

Uso de filtros para la purificación del agua lluvia en la ciudad de Pasto

Diego Fernando Calvache Escobar

Jefferson Nicolás Obando Rodríguez

Johan Sebastián Ortiz Lasso

Estudiantes del Programa de Ingeniería Ambiental
Universidad Mariana

Resumen

El presente trabajo de investigación se refiere al tema de la gestión y calidad del recurso hídrico, mediante el aprovechamiento de recursos naturales como la precipitación, empleando tecnologías que permitan purificar el agua pluvial o potabilizarla de ser posible, además, se presenta un panorama sobre el aprovechamiento del agua en Colombia, como respuesta a la problemática de recurso hídrico que se presenta a nivel mundial. La humanidad ha aprovechado el agua lluvia desde sus inicios, y en la actualidad estas prácticas de aprovechamiento siguen vigentes y viene tomando más fuerza. Los sistemas de recolección de aguas lluvias se basan en 4 partes fundamentales: recolección, captación, el interceptor (filtro) y el almacenamiento. En Colombia, la implementación de un sistema de recolección de aguas es muy viable, dado al alto índice de precipitación que cierne sobre el país, puesto que por la zona geográfica en la que se encuentra ubicado se pueden presentar hasta 350 días de lluvia al año. Colombia es un país en vía de desarrollo, con relativamente poca actividad industrial, sin embargo, la legislación ambiental del país no es cumplida con rigor, por esto, zonas como el Valle de Aburra y Bogotá principalmente presentan crisis ambientales en relación a la calidad del aire. Por otro lado, lugares como San Juan de Pasto tienen una de las mejores condiciones ambientales. Lo anterior es un aspecto importante en la implementación de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvia, porque la calidad del aire no influye significativamente en la calidad de agua, en países industrializados esta práctica se torna más complicada, específicamente por

el grado de contaminación que se presenta en el aire, dando lugar en varias ocasiones a lluvia acida. En este orden de ideas, con una mejor calidad del aire, la carga contaminante del agua pluvial será menor.

Palabras clave: aguas pluviales, aprovechamiento, recurso hídrico.

Introducción

Este artículo surge a partir del trabajo de investigación de pregrado titulado *Implementación de filtro para aprovechamiento de aguas pluviales en el corregimiento de Obonuco de la ciudad de Pasto*, cuyo objetivo principal es implementar un sistema de aprovechamiento y tratamiento de aguas pluviales con el fin de conseguir agua apta para consumo humano. Es importante tener en cuenta que, en el ámbito local, la utilización de aguas lluvias es prácticamente nula. Por lo tanto, el desarrollo de un proyecto con estas características impulsaría el desarrollo de actividades relacionadas con el aprovechamiento de agua lluvia en la región. El trabajo de investigación se desarrolló en 4 fases, se planteó aspectos fundamentales como la implementación de un sistema de captación de aguas lluvias, así como la implementación y construcción de un filtro que sirva para tratar el agua captada con fines de uso doméstico y una posible potabilización del agua tratada, de igual manera, la viabilidad de la implementación del sistema, teniendo en cuenta las condiciones de la población objeto de estudio.

Objetivos de la investigación

Objetivo General. Evaluar el efecto de la implementación de un SCAPT (sistema de captación de aguas pluvial

en techos) en las aguas pluviales en el corregimiento de Obonuco de la ciudad de Pasto, departamento de Nariño.

Objetivos Específicos:

- Determinar la cantidad y calidad del agua pluvial en la ciudad de Pasto.
- Comparar la eficiencia de remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos entre el filtro cerámico y filtro lento en arena a escala piloto.
- Implementar un SCAPT con la alternativa de filtración más efectiva para el tratamiento agua pluvial con fines de consumo humano en el corregimiento de Obonuco de la ciudad de Pasto.

Diseño metodológico

Inicialmente, se procedió a realizar un diagnóstico de la cantidad y calidad de las aguas pluviales en la ciudad de San Juan de Pasto, para cumplir con este objetivo se desarrollaron actividades como: realizar un estudio meteorológico de precipitación para determinar el volumen de agua al que puede verse sometidos los filtros; por otra parte, conocer las características físicas, químicas y biológicas del agua lluvia a través de pruebas

de laboratorio, donde se determinaron parámetros tales como pH, conductividad, color, sólidos, carbono orgánico total, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, oxígeno disuelto, dureza total, hierro y turbiedad.

Luego se analizó los resultados para así proceder a la realización del diseño del sistema de filtración, donde se determinó los materiales que pueden implementarse para desarrollar el proceso de filtración teniendo en cuenta las características del agua. Por otra parte, con el estudio meteorológico se procedió a dimensionar adecuadamente los filtros según las características volumétricas de precipitación.

