

Rainwater Improvement Through Treatment Through Granular Activated Carbon, Zeolite and Sand in the City of Cajamarca

Miguel Andrés García Rojas. Bach.¹; Liliana Elizabeth Herrera Vásquez, Bach.²
Kely Elizabeth Núñez Vásquez, Ing.³

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00172086@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00024761@upn.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, kely.nunez@upn.edu.pe

Abstract: *This research is carried out to contribute to obtaining drinking water. The objective was to determine the quality of rainwater through treatment using granular activated carbon, zeolite and sand in the city of Cajamarca. Three types of filters were applied, obtaining the following results: Activated Carbon: Total Coliforms (PM) -98.77%, Escherichia Coli -75.31%, Turbidity (UNT) -84.27%, Hydrogen Potential (PH) +66.38% and Color 0.00 %. Zeolite: Total Coliforms (PM) 0.00%, Escherichia Coli 220.99%, Turbidity (UNT) 176.00%, Hydrogen Potential (PH) +26.00% and Color + 890.00%. Sand: Total Coliforms (PM) -90.00%, Escherichia Coli -55.56%, Turbidity (UNT) +132.80%, Hydrogen Potential (PH) +19.58% and Color +400.00%. Better results were obtained with the Activated Carbon filter, the quality of rainwater improves between 20% and 80%.*

Keywords: *Improvement, filters, water quality, granular activated carbon, zeolite, sand.*

Mejoramiento del Agua de Lluvia Mediante el Tratamiento a Través de Carbón Activado Granular, Zeolita y Arena en la Ciudad de Cajamarca

Miguel Andrés García Rojas. Bach.¹, Liliana Elizabeth Herrera Vásquez, Bach.²
Kely Elizabeth Núñez Vásquez, Ing.³

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00172086@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00024761@upn.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, kely.nunez@upn.edu.pe

Resumen: Esta investigación se realiza para contribuir con la obtención de agua potable. El objetivo fue determinar la calidad de agua de lluvia mediante el tratamiento a través de carbón activado granular, zeolita y arena en la ciudad de Cajamarca. Se aplicaron tres tipos de filtros, obteniéndose los siguientes resultados: Carbón Activado: Coliformes Totales (PM) -98.77%, Escherichia Coli -75.31%, Turbidez (UNT) -84.27%, Potencial de Hidrógeno (PH) +66.38% y Color 0.00%. Zeolita: Coliformes Totales (PM) 0.00%, Escherichia Coli 220.99%, Turbidez (UNT) 176.00%, Potencial de Hidrógeno (PH) +26.00% y Color +890.00%. Arena: Coliformes Totales (PM) -90.00%, Escherichia Coli -55.56%, Turbidez (UNT) +132.80%, Potencial de Hidrógeno (PH) +19.58% y Color +400.00%. Con el filtro de Carbón Activado se obtuvieron mejores resultados, la calidad de agua de lluvia mejora entre 20% y 80%.

Palabras clave: Mejoramiento, filtros, calidad de agua, carbón activado granular, zeolita, arena

I. INTRODUCCIÓN

La población de la ciudad de Cajamarca es provista de agua potable por la Empresa Prestadora de Servicios SEDACAJ S.A., el sistema existente comprende las fuentes del río Grande de Mashcón y río Porcón, los cuales se ubican al norte, y el río Ronquillo (San Lucas) al este [1].

En la ciudad de Cajamarca, en el caso del afluente de la quebrada El Ronquillo, se ha registrado hasta un 70% de disminución del caudal de agua y en el caso del río Porcón, solamente se alcanza a una captación de 30 litros por segundo, situación que se viene dando y genera desabastecimiento de agua potable [2].

La captación, tratamiento y aprovechamiento de agua de lluvia es una tecnología alternativa impulsada por el concepto de desarrollo sustentable, basado en la orientación del cambio tecnológico para garantizar la satisfacción de las necesidades humanas presentes y futuras, con relación a los alimentos, agua, energía, etc. [3].

La filtración puede actuar efectivamente en la remoción de aproximadamente el 99% de las bacterias en el agua [4]. Además, la filtración puede contribuir en la remoción de partículas y contaminantes solubles, como los sólidos suspendidos totales y las grasas [5].

La Filtración por Gravedad, es el método más sencillo y tradicional, la gravedad es la única fuerza impulsora para que el líquido atraviese el filtro [6].

El Filtro de Carbón Activado utiliza como medio filtrante una capa de carbón activado, la misma que retiene la mayoría de los microorganismos contaminantes del agua a tratar. Tiene una alta eficiencia en la purificación del flujo permitiendo un ahorro en tratamientos posteriores, su costo de funcionamiento es relativamente bajo [7].

