



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUMBE
EMPLEANDO FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Yuliana Esther Chiclote Gonzales

Asesor:

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga

Cajamarca – Perú
2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller **Yuliana Esther Chiclote Gonzales**, denominada:

“MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RÍO CUMBE EMPLEANDO FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO”

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
ASESOR

Ing. Juan Gonzales García
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Gabriel Cachi Cerna
JURADO
SECRETARIO

Ing. Iván Mejía Díaz
VOCAL

DEDICATORIA

Dedico mi tesis de manera especial a Dios y con mucho amor y cariño a mis padres Santos Chiclote Valencia y María Gonzales Santillán quienes me apoyaron incondicionalmente y brindaron su consejo para encaminarme en mi carrera profesional.

A mis hermanos Liliana, Rafael y Willan quienes supieron comprenderme y tenerme paciencia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud y cuidar de mí y así poder culminar esta fase de mi vida.

El apoyo de mis padres tanto emocional como financiero, quienes se propusieron que termine mis estudios, así mismo por brindarme su comprensión frente a problemas encontrados en la vida universitaria, y estoy en deuda con mis hermanos quienes me ayudaron y aconsejaron durante toda la carrera.

También a Lesly, Keyth y Dennis, quienes estuvieron presentes en toda mi vida universitaria y me ayudaron afrontar todos los percances que se presentaban.

Finalmente quisiera agradecer de manera individual al Ingeniero Orlando Aguilar Aliaga quien me motivo y guió para poder culminar esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE CONTENIDOS	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE GRÁFICOS	8
ÍNDICE DE IMÁGENES	9
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema	15
1.3. Justificación	15
1.3.1. <i>Justificación Teórica:</i>	15
1.3.2. <i>Justificación aplicada:</i>	15
1.4. Limitaciones	16
1.5. Objetivos	16
1.5.1. <i>Objetivo general:</i>	16
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	16
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes	17
2.2. Bases teóricas	18
2.2.1. <i>Calidad de Agua:</i>	18
2.2.2. <i>Parámetros de control obligatorio</i>	20
2.2.3. <i>Carbón Activo</i>	21
2.2.4. <i>Medio Filtrante</i>	28
2.3. Definición de términos básicos	29
2.4. Hipótesis	30
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	31
3.1. Operacionalización de variables	31
3.1.1. <i>Variable Independiente</i>	31
3.1.2. <i>Variable Dependiente</i>	31
3.2. Diseño de investigación	31
3.2.1. <i>Tipo de diseño de investigación.</i>	31
3.3. Unidad de estudio	31
3.4. Población	32

3.5.	Muestra (muestreo o selección)	32
3.6.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	32
3.6.1.	<i>Técnica</i>	32
3.6.2.	<i>Procedimientos</i>	33
CAPÍTULO 4.	RESULTADOS	40
CAPÍTULO 5.	DISCUSIÓN	46
5.1.	Turbidez	46
5.2.	Ph.....	47
5.3.	Cloro Residual.....	49
5.4.	Coliformes Totales	50
5.5.	Coliformes Termotolerantes	51
CAPÍTULO 6.	CONCLUSIONES	52
CAPÍTULO 7.	RECOMENDACIONES	53
CAPÍTULO 8.	REFERENCIAS	54
CAPÍTULO 9.	ANEXOS	57
	ANEXO 1: FOTOGRAFÍAS SALIDA DE CAMPO.	57
	ANEXO 2: DELIMITACION CUENCA – RIO CUMBE	84
	ANEXO 3: ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARBÓN ACTIVO GRANULAR	85
	ANEXO 4: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO – SEMANA 1	86
	ANEXO 5: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO – SEMANA 2	87
	ANEXO 6: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO – SEMANA 3	88
	ANEXO 7: FORMATOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	89
	ANEXO 8: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Límites máximo permisibles (LMP)	20
Tabla N° 2: Tipos de filtros	29
Tabla N° 3: Variable Dependiente	31
Tabla N° 4: Variable Independiente.....	31
Tabla N° 5: Materiales	33
Tabla N° 6: Técnica de recolección de datos para ensayo de Coliformes totales.	36
Tabla N° 7: Técnica de recolección de datos para ensayo de Coliformes termotolerantes.	36
Tabla N° 8: Técnica de recolección de datos para ensayo de Color.	36
Tabla N° 9: Técnica de recolección de datos para ensayo de Turbiedad.	37
Tabla N° 10: Técnica de recolección de datos para ensayo de Residual de desinfectante.	37
Tabla N° 11: Técnica de recolección de datos para ensayo de pH (Potencial de hidrógeno).	37
Tabla N° 12: Formato para recolección de muestras	39
Tabla N° 13: Resultados Filtro A	40
Tabla N° 14: Resultados Filtro B	40
Tabla N° 15: Resultados Finales - Semana 3.....	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Resultados Turbidez	41
Gráfico N° 2: Resultados pH	42
Gráfico N° 3: Resultados Color	43
Gráfico N° 4: Resultados Coliformes totales	44
Gráfico N° 5: Resultados Coliformes termotolerantes	45
Gráfico N° 6: Turbidez (UNT)	46
Gráfico N° 7: ph.....	47
Gráfico N° 8: Color verdadero	48
Gráfico N° 9: Cloro residual.....	49
Gráfico N° 10: Coliformes totales	50
Gráfico N° 11: Coliformes termotolerantes	51

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Representación esquemática del sistema poroso de un carbón y clasificación de los poros según su tamaño	22
Imagen N° 2: Vista microscópica de microporos de carbón activado	22
Imagen N° 3: Carbón granular comercial	25
Imagen N° 4: Carbón pulverizado	25
Imagen N° 5: Filtro Chipile (2017) –Filtro A	34
Imagen N° 6: Filtro Planteado – Filtro B	35

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1: Ubicación de Filtro Río Cumbe – Caserío Tomacucho	32
Fotografía N° 2: Instalación de entrada de filtros	57
Fotografía N° 3: Ubicación de Filtros.....	58
Fotografía N° 4: Alimentación de Filtros	58
Fotografía N° 5: Colocación de nombre a cada Filtro.....	59
Fotografía N° 6: Ensamblado de tubería agujereada para caída de agua filtros	60
Fotografía N° 7: Ensamblado de tubería para salida de agua	61
Fotografía N° 8: Ensamblado de Tubería	62
Fotografía N° 9: Ubicación de tubería para alimentación de filtros.....	63
Fotografía N° 10: Ensamblado de entrada de Filtro	64
Fotografía N° 11: Ensamblado entrada de Filtro B-Río	65
Fotografía N° 12: Ensamblado de tubería para alimentación de Filtros	66
Fotografía N° 13: Ubicación de Filtros ensamblados	67
Fotografía N° 14: Colocación de Tubería agujereada para salida de agua	68
Fotografía N° 15: Colocación de primera capa de filtros	69
Fotografía N° 16: Colocación segunda capa Filtro A-Base - Gravilla	69
Fotografía N° 17: Colocación segunda capa Filtro B-Río - Gravilla.....	70
Fotografía N° 18: Colocación de Carbón Activado a Filtro A.....	71
Fotografía N° 19: Filtro A (Capa de carbón activado) - Filtro B (Arena gruesa)	71
Fotografía N° 20: Filtro A (Capa de carbón activado) - Filtro B (Gravilla).....	72
Fotografía N° 21: Filtro A (Capa de carbón activado) - Filtro B (Capa de carbón activado)	72
Fotografía N° 22: Filtro A (Capa de carbón activado) - Filtro B (Gravilla).....	73
Fotografía N° 23: Filtro A (Capa de carbón activado) - Filtro B (Arena gruesa)	73
Fotografía N° 24: Colocación de piedra grande y tubería agujereada para caída de agua	74
Fotografía N° 25: Alimentación de agua a cada filtro	75
Fotografía N° 26: Filtración de agua.....	75
Fotografía N° 27: Filtros Terminados	76
Fotografía N° 28: Sellado de Filtros	77
Fotografía N° 29: Culminación de Filtros.....	78
Fotografía N° 30: Filtros Terminados filtrando agua del río cumbe	78
Fotografía N° 31: Toma de muestras	79
Fotografía N° 32: Muestras N°1 - Fisicoquímicos.....	79
Fotografía N° 33: Muestras N°1 - Microbiológicos.....	80
Fotografía N° 34: Muestras N°2 - Fisicoquímicos.....	80
Fotografía N° 35: Muestras N°2 - Microbiológicos.....	81
Fotografía N° 36: Muestras N°3	81
Fotografía N° 37: Muestra N°4	82
Fotografía N° 38: Muestras N°5	82
Fotografía N° 39: Muestra N°6	83

RESUMEN

Esta investigación se centra en determinar el efecto del carbón activo granular en la mejora de la calidad del agua del río Cumbe en el caserío de Tomacucho, provincia de Cajamarca. Se construyó 2 filtros de carbón activo granular con materiales locales, el filtro A está compuesto de: en la base por una capa de 0.25m de piedra grande, sobre ella una capa de 0.10m de gravilla y sobre ella una capa de 0.30m de carbón activo y finalmente una capa de 0.25m de piedra grande para que la caída del agua no erosione el carbón activo. El filtro B está compuesto por: en la base por una capa de 0.25m de piedra grande, sobre ella una capa de 0.05m de gravilla, sobre ella una capa de 0.05m de arena gruesa; sobre ella una capa de 0.30m de carbón activo, sobre ella una capa de 0.05m de gravilla, sobre ella una capa de 0.05m de arena gruesa y finalmente una capa de 0.20m de piedra grande para que la caída del agua no erosione el carbón activo. También se incluyó en los dos filtros, tanto en la entrada como salida del agua; tubería agujereada para una mejor conducción del agua.

Finalmente se tomó muestras de agua a cada filtro dos veces por semana durante 3 semanas; se analizó los parámetros de control obligatorio establecidos en el reglamento de calidad de agua; siendo estos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, dentro de los cuales se encuentran: Turbidez y color verdadero, pH, cloro residual, bacterias Coliformes totales y bacterias termotolerantes o fecales. Se obtuvo como resultados: para la turbidez una disminución desde 5.61NTU hasta 1.16NTU (Filtro A) y 0.72(Filtro B), pH fue variable pero estuvo en un rango de 7.86ph y 8.28ph, no hubo presencia de cloro residual ya que los resultados son menores al límite máximo(<LCM), estos parámetros cumplen en cuanto a los límites máximos permisibles.