Finalmente se evaluó la eficiencia de diferentes configuraciones de filtros y se seleccionó el que presentó la mayor remoción de los parámetros que se encuentran dentro de los límites permisibles para consumo humano. Para ello se evaluó con respecto a la calificación del índice de riesgo de la calidad del agua para el consumo humano IRCA, luego se realizó la caracterización fisicoquímica al agua filtrada en el laboratorio para determinar qué materiales de filtración presentan la mejor remoción de contaminantes (Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007).

Resultados del primer objetivo

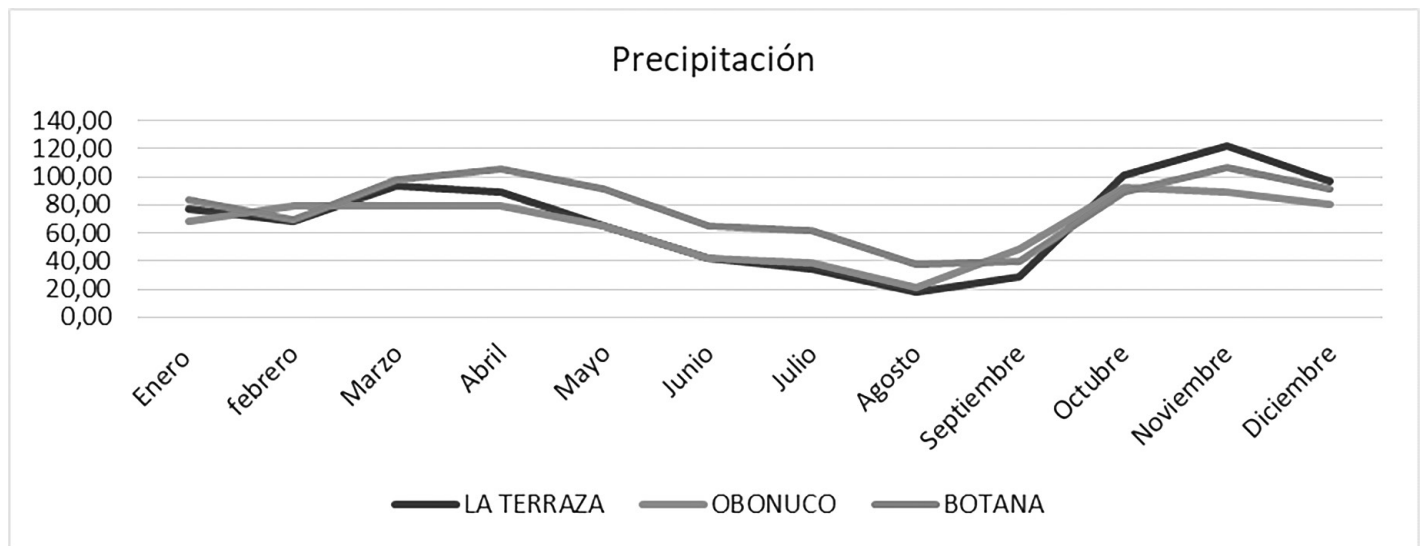


Figura 1. Precipitación media mensual (mm).

La Figura 1 indica el promedio mensual de la precipitación a lo largo de un año, evaluando las estaciones meteorológicas de La Terraza, Obonuco y Botana. Estas estaciones meteorológicas se encuentran rodeando la ciudad de Pasto, lo que permite sacar un promedio zonal de precipitación media en la ciudad. De esta manera, se determinó que los meses más secos del año son julio, agosto y septiembre, y los que presentan mayor cantidad de agua durante el año son octubre y noviembre.

Las tres estaciones indican que la precipitación en todas las zonas de la ciudad de Pasto presentan un comportamiento por temporada similar, sin embargo, la zona más húmeda en la ciudad es la que se encuentra cercana a la estación meteorológica de la Terraza.

Tabla 1. *Parámetros fisicoquímico*

Parámetro	Valor	Unidad	Valor Maximo Permitido
Color Aparente	23.7	UPC	15
Turbiedad	22.9	NTU	2
Conductividad	10.9	μS/cm	1000
pH	7.18		7-9
COT	11.3	mg/L	5
Dureza Total	235	mg/L	200
OD	7.05	mg/L	

La Tabla 1 indica los valores obtenidos en la caracterización del agua, mediante diferentes prácticas de laboratorio, lo que permitió determinar estos valores. Los parámetros que están por encima del valor máximo permisible, reguladas según el Decreto 1575 de 2007, son: color aparente, turbiedad, carbono orgánico total y dureza.