Las ventajas del Carbón Activado son: [8].

- No se requiere un proceso de separación carbón-agua y la operación en un proceso continuo es muy sencilla.

- Se puede reactivar y reutilizar (la reactivación se realiza en hornos a 700°C)

- En su operación, se promueve la formación de biomasa que degrada la materia orgánica adsorbida y libera los espacios de adsorción, aumentando así la vida útil del carbón activado.

El Filtro de Zeolita presenta como característica relevante, una estructura microporosa que le confiere propiedades adsorbentes y una gran capacidad de intercambio catiónico debido a un desequilibrio de cargas que es función de la relación Silicio y Aluminio. Como propiedades tenemos la porosidad, la adsorción y el Intercambio iónico [9].

El Filtro de Arena es otra forma de filtrar el agua lluvia: es un método de tratamiento de los efluentes ecológicos, sencillo y poco costoso. Su principio consiste en hacer pasar el agua a través de un bloque de arena. Esquemáticamente, los granos de arena forman una capa atravesada por el agua y que detiene por simple efecto de tamizado las partículas de tamaño superior al de los espacios existentes entre dichos granos [7].

La mayor ventaja de esta unidad reside en su simplicidad. El filtro lento sin controlador de velocidad y con controles de nivel mediante vertederos, son muy sencillos y confiables de operar con los recursos disponibles [10].

Requisitos de calidad del agua para consumo humano

Los parámetros de control obligatorio (PCO) Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes: [11].

1. Coliformes totales;
2. Coliformes termotolerantes;
3. Color;
4. Turbiedad;
5. Residual de desinfectante; y
6. PH.

TABLA I

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS PARA EL AGUA POTABLE.

Parámetros	UM	LMP
Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mil a 35°C	0 (*)
E. Coli	UFC/100 mil a 44,5°C	0 (*)
Turbidez	UNT	5
Potencial de Hidrógeno (PH)	Valor de pH	6.5 a 8.5
Color	UCV escala Pt/Co	15

UFC = Unidad formadora de colonias (*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 m
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

UCV = Unidad de color verdadero (platino –cobalto)

Fuente [11]. Anexos I y II

Utilizar agua de lluvia es una forma de protección del medio ambiente, debido a que se produce una reducción en el costo energético que implica el uso de tecnologías de potabilización, desalinización o transporte de agua, no requiere procesos para su purificación, permite prescindir de las reservas de agua potable, alargando su disponibilidad y con ello ahorrando en el consumo, se evita la sobreexplotación de las fuentes hídricas y finalmente permite el ahorro de productos de desinfección como detergentes y suavizantes en actividades de lavado [12].

Ante la problemática descrita, se plantea la pregunta de investigación ¿El proceso de filtración a través de carbón activado granular, zeolita y arena mejorará la calidad de agua de lluvia en la ciudad de Cajamarca?, llevando a la formulación de los siguientes objetivos, como objetivo general definir la calidad de agua de lluvia mediante el tratamiento a través de carbón activado granular, zeolita y arena en la ciudad de Cajamarca, como objetivo específico uno definir la calidad del agua de lluvia a través del análisis físico químico y microbiológico, objetivo específico dos definir la calidad del agua de lluvia luego

del proceso de filtrado con Carbón Activado, objetivo específico tres, definir la calidad del agua de lluvia luego del proceso de filtrado con Zeolita, objetivo específico cuatro definir la calidad del agua de lluvia luego del proceso de filtrado con Arena, objetivo específico cinco efectuar el análisis físico químico y microbiológico del agua de lluvia luego del proceso de filtración, objetivo específico seis definir con qué filtro se tiene mejor resultado y objetivo específico siete definir el Análisis de Precios Unitarios por cada tipo de filtro, teniendo como hipótesis el proceso de filtración a través de carbón activado granular, zeolita y arena mejoran en un 20% la calidad de agua de lluvia en la ciudad de Cajamarca.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Según, el enfoque o naturaleza del estudio es del tipo cuantitativo, debido a que se trabajará con las mediciones de la calidad de agua de lluvia realizadas por el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, antes y después del proceso de filtración.

Según el alcance el tipo de investigación es descriptiva, debido a que se explicaran propiedades y características importantes del proceso realizado, así como correlacional, debido a que se especificará si existe una relación de los parámetros de la calidad de agua de lluvia con el proceso de filtración.

Según el tipo de diseño es investigación experimental, debido a que la investigación se realiza manipulando las variables del proceso de filtración, mejorando la calidad de agua de lluvia.

La unidad de estudio es la calidad de agua de lluvia de la ciudad de Cajamarca.