Para Coliformes totales se observó una gran disminución desde 9200 NMP/100mL hasta 920(Filtro A) y 110(Filtro B), este parámetro no cumple con los límites máximos, pero es evidente su disminución, y para Coliformes termotolerantes disminuyó desde 49 NMP/100mL hasta 9.2(Filtro A) y 12(Filtro B). Por lo tanto, en base a los resultados se aprecia la mejora de la calidad del agua del río Cumbe.

ABSTRACT

This research focuses on determining the effect of granular activated carbon on the improvement of the water quality of the Cumbe River in the village of Tomacucho, province of Cajamarca. Two granular activated carbon filters with local materials were built, the A filter is composed of: at the base by a layer of 0.25m of large stone, on it a layer of 0.10m of gravel and on it a 0.30m layer of active carbon and finally a layer of 0.25m of large stone so that the fall of the water does not erode the activated carbon. The B filter is composed of: at the base by a layer of 0.25m of large stone, on it a layer of 0.05m of gravel, on it a layer of 0.05m of coarse sand; on it a layer of 0.30m of active carbon, on it a layer of 0.05m of gravel, on it a layer of 0.05m of coarse sand and finally a layer of 0.20m of large stone so that the fall of the water does not erode the active carbon. It was also included in the two filters, both in the entrance and exit of the water; perforated pipe for better water conduction.

Finally, water samples were taken from each filter twice a week for 3 weeks; the mandatory control parameters established in the water quality regulation were analyzed; These parameters are physicochemical and microbiological, among which are: Turbidity and true color, pH, residual chlorine, total coliform bacteria and thermotolerant or fecal bacteria. It was obtained as results: for turbidity a decrease from 5.61NTU to 1.16NTU (Filter A) and 0.72 (Filter B), pH at 25° C was variable but was in a range of 7.86ph and 8.28ph, there was no presence of chlorine residual since the results are lower than the maximum limit (<LCM), these parameters comply with the maximum permissible limits.

For total Coliforms a large decrease was observed from 9200 NMP / 100mL to 920 (Filter A) and 110 (Filter B), this parameter does not comply with the maximum limits, but its decrease is evident, and for thermotolerant Coliforms it decreased from 49 NMP / 100mL up to 9.2 (Filter A) and 12 (Filter B). Therefore, based on the results, the improvement of the water quality of the Cumbe River is appreciated.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La calidad del agua tiene una estrecha relación con la salud y pobreza. Cuando se habla de agua, no basta solo tenerla de calidad sino también en cantidad, ya que también la escasez de agua se relaciona con enfermedades parasitarias asociadas a falta de higiene. Malas condiciones en el agua que de ser bebida afectarían la salud de las personas y una persona enferma no trabaja, no produce, no construye y se convierte en un pasivo para la comunidad, lo cual le impide progresar económica y ambientalmente (Lozano Rivas, 2013).

En Europa se ha realizado un progreso sensible con el Protocolo de Londres sobre el Agua y la Salud (1999, vigente) el cual precisa que el acceso al agua “debería asegurarse a todos los habitantes, en particular a las personas más pobres o excluidas” y que obliga a los poderes públicos a implementar un suministro de agua y un servicio de saneamiento adecuados. El alcance jurídico de esta obligación se precisa principalmente en lo que se refiere a los usuarios que solo reciben agua no potable, cosa que todavía ocurre con frecuencia en Europa, sin hablar de múltiples centros urbanos que no tienen un sistema de recolección de agua usadas (Smets, 2005).

El agua siempre ha sido el recurso de mayor valía para el hombre desde su existencia en este planeta. Así es como todas las civilizaciones ancestrales coincidían en sacralizarla y fue siempre para ellos un bien venerado que no sólo era empleado como símbolo hierático, sino al que también se le atribuían propiedades curativas y mágicas. Para ellos y aun para nosotros hoy, representa la vida misma y el poder vital de la tierra (Lozano Rivas, 2013).

Hoy en día, países relativamente ricos en agua de la región como Malasia, Indonesia, Bután y Papua Nueva Guinea, enfrentan limitaciones en el suministro y calidad del agua en sus principales ciudades debido al crecimiento de la población, el aumento del consumo de agua, la degradación ambiental, las actividades agrícolas perjudiciales, la mala gestión de las cuencas de captación de agua y el uso excesivo de las aguas subterráneas (UNESCO, 2015).

En la naturaleza, las aguas de ríos, embalses, lagos, depósitos subterráneos, mares y lluvias, presentan diferentes contenidos de sales, minerales, gases y partículas que están presentes en los medios en los que se halla el recurso hídrico y que son arrastrados por este; por ejemplo, el cauce de un río, el estrato geológico en el que subyace el acuífero o la composición de la atmósfera, entre otros. Así mismo, algunos contaminantes generados de forma natural o derivados de las actividades humanas (aguas residuales, pesticidas, productos agrícolas, desechos industriales, etc.), son incorporados en el agua, variando sus características al punto de imposibilitar muchos de sus usos, incluyendo el de consumo humano (Lozano Rivas, 2013).

Colombia es uno de los 6 países junto con Ecuador, Perú, Venezuela, Costa Rica y Panamá que tienen ecosistemas de paramo, participando con el 57% del territorio de paramos en el mundo. Estos son llamados “Fabricas de Agua” y “Reguladores de Caudal”, no obstante, se ven seriamente amenazados por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera (Lozano Rivas, 2013).

La investigación científica, las soluciones innovadoras y las tecnologías son necesarias para proteger la calidad de los recursos hídricos limitados frente a las amenazas mundiales y los posibles riesgos al objeto de garantizar niveles adecuados de abastecimiento de agua de buena calidad para el consumo humano, preservando las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas y manteniendo dichos ecosistemas y sus bienes y servicios. La innovación y las tecnologías avanzadas de tratamiento del agua pueden ayudar a responder a los desafíos relacionados con la calidad del agua para garantizar el acceso a agua potable limpia y segura para todos, restablecer y proteger la calidad del agua y garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos (UNESCO, 2015).

El desarrollo del filtro de arena para el agua tuvo lugar en Inglaterra a mediados del siglo XIX y generalmente dieron buenos resultados para las aguas superficiales brutas de Inglaterra (Walter Weber, 2003).

En Holanda se usa la arena para filtrar los aceites, y en Francia unida el carbón para clarificar y purificar el agua en las manipulaciones por mayor se deja el agua en grandes cubas para que se despoje con el reposo de la mayor parte de sus impurezas, se saca después para pasarla sucesivamente al través del casquijo y la arena, y en fin por arena y carbón dispuestos por capas. La arena, y el casquijo lo clarifican, y el carbón le quita el color, sabor y olor extraños que pueda tener (Jimenez, 1840).

En el Perú, particularmente en la región de la costa, se presentan problemas relacionados con la contaminación de recursos hídricos cuyos principales orígenes previenen de los relaves mineros y otros de las aguas residuales sin tratamiento, con mayor incidencia en las rurales y urbano marginales. Por otro lado, uno de los mayores problemas que se presenta en el ámbito rural y urbano-marginal, es la falta de sistemas de abastecimiento de agua y de alcantarillado, generando con ello condiciones que limitan un adecuado desarrollo de la población, sobre todo en el aspecto de salubridad (FAO, 1993).

La escasez de agua en la ciudad de Cajamarca empezó hace un año, pero fue en julio del 2011 cuando se hizo más intensa y las autoridades de Sedacaj procedieron a iniciar un incómodo racionamiento. Este hecho ocasionó que un grupo de ciudadanos acudiera hasta la naciente del principal abastecedor de agua para consumo humano, el río Grande, en busca de una explicación. Cuando arribaron al lugar ubicado entre los cerros Quillish y La Quinua, encontraron que este afluente había perdido gran parte de su caudal, estaba casi seco. No fue la única sorpresa. Metros más abajo advirtieron que cuatro gruesos tubos, propiedad de

minera Yanacocha, expulsaban hacia la quebrada aguas ácidas y tratadas que luego iban a parar al cauce del río Grande, el mismo que gracias al aporte de los ríos Porcón y Quengorío recobra en su camino un caudal que es el que finalmente desemboca en la planta de tratamiento de agua El Milagro, reservorio proveedor de agua potable para la capital de la región Cajamarca. Lo cierto es que desde hace un año el caudal en las griferías domésticas empezó a bajar, y a partir del mes de julio los cajamarquinos tuvieron que someterse a un racionamiento que afecta grandemente al setenta por ciento de los habitantes, quienes viven en la periferia de la gran ciudad (Prado, 2012).

Solo cinco provincias de Cajamarca gozan del servicio de agua potable, reveló el coordinador de la oficina descentralizada de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass), Roseles Machuca Vílchez. Machuca explicó que en el ámbito rural existen más de 4 mil sistemas de agua potable que no tienen una planta de tratamiento. Y agregó que es necesario que las autoridades trabajen para mejorar la calidad del agua con la cloración para no afectar a los pobladores de las 13 provincias (República, 2018).

Por lo expuesto, es factible desarrollar una investigación que permita mejorar la calidad del agua del río Cumbe caserío de Tomacucho, innovando con el filtro de carbón activo; en el marco de una propuesta que permita optimizar el uso de fuentes superficiales de agua.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del carbón activo granular en la calidad del agua del río Cumbe?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Teórica:

El consumo de agua implica, asegurar que cumpla en calidad y cantidad, este último se puede aprovechar de ríos y quebradas, por lo que se busca asegurar el consumo de agua de río mediante un filtro de carbón activo que del mismo modo cumpla todos los factores de calidad para el consumo humano.

Por esto es necesario desarrollar dicho filtro y proveer una nueva herramienta para filtrar el agua y convertirla en agua potable. De esta manera también se evitará la explotación de manantiales o abastecer a más personas con este nuevo medio de potabilización de agua.