Al tratarse de un agua que tiene contacto directo con canaletas o tejados antes de caer al suelo, es normal que parámetros como el color aparente, la turbiedad y el carbono orgánico total aumente, causa de todos los sedimentos, microorganismos y en algunos casos heces de ciertos animales como las palomas. La combinación de todo esto aumenta la carga orgánica del agua elevando el carbono orgánico total y el arrastre de sedimento vuelve el agua oscura, aumentando su turbiedad y su color aparente.

Resultados del segundo objetivo

Tabla 2. *Resultados de parámetros medidos con las dos configuraciones de filtro*

	Filtro Cerámico			Filtro lento en arena		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3
Color Aparente (UPC)	2,03	2,09	2,31	2,11	1,18	1,85
Turbidez (NTU)	1,18	1,02	1,05	1,02	1,03	1,05
Alcalinidad Total (mg/L)	24,6	27,9	22,5	15,6	17,8	18,6
pH	7,21	7,32	7,06	7,74	7,56	7,39
COT (mg/L)	7,8	6,9	7,2	5,6	6,8	6,5
Dureza Total (mg/L)	0	0	0	0	0	0
Nitratos (mg/L)	1,3	1,6	1,2	1,5	1,8	1,6
Nitritos(mg/L)	0,002	0,005	0,002	0,5	0,004	0,008
Aluminio (mg/L)	0,04	0,1	0,06	0,1	0,05	0,06
Fluoruros (mg/L)	0	0	0	0	0,1	0,01
Calcio (mg/L)	57	65	48	47	54	41
Fosfatos (mg/L)	0,01	0,004	0,002	0,02	0	0
Magnesio (mg/L)	13	15	17	12	11	15
Manganeso (mg/L)	0	0,005	0	0,004	0	0,1
Zinc (mg/L)	0,008	0	0,001	0,001	0,003	0
Sulfatos (mg/L)	0,07	0,02	0,015	0,16	0,3	0,25
Hierro Total (mg/L)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2
Cloruros (mg/L)	1,9	2,5	2,1	3,16	3,8	2,9
Coliformes Totales (0 microorganismos en 100 cm3)	0	0	0	0	0	0
Escherichia Coli (0 microorganismos en 100 cm3)	0	0	0	0	0	0

La Tabla 2 indica los valores obtenidos de la muestra objeto de estudio después de ser filtrada por las dos configuraciones de filtro, filtro lento en arena y filtro cerámico. Las características del agua que se presentaron en los dos filtros fueron muy favorables, pues ningún parámetro de agua sobrepasa el máximo permitido por la Resolución 2115 de 2007.

Según lo anterior, ninguna de las muestras evaluadas presenta algún tipo de peligro a la salud, catalogándola como un agua de IRCA igual a cero unidades, es decir, "Sin riesgo". Teniendo en cuenta que los dos tipos de filtro cumplen con la normativa en su totalidad, se realizó la comparación estadística de las muestras.

De igual manera, se desarrolló un análisis estadístico de varianza, tomando los 5 principales parámetros que representan un riesgo en el agua para consumo, con el fin de determinar que filtro debe ser el escogido para llevar a cabo el tratamiento. Con base en lo anterior, se tomó como parámetros de selección: color, turbiedad, coliformes totales y fecales, y nitritos.

Tabla 3. Análisis de varianza

Color					
RESUMEN					
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	
Filtro Cerámico	3	6,43	2,14333333	0,02173333	AB
Filtro lento en arena	3	5,14	1,71333333	0,23023333	AA
Turbidez					
RESUMEN					
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	
Filtro Cerámico	3	3,25	1,08333333	0,00723333	AB
Filtro lento en arena	3	3,1	1,03333333	0,00023333	AB
Nitritos					
RESUMEN					
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	
Filtro Cerámico	3	0,009	0,003	0,000003	AB
Filtro lento en arena	3	0,512	0,17066667	0,08134933	AA

En relación a las coliformes, no es necesario realizar una comparación estadística, pues ninguna de las dos muestras de los filtros tuvo presencia de coliformes fecales o totales, de esta forma en cualquiera de los filtros el agua estaría libre de estos agentes patógenos.

En la Tabla 3 se observa que el filtro lento en arena presenta mejores parámetros en las características de selección, en cuanto a color y nitritos sus valores no presentan un p valor menor a 0.005, lo que determina que los datos no presentan una varianza significativa, siendo así, los datos del filtro cerámico son una hipótesis rechazada y no serán tenidos en cuenta, por el contrario, en cuanto a la turbidez, los dos tipos de filtro presentan varianza significativa, en consecuencia, se procedió a seleccionar el filtro que presente un valor promedio menor, el cual es en este caso el filtro lento en arena.