La Población de la presente investigación es el agua de lluvia de la ciudad de Cajamarca.

Para obtener la cantidad o número de muestras se consideró el método no probabilístico a conveniencia de los investigadores, considerándose diecinueve (19) muestras, es decir una (1) muestra sin filtrar y seis (6) muestras por cada tipo de filtro

A. Relación de materiales.

TABLA II

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

Materiales	Cantidad
Barril plástico de 80 litros	1
Llave de paso PVC C/R 1/2"	1
Tubería de 1/2"	0.5 m
Adaptador de 1/2" con rosca	1
Cinta teflón	0.3
Pegamento para PVC	0.3
Grava 3/4"	0.025 m ³
Gravilla 1/4"	0.013 m ³
Carbón Activo	0.038 m ³

Piedra mediana 1 a 2" 0.019 m³

Fuente: Adaptado de [8].

TABLA III

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO DE ZEOLITA

Materiales	Cantidad
Barril plástico de 80 litros	1
Llave de paso PVC C/R 1/2"	1
Tubería de 1/2"	0.5 m
Adaptador de 1/2" con rosca	1
Cinta teflón	1
Pegamento para PVC	0.3
Zeolita	0.038 m ³
Gravilla ¼"	0.013 m ³
Grava ¾"	0.025 m ³

Fuente: Adaptado de [12].

TABLA IV

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO DE ARENA

Materiales	Cantidad
Barril plástico de 80 litros	1
Llave de paso PVC C/R 1/2"	1
Tubería de 1/2"	0.5 m
Adaptador de 1/2" con rosca	1
Cinta teflón	1
Pegamento para PVC	0.3
Grava ¾"	0.010 m ³
Gravilla ¼"	0.006 m ³
Arena 0.55 a 0.45 mm	0.063 m ³
Paquete de algodón	0.004 m ³

Fuente: Adaptado de [10] y [13]

B. Procedimientos de elaboración de filtros.

Procedimientos para Elaboración del Filtro de Carbón Activado

Paso 1: Se adquirió un contenedor plástico de 80 litros.

Paso 2: Se adquirieron los materiales para la confección del filtro de carbón activado, de acuerdo a la Tabla II y el Carbón Activado WT480CS especificado para la filtración de agua.

Paso 3: Se procedió a elaborar el filtro de carbón activado adaptándose el perfil propuesto por [8], según el siguiente detalle: piedra mediana e=0.20m, gravilla e=0.10m, carbón activado=0.30m, piedra mediana=0.15m. En la Figura 1 se muestra el perfil.

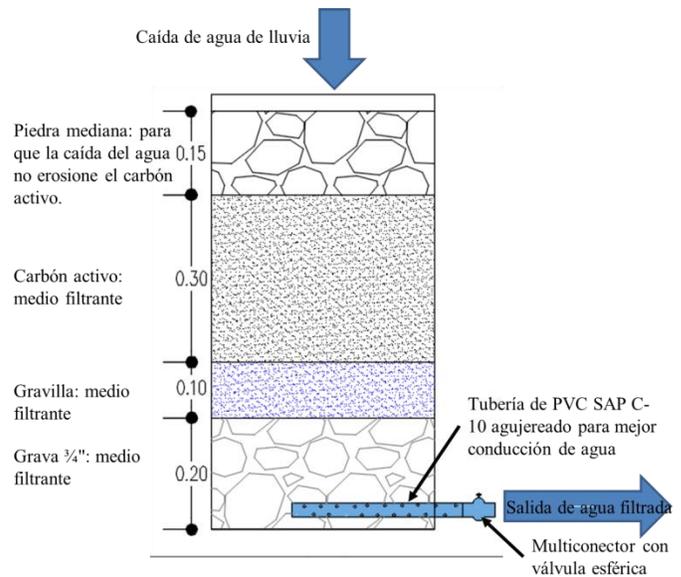


Fig. 1 Perfil del filtro de Carbón Activado

Procedimientos para Elaboración del Filtro de Zeolita

Paso 1: Se adquirió un contenedor plástico de 80 litros.

Paso 2: Se adquirieron los materiales para la confección del filtro de zeolita, de acuerdo a la Tabla III y la Zeolita 12-20, especificado para la filtración de agua.

Paso 3: se procedió a elaborar el filtro de Zeolita adaptándose el perfil propuesto por [12], según el siguiente detalle: La primera capa de grava que funciona como soporte del resto de capas es de 20 cm, la segunda capa de gravilla mide 10 cm de espesor y por último tenemos la capa de zeolita de 30 cm de espesor. En la Figura 2 se muestra el perfil.