1.3.2. Justificación aplicada:

Una reducción del agua disponible ya sea en la cantidad, en la calidad, o en ambas, provoca efectos negativos graves sobre los ecosistemas. El medio ambiente tiene una capacidad natural de absorción y de autolimpieza. Sin embargo, si se la sobrepasa, la biodiversidad se pierde, los medios de subsistencia disminuyen, las fuentes naturales de alimentos (por ejemplo, los peces) se deterioran y se generan costos de limpieza extremadamente elevados. Los daños ambientales originan un incremento de los desastres naturales, pues las

inundaciones aumentan allí donde la deforestación y la erosión del suelo impiden la neutralización natural de los efectos del agua (UNESCO, 2003).

Este filtro de carbón activo dará solución a comunidades que a falta de cobertura de agua puedan aprovechar la misma de quebradas o ríos aledaños. También se evitará la explotación de manantiales que a futuro se vuelvan escasos.

1.4. Limitaciones

Disposición de terreno para ubicación de filtro.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la calidad del agua del río Cumbe usando un filtro de carbón activado.

1.5.2. Objetivos específicos

- a. Inspección de campo (ubicación del filtro).
- b. Elaborar filtro de carbón activo (proceso de construcción).
- c. Determinar las propiedades físicas y químicas del agua antes y después del filtro (ensayos de laboratorio).

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Se empleó carbón activado granular de origen bituminoso y arena en seis diferentes configuraciones como medio filtrante principal en la etapa de filtración (50% CAG – 50% Arena, 65% CAG – 35% Arena, 75% CAG – 25% Arena, 85% CAG – 15% Arena, 90% CAG – 10% Arena y 100% CAG). Se consideró además una configuración con antracita y arena (70% Antracita – 30% Arena) para comparar el comportamiento de ambos materiales filtrantes en el tratamiento de agua resultante del proceso de clarificación efectuado por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Puerto Mallarino en la ciudad de Cali (Arana, 2016).

Se construyó los filtros de carbón activo con materiales locales, con capas de agregados tales como: 0.25 m de grava de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, 0.10 m de gravilla de malla N° 04 y finalmente una capa de 0.30 m de carbón activo con una granulometría de 12 x 40; de tal manera se determinó los valores de los cinco parámetros obligatorios según el Reglamento de la calidad del agua, 2011, siendo estos: parámetros físicos, químicos y biológicos, dentro de los cuales se encuentran: Turbidez y color verdadero, pH, bacterias coliformes totales y bacterias termotolerantes o fecales, respectivamente (Chipile, 2017).

Se probó la eficiencia de un filtro a base de carbón activado generado a partir de coronta de maíz e impregnado con quitosano, para el tratamiento complementario del agua potable producido en la ciudad de Tumbes. El carbón activado se obtuvo por activación química con $ZnCl_2$ a 600 °C durante 2 horas y bajo atmósfera de nitrógeno. Luego el quitosano fue impregnado bajo condición húmeda durante 4 horas en agitación constante. 30 g del material producido se colocaron en un soporte de plástico PVC de 1.5" de diámetro para constituir el filtro a ser utilizado durante el desarrollo de los experimentos con agua potable colectada en la zona de El Milagro – Tumbes. El filtro construido logró reducir eficientemente los niveles de concentración de turbidez, cloro residual en el agua potable llegando a valores entre 46.9 y 68.9 % y entre 87.5 hasta 100 % respectivamente (Cruz C., y otros, 2016).

En este trabajo se caracterizó un carbón activado granular (CAG) en términos de su capacidad de adsorción tanto de una molécula modelo (el azul de metileno, AM) como de los contaminantes presentes en efluentes acuícolas. Para evaluar la remoción del AM, primero se realizaron pruebas estáticas por lote, cuyos resultados se ajustaron al modelo de Langmuir y permitieron estimar una capacidad de adsorción máxima de 67.57 mg AM/g CAG (Monter, 2013).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Calidad de Agua:

La calidad del agua para consumo humano garantiza su inocuidad y se rige específicamente por los siguientes lineamientos:

1. Prevención de enfermedades transmitidas a través del consumo del agua de dudosa o mala calidad;
2. Aseguramiento de la aplicación de los requisitos sanitarios para garantizar la inocuidad del agua para consumo humano;
3. Desarrollo de acciones de promoción, educación y capacitación para asegurar que el abastecimiento, la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo, sean eficientes, eficaces y sostenibles;
4. Calidad del servicio mediante la adopción de métodos y procesos adecuados de tratamiento, distribución y almacenamiento del agua para consumo humano, a fin de garantizar la inocuidad del producto;
5. Responsabilidad solidaria por parte de los usuarios del recurso hídrico con respecto a la protección de la cuenca, fuente de abastecimiento del agua para consumo humano;
6. Control de la calidad del agua para consumo humano por parte del proveedor basado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control; y
7. Derecho a la información sobre la calidad del agua consumida. (Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, 2011)

2.2.1.1. Gestión de la calidad del agua

La gestión de la calidad del agua se desarrolla principalmente por las siguientes acciones:

1. Vigilancia sanitaria del agua para consumo humano;
2. Vigilancia epidemiológica de enfermedades transmitidas por el agua para consumo humano;
3. Control y supervisión de calidad del agua para consumo humano;
4. Fiscalización sanitaria del abastecimiento del agua para consumo humano;
5. Autorización, registros y aprobaciones sanitarias de los sistemas de abastecimiento del agua para consumo humano;
6. Promoción y educación en la calidad y el uso del agua para consumo humano; y
7. Otras que establezca la Autoridad de Salud de nivel nacional. (Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, 2011)

2.2.1.2. Propiedades del agua

El agua potable o destinada a bebida es un producto que comprende parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y radiológicos del agua en el origen, y de la distribuida después de someterla a procesos de tratamiento y desinfección. El agua potable es una sustancia disponible para el consumidor, que cuando sale del grifo realiza su función esencial: satisfacer la sed sin amenazar la salud ni la vida (Yadira Carrillo & Sanchez Muños, 2013).

Toda agua destinada para el consumo humano, debe estar exenta de:

1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*,
2. Virus;
3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos;
4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y
5. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C. (Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, 2011)

2.2.1.3. Propiedades físicas del agua

- Peso específico
- Densidad
- Módulo de elasticidad (E)
- Tensión superficial
- Viscosidad
- Comprensibilidad
- Calor específico
- Conductibilidad térmica
- Velocidad del sonido en el agua

(Chahua Puma, 2017)

2.2.1.4. Propiedades químicas del agua

- Composición
- Reacciones
- Ph: El pH es una de las pruebas más comunes para conocer parte de la calidad del agua. El pH indica la acidez o alcalinidad, en este caso de un líquido como es el agua, pero es en realidad una medida de la actividad del potencial de iones de hidrógeno (H^+).
- Dureza: Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y

calcio. El agua denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad.

(Chahua Puma, 2017).

2.2.2. Parámetros de control obligatorio

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes:

1. Coliformes totales;
2. Coliformes termotolerantes;
3. Color;
4. Turbiedad;
5. Residual de desinfectante; y
6. pH. (Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, 2011)

Tabla N° 1: Límites máximo permisibles (LMP)

	A1	A2
TURBIDEZ (NTU)	5	100
PH (Ph)	6.5 - 8.5	5.5 - 9
COLOR UCV – Pt-Co	15	100
COLOR RESIDUAL (mg Cl/L)	0.5	0.5
COLIFORMES TOTALES (NMP/100mL)	50	0
COLIFORMES TERMOLERANTES (NMP/100mL)	20	2000

Fuente: (Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, 2011) y (MINAM, 2017)

2.2.2.1. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

(MINAM, 2017)

2.2.3. Carbón Activo

El nombre de carbón activado se aplica a una serie de carbones porosos preparados artificialmente para que exhiban un elevado grado de porosidad y una alta superficie interna. Estas características son las responsables de sus propiedades adsorbentes, que son utilizadas ampliamente en muchas aplicaciones tanto en fase gas como en fase líquida (Rodríguez Reinoso, 2006).

2.2.3.1. Estructura y propiedades

El carbón activado posee la capacidad de adherir o retener en su superficie uno o más componentes (átomos, moléculas, iones) del líquido que está en contacto con él. Este fenómeno se denomina poder adsorbente. El carbón activado se caracteriza por poseer una superficie específica (alrededor de 500 a 1500m² por gramo) con una infinita cantidad de poros muy finos que son los que retienen (adsorben) ciertos compuestos no deseados. Son las altas temperaturas, la atmósfera especial y la inyección de vapor del proceso de fabricación del carbón activado lo que activa y crea la porosidad (Yadira Carrillo & Sanchez Muños, 2013).

Sin embargo, las propiedades adsorbentes de un carbón activado no sólo están definidas por su estructura porosa, sino también por su naturaleza química. El carbón activado presenta en su estructura átomos de carbono con valencia insaturada y, además, grupos funcionales (principalmente de oxígeno) y componentes inorgánicos responsables de las cenizas, todos ellos con un efecto importante en los procesos de adsorción. Los grupos funcionales de oxígeno hacen que la superficie del carbón se haga químicamente reactiva y esa es la razón por la que afectan las propiedades adsorbentes, especialmente para moléculas de cierto carácter polar. Así, el carbón activado puede ser considerado en principio como hidrófobo por su poca afinidad por el agua, lo que es muy importante en aplicaciones como la adsorción de gases en presencia de humedad, o de especies en disolución acuosa; pero la presencia de grupos funcionales en la superficie del carbón activado hace que puedan interactuar con el agua, haciendo que la superficie sea más hidrófila (Rodríguez Reinoso, 2006).

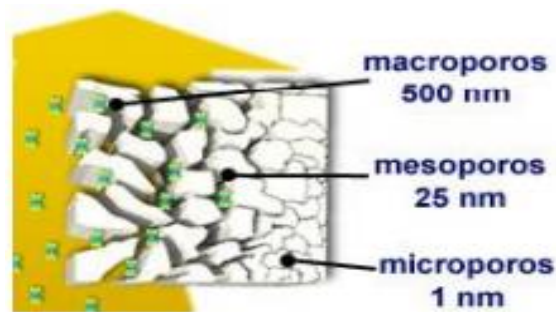
2.2.3.2. Características fisicoquímicas del carbón activo

- Composición química: El término carbón activo designa un amplio espectro de materiales que se diferencian fundamentalmente en su estructura interna (distribución de poros y superficie específica) y en su granulometría. El carbón activo se compone en un 75-80% en carbono y un 5-10% en cenizas.
- Estructura física del carbón activo: El carbón activo posee una estructura microcristalina que recuerda en cierta medida a la del grafito. Esta estructura que presenta el carbón activo

da lugar a una distribución de tamaños de poro bien determinada. Los poros de un carbón activado se clasifican en tres, de acuerdo a su tamaño:

- Microporos
- Poros medios o mesoporos
- Macroporos

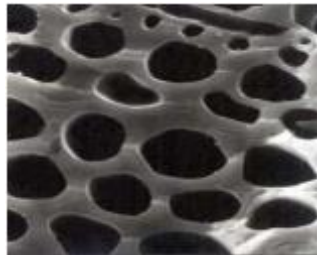
Imagen N° 1: Representación esquemática del sistema poroso de un carbón y clasificación de los poros según su tamaño



Fuente: (Yadira Carrillo & Sanchez Muños, 2013)

La distribución del tamaño de poro depende fundamentalmente de tres factores: El origen de la materia prima, el tipo de activación y la duración del proceso de activación.

