Butler D, Ward S, Burns M, Friedler E, DeBusk K, Fisher-Jeffes L, Ghisi E, Rahman A, Furumai H, Han M. Water Research 2017 vol: 115 pp: 195-209