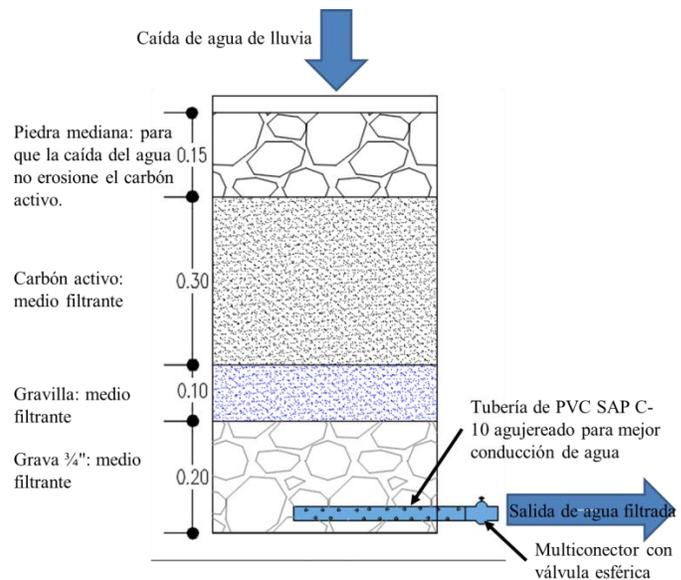


Fig. 2 Perfil del filtro de Zeolita

Procedimientos para Elaboración del Filtro de Arena

Paso 1: Se adquirió un contenedor plástico de 80 lts.

Paso 2: Se adquirieron los materiales para la confección del filtro de arena, de acuerdo a la Tabla IV y la Arena especificada para la filtración de agua, con una granulometría aproximada entre 0.55 a 0.45 mm

Paso 3: se procedió a elaborar el filtro de arena adaptándose el perfil propuesto por [10], según el siguiente detalle: grava $e=0.08m$, gravilla $e=0.05m$, arena de río $=0.50m$, asimismo según [13], se consideró una faja de algodón $e=0.03m$. En la Figura 3 se muestra el perfil.

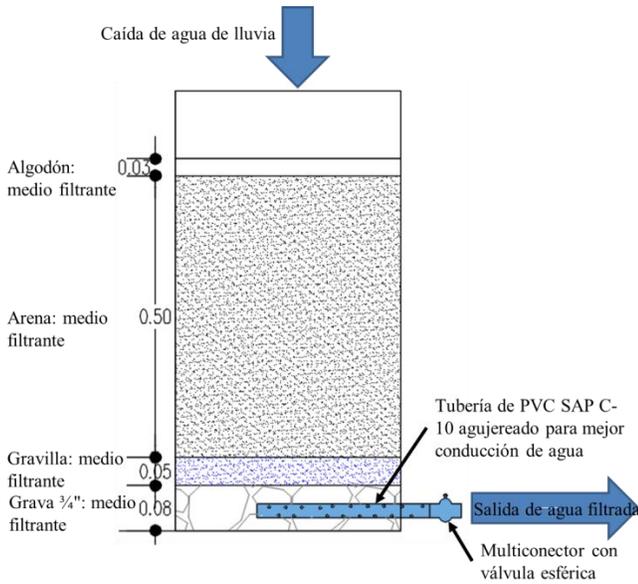


Fig. 3 Perfil del filtro de Arena

C. Procedimiento de recolección de datos.

Para la recolección de los datos se realizará el siguiente procedimiento: [14].