Imagen N° 2: Vista microscópica de microporos de carbón activado



Fuente: (Yadira Carrillo & Sanchez Muños, 2013)

2.2.3.3. Parámetros que influyen sobre las propiedades de adsorción del carbón activo

La adsorción es un proceso por el cual moléculas de impurezas se adhieren a la superficie del carbón activado. La adherencia es gobernada por una atracción electroquímica.

El resultado es la creación de millones de poros microscópicos en la superficie del carbón. Esta enorme cantidad de área superficial proporciona grandes oportunidades para que tenga lugar el proceso de adsorción. El carbón activado tiene una fuerte atracción adsorptiva para otras moléculas (orgánicas) basadas en el carbono, y es

excelente en retener firmemente moléculas más pesadas tales como compuestos orgánicos aromáticos (aquellos que pueden ser oídos). El proceso de adsorción trabaja como un imán para mantener las impurezas en la superficie del carbón activado. Esto es una acción diferente de aquella que actúa como una esponja en el proceso de absorción, en el cual un gas o líquido es succionado hasta el centro del cuerpo poroso y allí mantenido. El carbón activado también es conocido por su extraordinaria habilidad en eliminar el cloro y su gusto y olor. Los filtros de carbón activado eliminan los compuestos orgánicos volátiles (VOC), los pesticidas y herbicidas, los compuestos con tribalometano, radón, los solventes y otros productos hechos por hombre y que encontramos en las aguas. (Tesacua S.L Tratamientos de agua, 2015)

- Área Superficial: La capacidad de adsorción es proporcional al área superficial (ella es función del grado de activación del carbón).
- Tamaño del Poro: La correcta distribución del tamaño de poros es necesaria para facilitar el proceso de adsorción (suministrando los sitios de adsorción, los 43 poros finos, y los canales de transporte adecuados para el manejo del adsorbato).
- Tamaño de partículas: El tamaño de partículas no influye sobre el área superficial total. El área superficial total es definida por el grado de activación y por la estructura de los poros del carbón.
- Temperatura: Las temperaturas bajas aumentan la capacidad de adsorción.
- Concentración del Adsorbato: La capacidad de adsorción es proporcional a la concentración del adsorbato (altas concentraciones proveen grandes fuerzas de empuje durante el proceso de adsorción).
- pH: La capacidad de adsorción aumenta, con aquellas condiciones de pH que aumentan la solubilidad del adsorbato.
- Tiempo de Contacto: Para alcanzar el equilibrio en la adsorción y maximizar su eficiencia, se requiere de suficiente tiempo de contacto.
- Densidad Aparente: Es utilizada para indicar la actividad de un volumen de carbón. Esta es significativamente más baja que la densidad teórica del sólido (La actividad volumétrica es proporcional a la densidad aparente).
(Yadira Carrillo & Sanchez Muños, 2013)

2.2.3.4. Fabricación

Los carbones activados comerciales son fabricados a partir de materiales orgánicos que son ricos en carbono, especialmente carbón mineral, madera, huesos y cáscaras de frutas,

turba, breas y coques. La elección del precursor es fundamentalmente una función de su disponibilidad, precio y pureza, pero el proceso de fabricación y la posible aplicación del producto final han de ser muy tenidos en cuenta. Los procesos de fabricación se pueden dividir en dos tipos: activación física (también llamada térmica) y activación química. La porosidad de los carbones preparados mediante activación física es el resultado de la gasificación del material carbonizado a temperaturas elevadas, mientras que la porosidad que se obtiene en activación química es generada (caso de activación con $ZnCl_2$ o H_3PO_4) por reacciones de deshidratación química que tienen lugar a temperaturas mucho más bajas (Rodríguez Reinoso, 2006).

Las nuevas exigencias del mercado han hecho que hoy día se fabriquen carbones activados con muy diferentes formas físicas, desde las tradicionales (polvo, granular y aglomerado) a monolitos, telas y fieltros. Esto ha complicado los procesos de fabricación y la búsqueda de precursores adecuados en cada caso. Por ejemplo, el uso de la activación química con $ZnCl_2$ o H_3PO_4 se puede aprovechar para producir carbones activados en forma de monolito, sin utilizar un ligante. En el caso de la activación con KOH esto no es posible, excepto en el caso que el precursor sea un material que conduzca a mesofase carbonosa, que es autosinterizable (Rodríguez Reinoso, 2006).

Una vez que el carbón activado ha sido saturado con los componentes que debe adsorber en una aplicación industrial, puede ser regenerado mediante una serie de procesos, para así recuperar su estado original. Las ventajas de la regeneración son, principalmente, el que se reduce el coste del usuario y que se reduce considerablemente el problema de la eliminación o almacenamiento del material gastado. La regeneración puede realizarse "in situ", en la propia instalación del usuario o, más frecuentemente, en los sistemas de regeneración de los propios fabricantes (Rodríguez Reinoso, 2006).

Independientemente del objetivo que se quiera lograr en la evaluación de la calidad química del agua, deberá obtenerse una muestra representativa de la fuente hídrica o vertido que desee analizarse. Para ello, no solo deberá tenerse en cuenta el tipo de muestra y el sitio de muestreo, sino la correcta manipulación, preservación y transporte de la misma (Lozano Rivas, 2013).

2.2.3.5. Clasificación del carbón activado

En términos generales los carbones activados se clasifican en dos grandes grupos:

- Carbones para purificación en fase líquida: Carbón Granular y Pulverizado.
- Carbones para purificación en fase gaseosa.

Las propiedades más importantes a considerar al seleccionar un carbón son el diámetro de los poros y las características de los mismos.

- Carbón granular: La única diferencia entre un carbón granular y uno pulverizado es el tamaño de la partícula. Presentan un tamaño medio de partícula entre 1 y 5 mm.
- Carbón pulverizado: El Carbón Activado pulverizado presenta tamaños menores de 100 um, siendo los tamaños típicos entre 15 y 25 um.

Imagen N° 3: Carbón granular comercial



Fuente: (Lopez & Nieto, 2014)

Imagen N° 4: Carbón pulverizado



Fuente: (Lopez & Nieto, 2014)

2.2.3.6. Diferencia entre carbón activo granular y en polvo

El carbón activado granular (CAG) y el carbón activado en polvo (CAP) son exactamente lo mismo. Se fabrican con el mismo proceso y, al final del mismo, el segundo se pulveriza y el primero no. Mucha gente cree que el CAP tiene más capacidad, basados en la creencia de que éste tiene una mayor área superficial que el CAG. Pero esto no es así, ya que la gran área de un carbón activado, está a nivel molecular y prácticamente no aumenta con la pulverización del mismo. Lo que sí aumenta en el CAP es la cinética con la que trabaja. Esto se debe a que disminuye la longitud de sus poros, mismos que se llenan por un fenómeno de capilaridad cuando el carbón se pone en operación.

Con base en lo anterior, el CAG y el CAP realizan la misma función fisicoquímica: adsorben compuestos poco polares, covalentes y no disociados es decir, principalmente orgánicos.

La única diferencia entre ambos carbones es de carácter mecánico: radica en su tamaño y, por lo tanto, en la manera de aplicarlos.

Un CAP se agrega al agua y se mezcla con ella en un mezclador estático en línea (en la tubería) o en un tanque con agitación. Posteriormente se separa del agua por cuagulación-floculación-sedimentación y/o por filtración (filtro prensa).

Un CAG se instala en una cama fija dentro de un tanque. A través de la cama de CAG se percola el agua que se va a tratar.

La ventaja del CAP consiste en que se puede dosificar la cantidad necesaria de acuerdo con la calidad de cada lote a tratar (aunque también puede aplicarse en un proceso continuo). Su desventaja está en que hay que separarlo del agua (como se mencionó: por coagulación-floculación-sedimentación y/o por filtración).

Las ventajas del CAG son:

- 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.

De acuerdo con lo anterior, cuando se aplica carbón activado como tratamiento terciario, o se aplica en forma granular o en polvo, pero no ambos, pues ambos retienen lo mismo. (Carbotecnia Tratamiento de agua y aire, 2004)

2.2.3.7. Aplicaciones del carbón activado

Según Grosó y Brosa (1999), las propiedades del carbón activado, permiten que el mismo tenga un gran número de aplicaciones tanto en fase líquida como en fase gaseosa:

- Procesos de separación en fase líquida

En fase líquida, se utiliza carbón activado tanto en polvo como granular y en casos muy particulares, también el peletizado. Entre las principales aplicaciones están la remoción de impurezas que causan color, olor y sabor en agua potable en potabilizadoras, refresqueras y purificadores caseros; en otros líquidos de procesos alimenticios (ejemplo: zumos, vinos, vinagres, destilados), en líquidos de procesos químicos (ejemplo: solventes y fármacos). Se usan para remover compuestos orgánicos y metales ligados a moléculas orgánicas en aguas residuales de origen municipal o industrial, precursores de color que pueden no

tener color original, pero que lo causan en una etapa posterior del proceso o después de que el producto se ha envasado y vendido (ejemplo: glucosa de maíz), contaminaciones que interfieren en la cristalización y en el rendimiento de la formación de cristales (ejemplo: industria azucarera), compuestos que causan espumas, impurezas que causan turbidez o precursores de la misma. Otras de las aplicaciones del CA, se basan en la recuperación de sustancias deseadas: la concentración de un material valioso contenido en una solución diluida, por medio de adsorción y con la posterior recuperación de dicho material por elusión (ejemplo: recuperación de oro y plata).