Teniendo en cuenta que el SCAPT y el tipo de filtro son enfocados a una comunidad vulnerable, se consideró no solo el tratamiento del agua, también los costos de construcción del filtro.

Tabla 4. Presupuesto para la construcción de filtros

Filtro lento en arena		Filtro cerámico	
Construcción		Construcción	
Materiales	Precio	Materiales	Precio
Tanque	\$ 150.000	Tanque	\$ 120.000
Arenas	\$ 20.000	Caolín de alta pureza	\$ 50.000
Piedra	\$ 10.000	Aserrín	\$ 10.000
Conexiones, tubería y empaques	\$ 30.000	Proceso de cocción de la cerámica	\$ 60.000
		Conexiones, tubería y empaques	\$ 30.000
Total	\$ 210.000	Total	\$ 270.000

Según lo observado en la Tabla 4, el valor de construcción del filtro lento en arena es más favorable que el del filtro cerámico, los valores fueron tomados de la experiencia de la construcción de los filtros que se llevó a cabo para realizar la caracterización del agua. Es importante también tener en cuenta que, los procesos de mantenimiento y operación de los filtros no tiene dificultades técnicas grandes, por lo cual no se ha tenido en cuenta para la elección del mejor filtro a implementar, sin embargo, cabe resaltar que, en cuanto al filtro lento en arena se debe contemplar el proceso de maduración de la capa biológica, que tarda alrededor de 2 a 3 semanas antes de comenzar a consumir el agua, luego se realiza un raspado periódico de 2 milímetros a la capa superior de arena.

Con relación al filtro cerámico, es necesario tener en cuenta los pesos y volúmenes de caolín, aserrín y arena, necesarios para la construcción del cono de filtración, además, la temperatura de cocción de la mezcla debe ser la adecuada para que éste no presente fisuras o arenosidad excesiva.

Los anteriores fueron los parámetros que se consideró para el proceso de selección del filtro; entonces, por factores económicos y de remoción en ciertos parámetros medidos se demostró que el filtro lento en arena es el adecuado para su instalación.

Resultados del tercer objetivo

Una vez seleccionado el filtro a implementar se procedió con su construcción; el filtro se diseñó con base en la

guía de construcción de un filtro lento en arena de la Cepis (*Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences*), de igual forma, se utilizó los materiales sugeridos en esta guía en la cantidad especificada. El filtro fue construido en el Instituto Municipal Obonuco, para dar abastecimiento a la institución, principalmente en la zona de cafetería.

El filtro requiere de mantenimiento, por lo tanto, se desarrolló un manual para el filtro lento en arena, el objetivo de este manual es establecer los lineamientos a seguir para asegurar la eficiente y oportuna prestación del mantenimiento, generando información detallada y ordenada para la metodología de construcción y monitoreo del filtro, incluye el procedimiento de construcción, criterios para monitoreo, evaluación, y su operatividad y mantenimiento.

Conclusiones

La ciudad de Pasto presenta condiciones meteorológicas que favorecen la recolección de aguas lluvia; según la Figura 1, todos los meses del año hay precipitaciones.

La práctica de recolección de aguas lluvia es una alternativa que no solo permite dar un uso eficiente al recurso en zonas con abastecimiento, sino que, además, permite solucionar problemas en lugares con desabastecimiento de recurso hídrico.

El aprovechamiento de agua lluvia reduciría el número de personas que consumen agua contaminada, bajando de esta forma el número de enfermos, que se asocia a esta causa.

El filtro cerámico y filtro lento en arena son dos alternativas viables para la implementación de SCAPT, ya que ambos filtros presentan remoción de parámetros, sin embargo, es necesario evaluar el contexto para la selección del filtro.

El análisis de varianza es una alternativa que permite dar criterios de selección precisos, especialmente cuando se evalúan alternativas con resultados similares.

La construcción adecuada del filtro lento en arena no solo permite eliminar turbiedad y color del agua, sino que además permite llevar a cabo procesos de desinfección.

Una construcción adecuada del filtro es tan importante como su correcta operatividad y mantenimiento, para esto es importante el desarrollo de un manual de mantenimiento y operación del mismo.

Referencias

Ministerio de la Protección Social-Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución número 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. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf

Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. (2002). Evaluation of the Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences (CEPIS). Recuperado de <http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/21479>

Reyes, M. y Rubio, J. (2014). *Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias* (proyecto de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2089/1/Recoleccion-aguas.pdf>