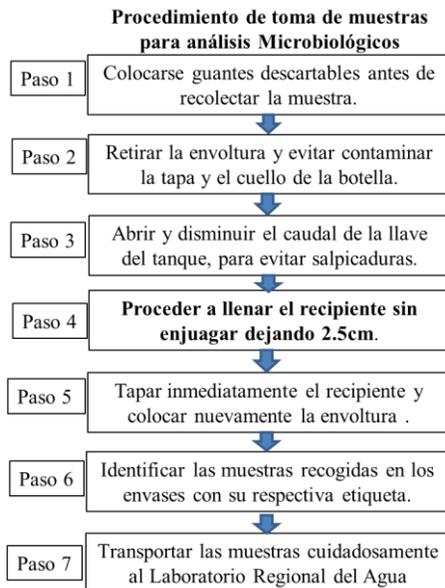


Fig. 4 Procedimientos para Análisis Microbiológicos

Procedimiento de toma de muestras para análisis Físicoquímicos

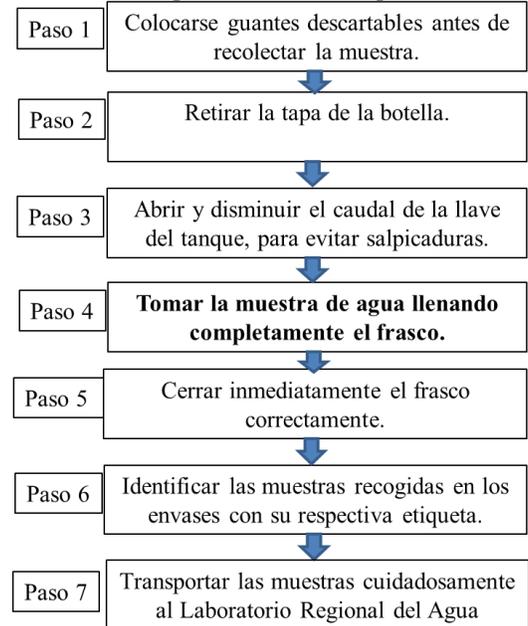


Fig. 5 Procedimientos para Análisis Físicoquímico

Se utilizaron los resultados de las mediciones de la calidad de agua de lluvia proporcionadas por el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, antes y después del proceso de filtración.

D. Procedimiento de Tratamiento y Análisis de Datos Análisis Estadístico de datos obtenidos

Para realizar el análisis de los datos cuantitativos, se utilizó el programa Microsoft Excel.

Paso 1: Se elaboraron tres tablas de los resultados obtenidos por cada filtro, Carbón Activado, Zeolita y Arena.

Paso 2: Se realizaron histogramas con los resultados de cada parámetro: Coliformes totales, Escherischa Coli, Turbidez, Potencial de Hidrógeno (PH) y Color.

Paso 3: Se procedió a interpretar los resultados obtenidos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los tres tipos de filtros se usó el filtrado lento, porque es un proceso simple y no requiere el uso de presión o aplicar productos químicos como floculantes en caso del filtrado rápido. Asimismo se usó la gravedad vertical ya que permite que el polvo caiga al fondo del filtro que tiene un espacio para contener impurezas.

A. Resultados.

TABLA V

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS – CARBÓN ACTIVADO.

Ensayos	LMP	MSF	M1	M2	M3	M4	M5	M6
C. Totales	1.8	3500	40	58	5400	280	84	43
E. Coli	1.8	8.1	4	2	240	31	6.1	2
Turbidez	5	3.75	0.3	0.6	2.33	3.39	0.43	0.59
PH	6.5 a 8.5	5.77	9.69	9.67	9.67	9.65	9.59	9.6
Color	15	<LCM						

Fuente: [14]

TABLA VI

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS – ZEOLITA.

Ensayos	LMP	MSF	M1	M2	M3	M4	M5	M6
C. Totales	1.8	3500	1600	2200	350	4300	5400	3500
E. Coli	1.8	8.1	63	6.1	12	6.8	31	26
Turbidez	5	3.75	16.85	15.35	10.1	10.9	10.3	10.35
PH	6.5 a 8.5	5.77	7	6.98	7.23	7.26	7.29	7.27
Color	15	<LCM	10.6	8.9	8.9	7.3	8.9	8.9

Fuente: [14]

TABLA VII

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS – ARENA.

Ensayos	LMP	MSF	M1	M2	M3	M4	M5	M6
C. Totales	1.8	3500	540	920	920	1600	430	350
E. Coli	1.8	8.1	38	32	4	2	12	3.6
Turbidez	5	3.75	3.42	5.35	5.93	5.29	5.89	8.73
PH	6.5 a 8.5	5.77	6.46	6.42	6.76	6.69	6.6	6.9
Color	15	<LCM	<LCM	<LCM	4	<LCM	<LCM	4

Fuente: [14]