- Procesos de separación en fase gaseosa.

En este caso se utiliza el CA granular. Las principales aplicaciones pueden clasificarse de acuerdo a la remoción:

1- De olores en objetos y lugares públicos, así como en la fabricación de mascarilla para gases, boquillas de cigarrillo, adsorbedores de ozono y vapores de gasolina en el interior de automóviles.

2- De vapores de ácidos, bases u otros compuestos, teniendo en cuenta que cuando los compuestos a adsorber no son adsorbibles en CA, se procede impregnando el carbón en un compuesto químico que reaccione con el contaminante que requiere eliminarse,

3- De etileno generado por frutas y otros vegetales almacenados, mediante adsorción en CA impregnado con un agente oxidante (mediante este procedimiento, se evita la maduración prematura).

4- De compuestos orgánicos en aire o gases de escape provenientes de desengrasado de metales y partes automotrices, recubrimiento de películas, cintas magnéticas, mallas y cintas adhesivas.

- Filtros para aire, gas comprimido, purificación de agua y aplicaciones biomédicas.

Los filtros con carbón activado se utilizan generalmente en la purificación de aire, agua y gases, para quitar sabores, olores y otros hidrocarburos del aire y de gases comprimidos. Se utiliza en purificación del agua de lluvias en zonas donde esta, es usada para usos domésticos. El tamaño del poro del carbón activado y el tamaño de las partículas a filtrar también influyen en la vida útil y capacidad de filtración del filtro. Por lo que, la única forma de saber si un filtro de carbón activado ha dejado de funcionar es hacer un análisis del agua resultante del filtro, pues ni el sabor ni el olor, pueden ser un referente certero. Una vez que se ha saturado un filtro de carbón activado, el agua que pase por él, resultará más contaminada que si no se filtrara. El carbón activado es usado como agente adsorbente (pastillas de carbón), para tratar envenenamientos y sobredosis por ingestión oral,

previando la absorción del veneno en el estómago, entre otros usos biomédicos. El incremento en el uso del carbón activado hace necesario mejorar sus propiedades de adsorción. El recubrimiento de carbón activado con material de origen biológico es un nuevo método para la modificación de las propiedades activadas del carbón. Estos materiales son muy abundantes ambientalmente, se ha comprobado que el proceso es efectivo y no canceroso. Uno de materiales biológicos utilizado es la quitosana (Rinaudo, 2006), la cual poseen variados usos en aplicaciones biomédicas.

(Garcia, Gonzalez, Padron, Rodriguez, & Gomez, 2013)

2.2.4. Medio Filtrante

Un medio filtrante ideal debe ser de un tamaño tal que retenga una gran cantidad de sólidos filtrados, de un efluente de claridad buena, y pueda limpiarse fácilmente por lavado. Las carenas más gruesas darán tiempos de funcionamiento más largos y pueden lavarse más fácilmente, pero se requiere un caudal de agua de lavado superior para obtener una expansión comparable durante el lavado. Durante el lavado, los tamaños más finos quedaran cerca de la parte superior del lecho del filtro y los tamaños más gruesos cerca del fondo.

Los filtros granulares profundos consisten generalmente en 45.7 a 76cm de medio filtrante soportado sobre un sistema de desagüe inferior. El filtro puede estar abierto a la atmosfera o encerrado en un tanque a presión constituyendo en el primer caso los filtros de gravedad y en el segundo los filtros a presión. (Walter Weber, 2003)

2.2.4.1. Mecanismos principales de filtración

Los filtros granulares profundos de material grueso, la eliminación tiene lugar dentro del lecho del filtro y se denomina corrientemente filtración por profundidad. La eficacia de la filtración por profundidad depende de varios mecanismos. Primero, un mecanismo de transporte debe llevar a la partícula pequeña desde la masa principal del fluido hasta cerca de la superficie del medio. Los mecanismos de transporte pueden incluir decantación.

Segundo, cuando la partícula se acerca a la superficie del medio, o por la acción de los sólidos depositados anteriormente en él, es preciso un mecanismo de fijación para retener la partícula. El mecanismo de fijación puede implicar interacciones electrostáticas, enlaces químicos por puentes o adsorción específica; todos estos mecanismos están afectados por los coagulantes empleados en el pretratamiento y las características químicas del agua y el medio filtrante.

En los filtros granulares profundos, la eliminación es debida a una combinación de estos mecanismos. (Walter Weber, 2003)

2.2.4.2. Tipos de filtros

La filtración puede efectuarse en muchas formas distintas: con baja carga superficial (filtros lentos) o con alta carga superficial (filtros rápidos), en diferentes medios porosos (arena, antracita, granate, etc) empleando solo un medio (lecho simple) o varios medios (lecho mixto), con flujo ascendente o descendente: por último, el filtro puede trabajar a presión o gravedad, según sea la magnitud de la carga hidráulica que exista sobre el lecho filtrante. (Pérez, 1981)

Tabla N° 2: Tipos de filtros

SEGÚN LA VELOCIDAD DE FILTRACION	SEGÚN MEDIO FILTRANTE	SEGÚN EL SENTIDO DE FLUJO	SEGÚN LA CARGA SOBRE EL LECHO
LENTOS	ARENA		Por gravedad
RAPIDOS	LECHO SIMPLE: Arena, antracita	Ascendentes / Descendentes	Por gravedad, por presión
	LECHO MIXTO:		Por gravedad, por presión
	a) Lecho doble: aren antracita b) Lecho triple: arena, antracita, granate.		

Fuente: (Pérez, 1981)

2.3. Definición de términos básicos

- Agua Cruda: Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento (Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, 2011).
- Agua: líquido incoloro, inodoro y casi insípido, esencial para la vida animal y vegetal y el más empleado de los disolventes (Yadira Carrillo & Sanchez Muños, 2013).
- Agua Tratada: Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano (Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, 2011).

- Carbón activo/activado: El carbón activado es un material que se usa para extraer sustancias químicas nocivas del aire y el agua contaminados. Está compuesto de gránulos negros de carbón, madera, cáscara de nuez y otros materiales ricos en carbón (EPA, 2012).
- Adsorción: término usado para describir la existencia de una alta concentración de sustancias en la interfase entre el fluido y el sólido (García, González, Padron, Rodríguez, & Gómez, 2013).
- Cloro residual libre: Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento (Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, 2011).
- Límite máximo permisible: Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua (Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, 2011).
- Parámetros microbiológicos: Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano (Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, 2011).
- Sistema de tratamiento de agua: Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano (Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud, 2011).
- Carbón activo: Los carbones activados son materiales porosos con una gran área superficial interna, se usan en variedad de aplicaciones industriales como la separación y purificación de líquidos y gases (García, González, Padron, Rodríguez, & Gómez, 2013).

2.4. Hipótesis

El agua filtrada con carbón activo granular del río Cumbe mejora las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

3.1.1. Variable Independiente

- Filtro de carbón activo

Tabla N° 3: Variable Dependiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Filtro de carbón activo	Medio, dispuesto con diferentes estratos por capas; por el cual atravesará el agua para ser clarificada y depurada.	Espesor de estratos	Piedra grande e=25m
			Gravilla e=5cm
			Arena gruesa e=5cm
			Carbón activo e=30cm

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.1.2. Variable Dependiente

- Calidad del agua

Tabla N° 4: Variable Independiente

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Calidad del agua	Se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua (NOAA-DEPARTMENT OF COMMERCE, 2009).	Características físicas del agua potable.	Turbiedad
			Color
		Características químicas del agua potable.	Ph
			Residual de desinfectante
		Características bacteriológicas del agua potable.	Bacterias coliformes totales
			Bacterias termotolerantes o fecales

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.2. Diseño de investigación

3.2.1. Tipo de diseño de investigación.

La investigación es experimental de tipo experimental aplicada.

3.3. Unidad de estudio

Calidad de agua proveniente del río Cumbe filtrada a través de carbón activo.

3.4. Población

Agua proveniente del río Cumbe filtrada a través de carbón activo.

3.5. Muestra (muestreo o selección)

El tipo de muestra es no probabilístico, agua proveniente del río Cumbe filtrada a través de carbón activo.

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Técnica

Se hace un recorrido aguas arriba y aguas abajo del río Cumbe en el caserío de Tomacucho - Distrito San Juan - Cajamarca - Cajamarca, hasta lograr encontrar la caída adecuada para la ubicación del filtro. Para esta investigación, el filtro se ubicará en las siguientes coordenadas.

N: 9199031.34

E: 770323.53

Fotografía N° 1: Ubicación de Filtro Río Cumbe – Caserío Tomacucho



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

3.6.1.1. Materiales

Tabla N° 5: Materiales

Materiales	Cantidad
Tapón 2"	2
Tee 2"	1
Tubería 2"	15
Codo 90° 2"	9
Grifo 1"	2
Codo 45° 2"	2
Gravilla	0.0288 m3
Arena Gruesa	0.0288 m3
Carbón Activo	0.108 m3
Piedra Grande	0.072 m3
Barril plástico de 170 L (HDPE)	2
Multiconector con válvula esférica Rotoplas	2
Cinta teflón	2