B. Resultados por Parámetros.
Coliformes Totales

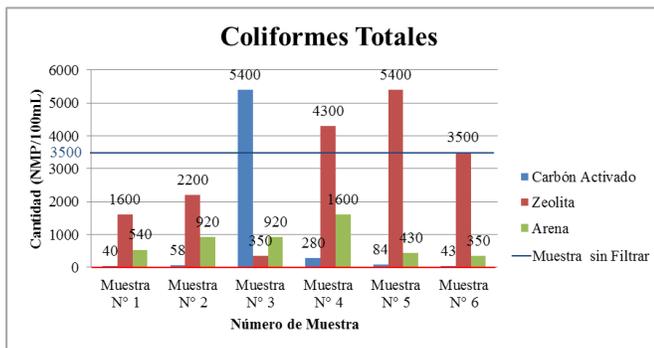


Fig. 6 Resultados de Coliformes Totales

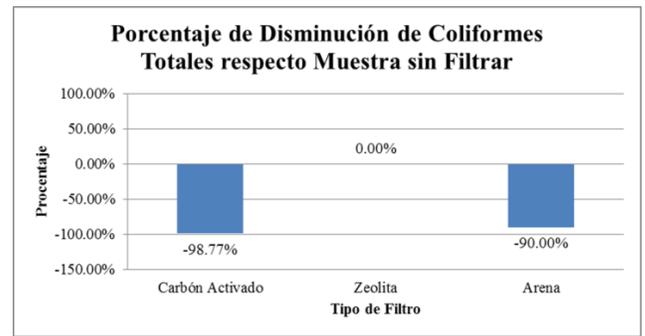


Fig. 7 Porcentaje de Disminución de Coliformes Totales

Escherichia Coli

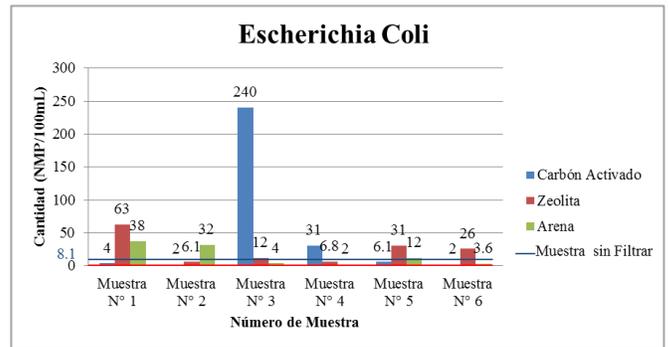


Fig. 8 Resultados de Escherichia Coli

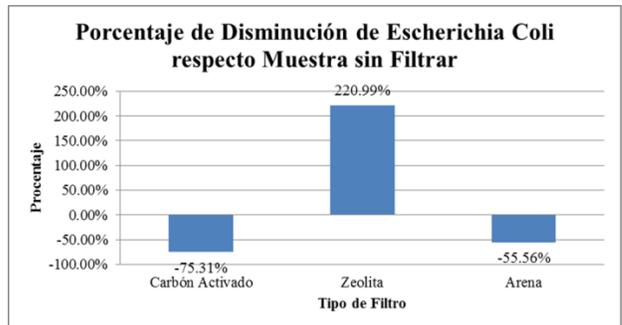


Fig. 9 Porcentaje de Disminución de Escherichia Coli

Turbidez

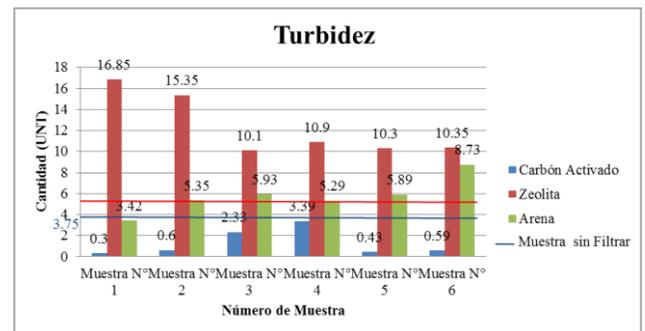


Fig. 10 Resultados de Turbidez

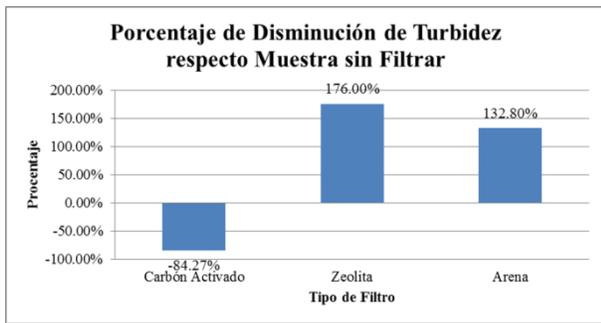


Fig. 11 Porcentaje de Disminución de Turbidez

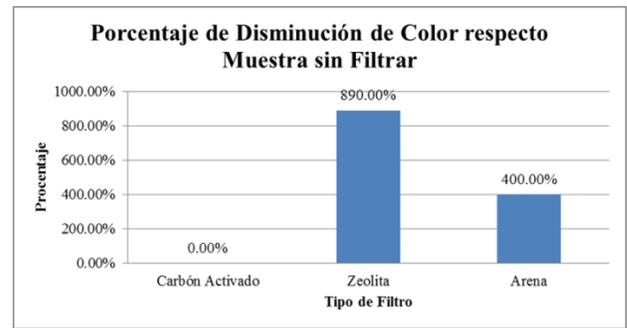


Fig. 15 Porcentaje de Disminución de Color

Potencial de Hidrógeno (PH)