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

3.6.2. Procedimientos

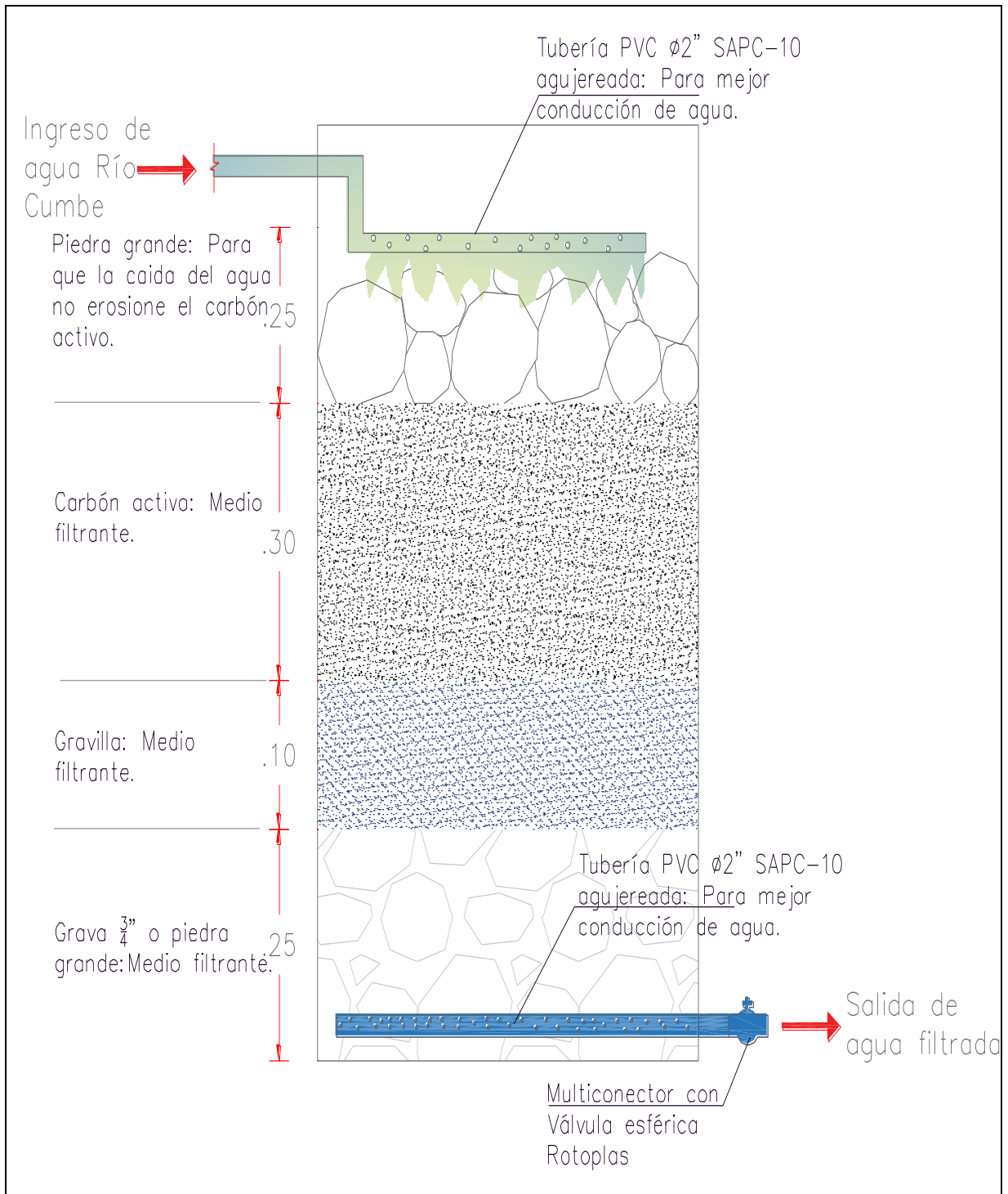
3.6.2.1. Perfil de filtros

Infante (2017), en su tesis de investigación "Carbón activo granular, en la mejora de la calidad de agua potable" utiliza espesores definidos por Aqueous solutions, 2017. Para esta investigación se cambiará algunos espesores los que se describen a continuación:

-Filtro A: piedra grande $e=0.25m$, gravilla $e=0.10m$, carbón activado $=0.30m$, piedra grande $=0.25m$, tubería agujereada.

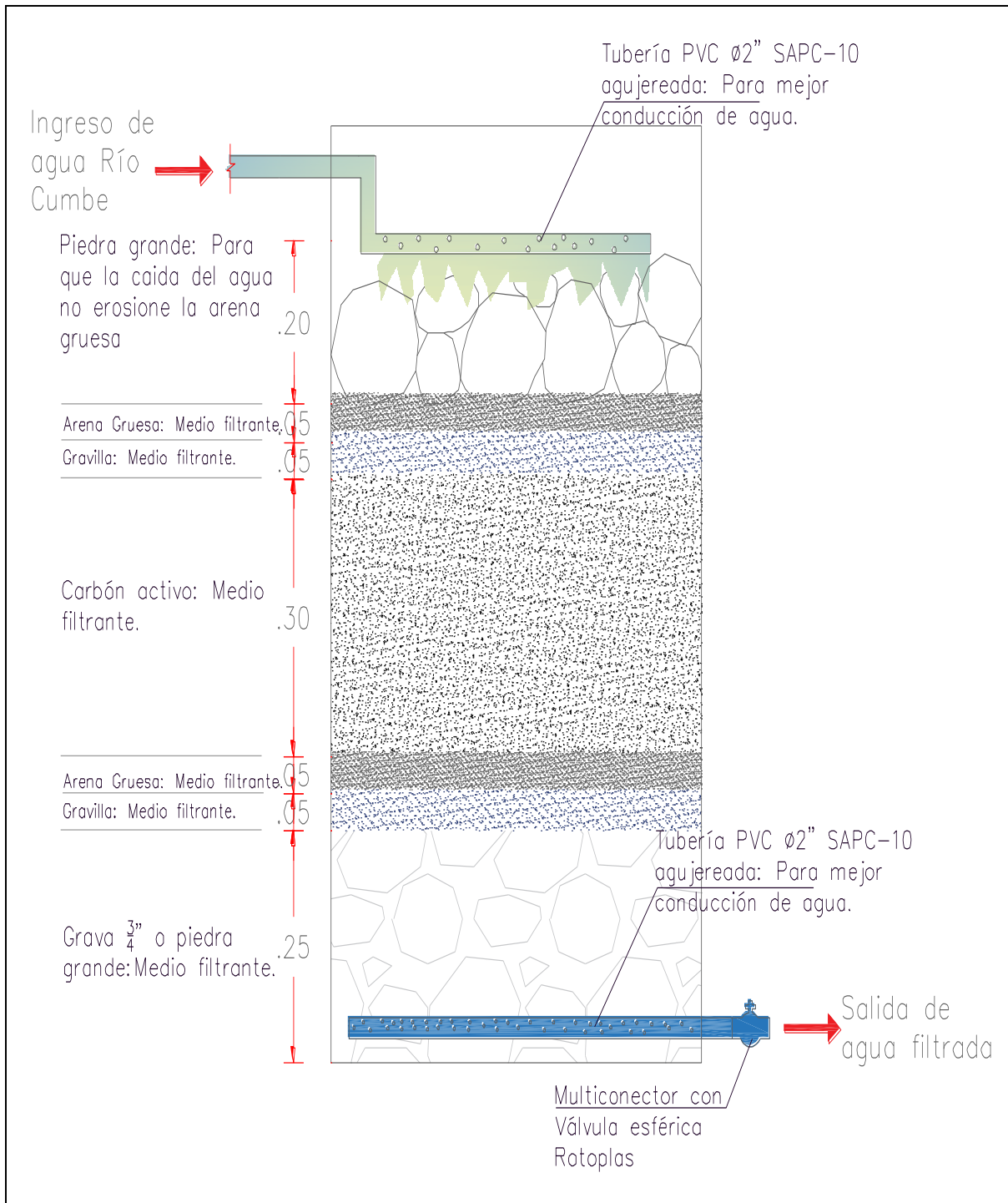
-Filtro B: piedra grande $e=0.25m$, gravilla $e=0.05m$, arena gruesa $e=0.05m$, carbón activado $=0.30m$, gravilla $e=0.05m$, arena gruesa $e=0.05m$, piedra grande $=0.25m$, tubería agujereada.

Imagen N° 5: Filtro Chipile (2017) –Filtro A



Fuente: (Chipile, 2017).

Imagen N° 6: Filtro Planteado – Filtro B



Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.6.2.2. Recolección de datos

3.6.2.2.1 Coliformes totales

Tabla N° 6: Técnica de recolección de datos para ensayo de Coliformes totales.

Ensayos	Fuente	Análisis	Instrumento
Coliformes totales.	Muestras obtenidas en campo.	Análisis en laboratorio regional del agua.	Protocolo establecido por laboratorio regional del agua.

Fuente: (Chipile, 2017)

3.6.2.2.2 Coliformes termotolerantes

Tabla N° 7: Técnica de recolección de datos para ensayo de Coliformes termotolerantes.

Ensayos	Fuente	Análisis	Instrumento
Coliformes termotolerantes.	Muestras obtenidas en campo.	Análisis en laboratorio regional del agua.	Protocolo establecido por laboratorio regional del agua.

Fuente: (Chipile, 2017)

3.6.2.2.3 Color

Tabla N° 8: Técnica de recolección de datos para ensayo de Color.

Ensayos	Fuente	Análisis	Instrumento
Color.	Muestras obtenidas en campo.	Análisis en laboratorio regional del agua.	Protocolo establecido por laboratorio regional del agua.

Fuente: (Chipile, 2017)

3.6.2.2.4 Turbiedad

Tabla N° 9: Técnica de recolección de datos para ensayo de Turbiedad.

Ensayos	Fuente	Análisis	Instrumento
Turbiedad.	Muestras obtenidas en campo.	Análisis en laboratorio regional del agua.	Protocolo establecido por laboratorio regional del agua.

Fuente: (Chipile, 2017)

3.6.2.2.5 Residual de desinfectante

Tabla N° 10: Técnica de recolección de datos para ensayo de Residual de desinfectante.

Ensayos	Fuente	Análisis	Instrumento
Residual de desinfectante.	Muestras obtenidas en campo.	Análisis en laboratorio regional del agua.	Protocolo establecido por laboratorio regional del

Fuente: (Chipile, 2017)

3.6.2.2.6 Ph (Potencial de hidrogeno)

Tabla N° 11: Técnica de recolección de datos para ensayo de pH (Potencial de hidrógeno).

Ensayos	Fuente	Análisis	Instrumento
pH.	Muestras obtenidas en campo.	Análisis en laboratorio regional del agua.	Protocolo establecido por laboratorio regional del

Fuente: Fuente: (Chipile, 2017)

3.6.2.3. Toma de muestras

El Ministerio de salud, 2011, menciona que las pruebas analíticas deben realizarse en laboratorios que tengan como responsables de los análisis a profesionales colegiados habilitados de ciencias e ingeniería, además deben contar con métodos, procedimientos y técnicas debidamente confiables y basados en métodos normalizados para el análisis de agua para consumo humano de reconocimiento internación, en donde aseguren que los límites de detección del métodos para cada parámetro o analizar estén por debajo de los límites máximos permisibles señalados el presente reglamento.