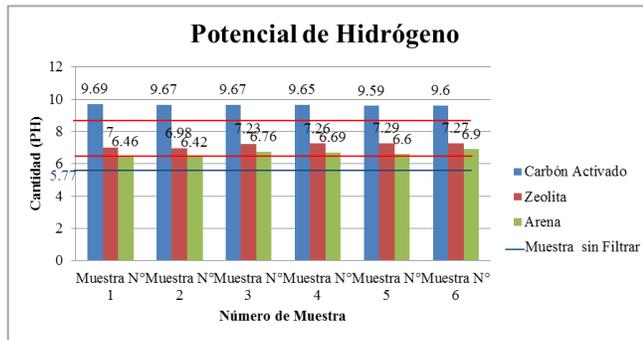


Fig. 12 Resultados de Potencial de Hidrógeno (PH)

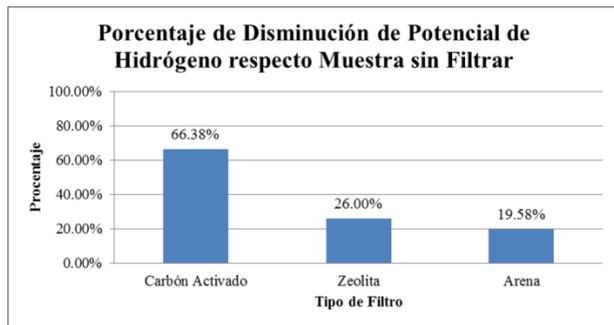


Fig. 13 Porcentaje de Disminución de Potencial de Hidrógeno (PH)

Color

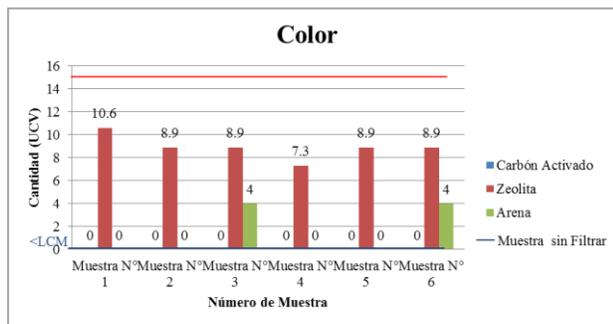


Fig. 14 Resultados de Color

TABLA VIII
COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON LOS PARÁMETROS DEL AGUA POTABLE.

Filtro	LMP	MSF	Carbon	Zeolita	Arena
C. Totales	1.8	3500	43	3500	350
E. Coli	1.8	8.1	2	26	3.6
Turbidez	5	3.75	0.59	10.35	8.73
PH	6.5 a 8.5	5.77	9.6	7.27	6.9
Color	15	<LCM	<LCM	8.9	4

Los tres tipos de filtros sólo cumplen con dos parámetros, de acuerdo al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA (2011)

TABLA IX
COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS EN PORCENTAJE, CON RESPECTO A MSF.

Filtro	LMP	MSF	Carbon	Zeolita	Arena
C. Totales	1.8	3500	-98.77%	0.00%	-90.00%
E. Coli	1.8	8.1	-75.31%	220.99%	-55.56%
Turbidez	5	3.75	-84.27%	176.00%	132.80%
PH	6.5 a 8.5	5.77	66.38%	26.00%	19.58%
Color	15	<LCM	0.00%	890.00%	400.00%
Mejora Calidad de Agua			80%	20%	60%

Con el filtro de Carbon Activado se observan mejores resultados, si consideramos 20% por cada mejora, resulta una mejora de calidad entre el 40% y 80%.

C. Resultados por Análisis de Precios Unitarios.

TABLA X
Relación Precio/ Mantenimiento por cada tipo de filtro

Tipo Filtro	Precio S/.	Mant. (años)	Precio/ Mant.
Carbon Activado	640.80	1.5	427.20
Zeolita	423.95	5	84.79
Arena	126.86	4.5	28.19

IV. CONCLUSIONES

Se pudo determinar la calidad de agua de lluvia mediante el proceso de filtración a través de carbón activado granular, zeolita y arena en la ciudad de Cajamarca. Considerando el cumplimiento del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA (2011), vemos que los resultados de cada uno de los filtros disminuyen los valores de la muestra sin filtrar, si asignamos un valor de 20% a cada parámetro, podemos decir que la calidad de agua de lluvia mejora entre 20% y 80%, cumpliéndose con la hipótesis de que el proceso de filtración mejora de la calidad de agua de lluvia en la ciudad de Cajamarca.

Se pudo determinar la calidad del agua de lluvia mediante el análisis físico químico y microbiológico, tomando una muestra sin filtrar la cual fue llevada para ser analizados por el Laboratorio Regional del Agua, quien proporcionó los resultados de estos parámetros.

Se determinó la calidad del agua de lluvia después del proceso de filtrado con Carbón Activado, obteniendo que en relación a la muestra sin filtrar: Coliformes Totales (PM) reduce en 98.77%, *Escherichia Coli* reduce en 75.31%, Turbidez (UNT) reduce en 84.27%, Potencial de Hidrógeno (PH) aumenta en 66.38% y Color reduce al 0.00%.

Se determinó la calidad del agua de lluvia después del proceso de filtrado con Zeolita, obteniendo que en relación a la muestra sin filtrar: Coliformes Totales (PM) reduce al 0.00%, *Escherichia Coli* aumenta en 220.99%, Turbidez (UNT) aumenta en 176.00%, Potencial de Hidrógeno (PH) aumenta en 26.00% y Color aumenta en 890%.

Se determinó la calidad del agua de lluvia después del proceso de filtrado con Arena, obteniendo que en relación a la muestra sin filtrar, reduce los valores en los parámetros, microbiológicos de la siguiente manera: Coliformes Totales (PM) reduce en 90.00%, *Escherichia Coli* reduce en 55.56%, Turbidez (UNT) aumenta en 132.80%, Potencial de Hidrógeno (PH) aumenta en 19.58% y Color aumenta en 400%.

Se determinó el análisis físico químico y microbiológico del agua de lluvia después del proceso de filtración, por cada tipo de filtro, tomando seis muestras para cada uno en diferentes días, las cuales fueron llevadas para ser analizados por el Laboratorio Regional del Agua, quien proporcionó los resultados de estos parámetros.

Se determinó que Con el filtro de Carbón Activado se obtuvieron los mejores resultados, seguidos por el filtro de Arena y por último el filtro de Zeolita, así mismo, con el filtro de Carbón Activado, se reducen considerablemente los valores, sin embargo el agua todavía no es apta para consumo humano y para reducir los parámetros microbiológicos se podría aplicar antes de filtrar la respectiva dosis de cloro.

Finalmente, se realizó el Análisis de Precios Unitarios por cada tipo de filtro, obteniéndose que el filtro de Arena es el más económico y presenta una efectividad media

V. REFERENCIAS

- [1] Zapata Cornejo, A., Sánchez Romero, E., Chalcán Gálvez, E., Barrera Urteaga, S., Calderón Gutiérrez, F., Silva Rivera, M., y otros. (2007). Inventario de Fuentes de Agua Superficial de la Cuenca del Mashcón. Cajamarca: INRENA.
- [2] RPP. (2017). Cajamarca con escasez de agua potable por la ausencia de lluvias. Lima: Radio Programas del Perú.
- [3] Garrido, S. (2006). Potabilización de agua de lluvia rodada por medio de filtración en múltiples etapas modificada, México. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
- [4] Malato, S. (2009). Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: recent overview and trends. Almería: Plataforma Solar de Almería (CIEMAT).
- [5] Mosler, J. (2013). Achieving long-term use of solar water disinfection in Zimbabwe. Zurich: Eawag, Swiss Federal Institute for Aquatic Science and Technology.
- [6] Angurel, I., Casajmitana, N., Caubet, A., Dinares, I., Llor, N., & Muñoz-Torrero, D. (2023). Operaciones Básicas en el Laboratorio de Química. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- [7] Gonzaga, F. (2015). Diseño de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia para uso Doméstico en la isla de Jambelí, Cantón Santa Rosa, provincia de El Oro. Machala: Repositorio Universidad Técnica de Machala.
- [8] Chicote, Y. (2018). Mejora de la Calidad del Agua del río Cumbe Empleando Filtro de Carbón Activado. Cajamarca: UPN.
- [9] Curi, A., Granda, W., Lima, H., & Sousa, W. (2006). Las Zeolitas y su Aplicación en la Descontaminación de Efluentes Mineros. Ouro Preto: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000600017.
- [10] Herrera, L. A. (2010). Estudio de alternativas para el uso sustentable del agua de lluvia. México: Repositorio Instituto Politécnico Nacional-
- [11] DIGESA. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima: B. GRAFIC E.I.R.L
- [12] Yzquierdo, E. (2018). Incorporación de Filtros de Zeolita en la Calidad del Agua en las Captaciones del Sistema de Agua Potable del barrio Serafinpampa. Cajamarca: UPN.
- [13] Zamora, J. (2019). Calidad del Agua de la Quebrada El Tambo Usando Filtro de Antracita, Algodón, Arena Gruesa y Caliza Triturada. Cajamarca: UPN.
- [14] Laboratorio Regional del Agua. (2023). laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL- da con registro N° LE-084. Cajamarca.