Todos los ensayos mencionados anteriormente se realizaron seis veces en cada filtro y una muestra antes del filtro, siendo un total de 13 muestras.

1. Procedimiento de toma de muestras para análisis Microbiológicos:
 - Utilizar guantes descartables antes de recolectar la muestra.
 - Conserve la botella de muestreo cerrada hasta el momento del muestreo.
 - Retire la envoltura, evitando contaminar la tapa y el cuello de la botella
 - Cuando la muestra es colectada dejar un espacio de al menos 2.5cm para facilitar la mezcla por agitación antes del análisis.
 - Llene el recipiente sin enjuagar y tape inmediatamente el recipiente y coloque nuevamente la envoltura asegurándolo alrededor del cuello de la botella.
(Laboratorio Regional del Agua, 2017)

2. Procedimiento de toma de muestras para análisis Fisicoquímicos
 - Abrir y disminuir el caudal del grifo, para evitar salpicaduras.
 - Tomar la muestra de agua llenado completamente el frasco.
 - Cerrar inmediatamente el frasco comprobando que se ha hecho correctamente.
 - Identificar las muestras recogidas en los envases con su respectiva etiqueta.
 - Transportar las muestras cuidadosamente al lugar donde se realizará el estudio de las muestras.

3.6.2.4. Formato para recolección y toma de muestras.

Tabla N° 12: Formato para recolección de muestras

TESIS : MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUMBE EMPLEANDO FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO			UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
			CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
			ENSAYOS DE LABORATORIO - LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA CAJAMARCA
COLECTA DE MUESTRA			
MUESTREADOR:		FECHA DE MUESTREO:	
MUESTRAS FISICOQUÍMICOS			
ITEM	ID MUESTRA	HORA DE MUESTREO	LOCALIZACION DE MUESTRA
MUESTRAS MICROBIOLÓGICOS			
ITEM	ID MUESTRA	HORA DE MUESTREO	LOCALIZACION DE MUESTRA
FOTOGRAFÍAS			
<div style="border: 1px solid black; height: 200px; width: 100%;"></div>			
<p>-----</p> <p>Firma del Director/Asesor de la Carrera de Ingeniería Civil</p>			
OBSERVACIONES:			

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Tabla N° 13: Resultados Filtro A

ENSAYOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	RÍO CUMBE AFLUENTE	SEMANA 1 - EFLUENTE		SEMANA 2 - EFLUENTE		SEMANA 3 - EFLUENTE	
			FILTRO A - M1	FILTRO A - M2	FILTRO A - M1	FILTRO A - M2	FILTRO A - M1	FILTRO A - M2
TURBIDEZ (NTU)	5	5.61	3.74	4.57	2.67	1.55	1.17	1.16
PH (Ph)	6.5 - 8.5	7.86	8.5	8.16	7.91	8.21	8.28	8.15
COLOR UCV – Pt-Co	15	<LCM	<LCM	4.3	6	<LCM	<LCM	8.3
COLOR RESIDUAL (mg Cl/L)	0.5	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
COLIFORMES TOTALES (NMP/100mL)	50	9.2X10 ³	3.5X10 ³	5.4X10 ³	2.2X10 ³	2.20X10 ²	9.20X10 ²	0.94 X 10 ²
COLIFORMES TERMOLERANTES (NMP/100mL)	20	4.9 X 10	2.3 X 10	2.20 X 10 ²	1.70 X 10 ²	3.3 X 10	1.30 X 10 ²	9.2

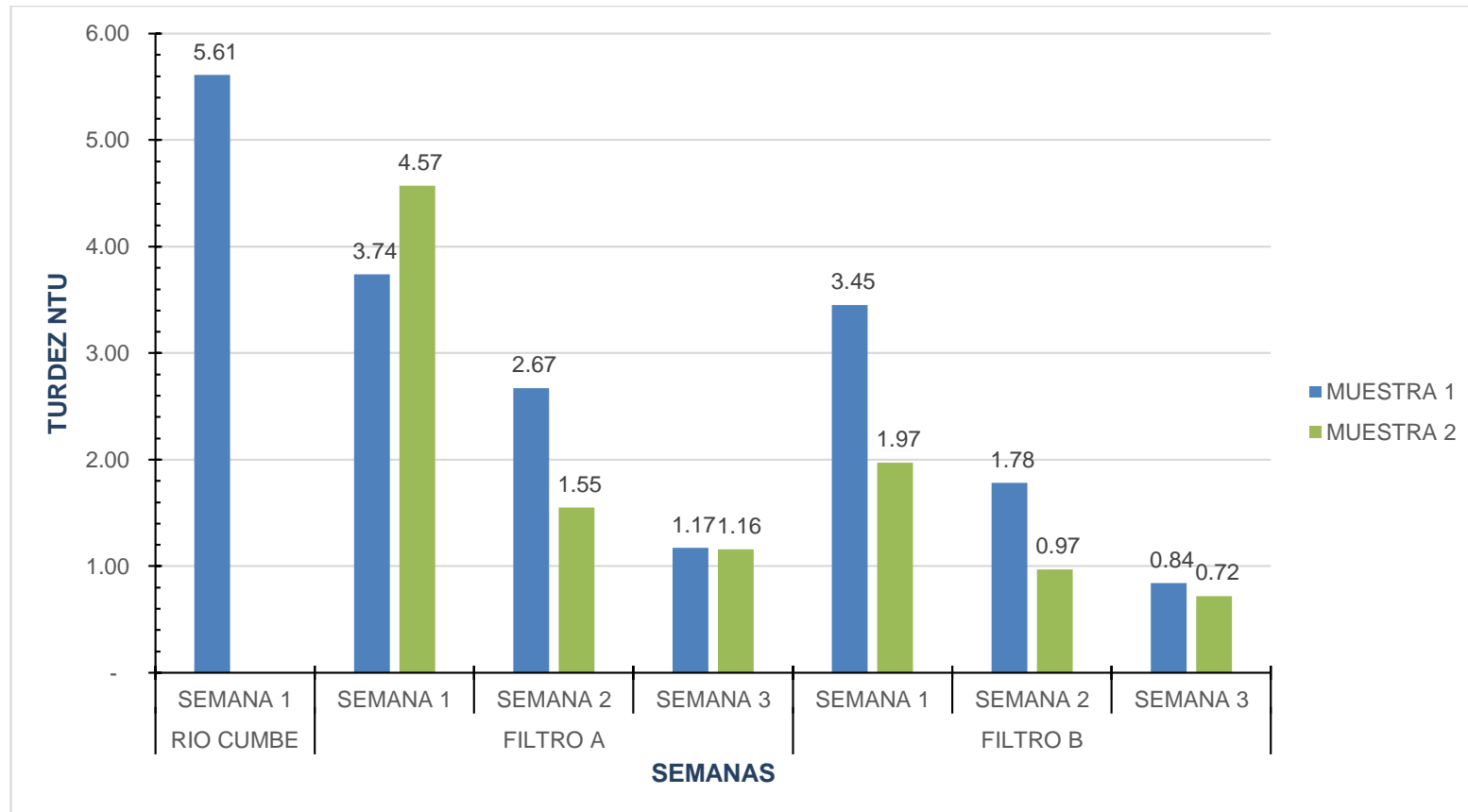
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla N° 14: Resultados Filtro B

ENSAYOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	RÍO CUMBE AFLUENTE	SEMANA 1 - EFLUENTE		SEMANA 2 - EFLUENTE		SEMANA 3 - EFLUENTE	
			FILTRO B - M1	FILTRO B - M2	FILTRO B - M1	FILTRO B - M2	FILTRO B - M1	FILTRO B - M2
TURBIDEZ (NTU)	5	5.61	3.45	1.97	1.78	0.97	0.84	0.72
PH (Ph)	6.5 - 8.5	7.86	7.77	7.95	8.06	8.15	8.2	8.21
COLOR UCV – Pt-Co	15	<LCM	<LCM	<LCM	5.2	6	<LCM	5
COLOR RESIDUAL (mg Cl/L)	0.5	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
COLIFORMES TOTALES (NMP/100mL)	50	9.2X10 ³	5.40 X 10 ²	5.40 X 10 ²	16X10 ²	2.20 X 10 ²	3.50 X 10 ²	1.10 X 10 ²
COLIFORMES TERMOLERANTES (NMP/100mL)	20	4.9 X 10	1.30 X 10 ²	4.6 X 10	7 X 10	3.2 X 10	4.9 X 10	1.2 X 10

Fuente: Elaboración propia, 2018.

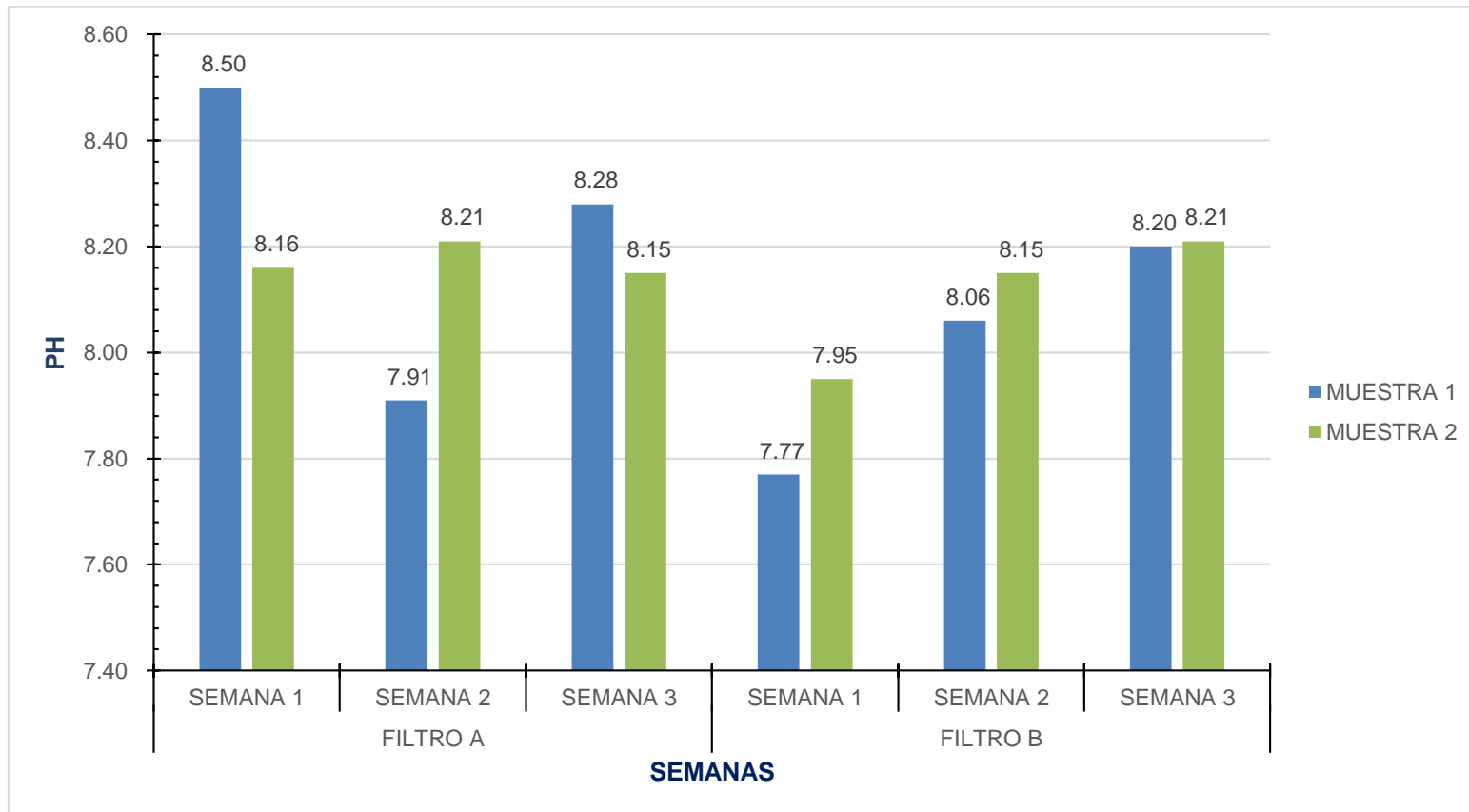
Gráfico N° 1: Resultados Turbidez



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el gráfico N°1 se muestra los resultados de ensayos obtenidos durante las 3 semanas de muestreo. Es evidente la disminución desde la toma de la primera muestra en la semana 1.

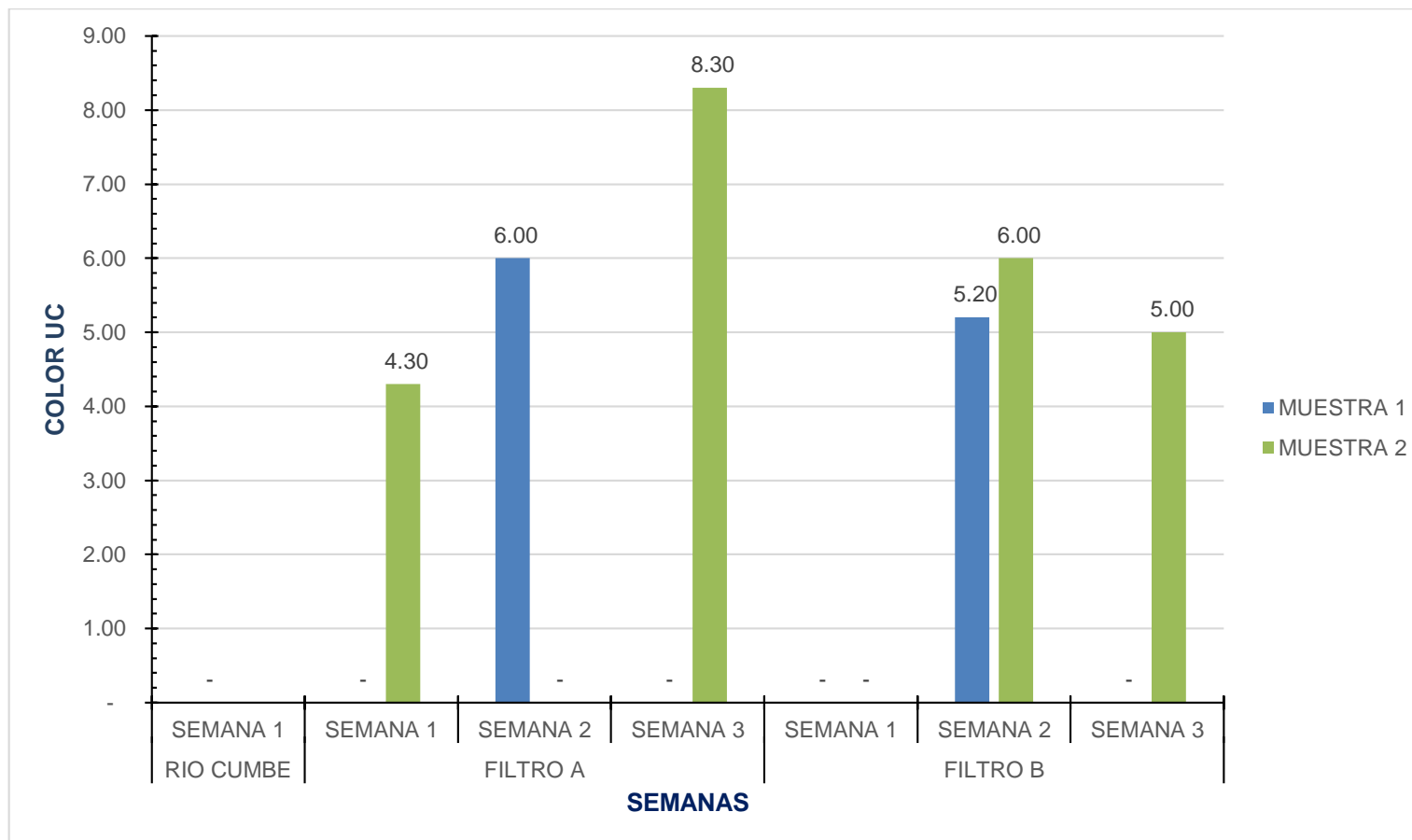
Gráfico N° 2: Resultados pH



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el gráfico N°2 se muestra los resultados de ensayos obtenidos durante las 3 semanas de muestreo. Es evidente la disminución desde la toma de la primera muestra en la semana 1.

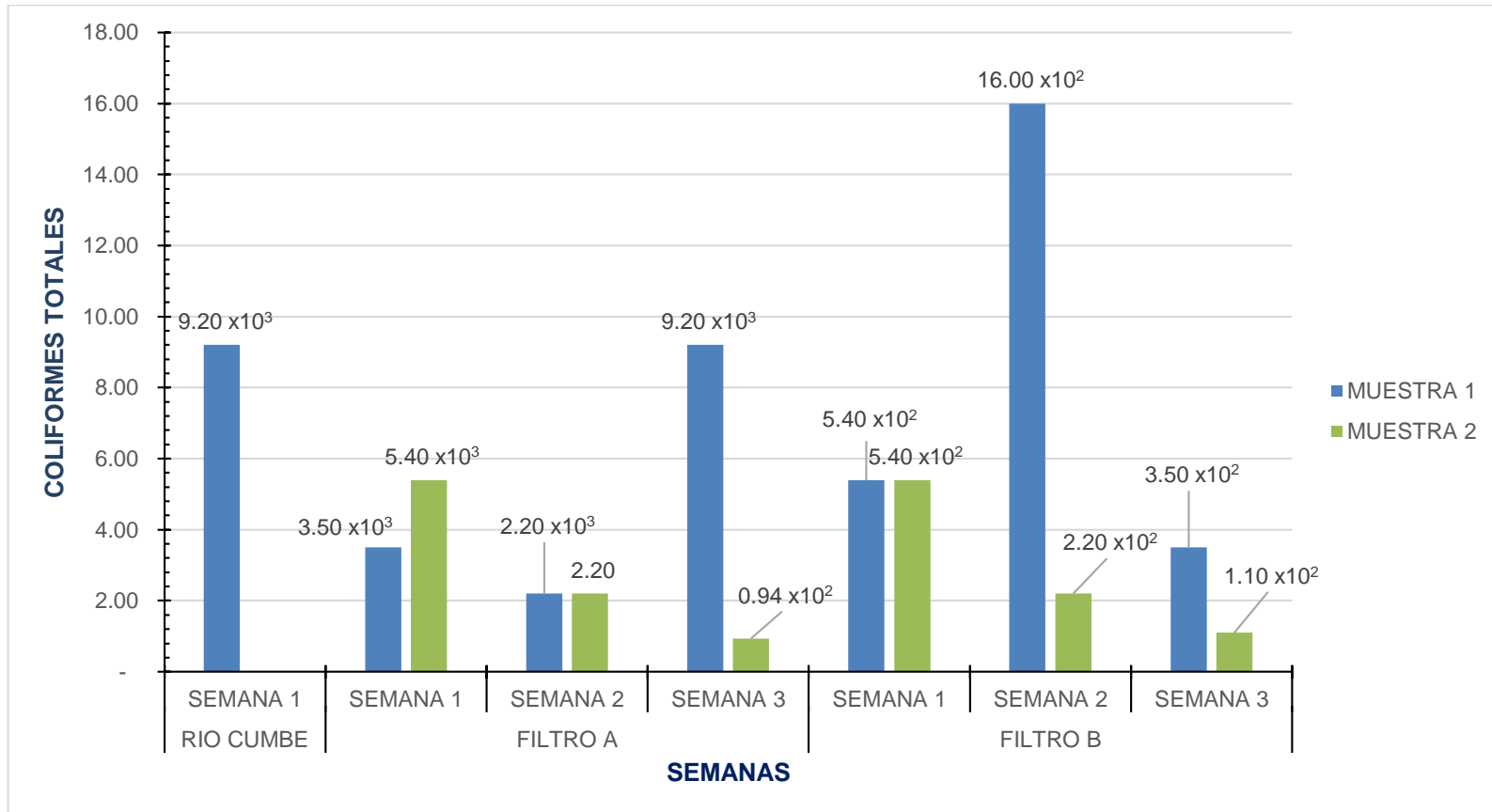
Gráfico N° 3: Resultados Color



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el gráfico N°3 se muestra los resultados de ensayos obtenidos durante las 3 semanas de muestreo. Es evidente la disminución desde la toma de la primera muestra en la semana 1.

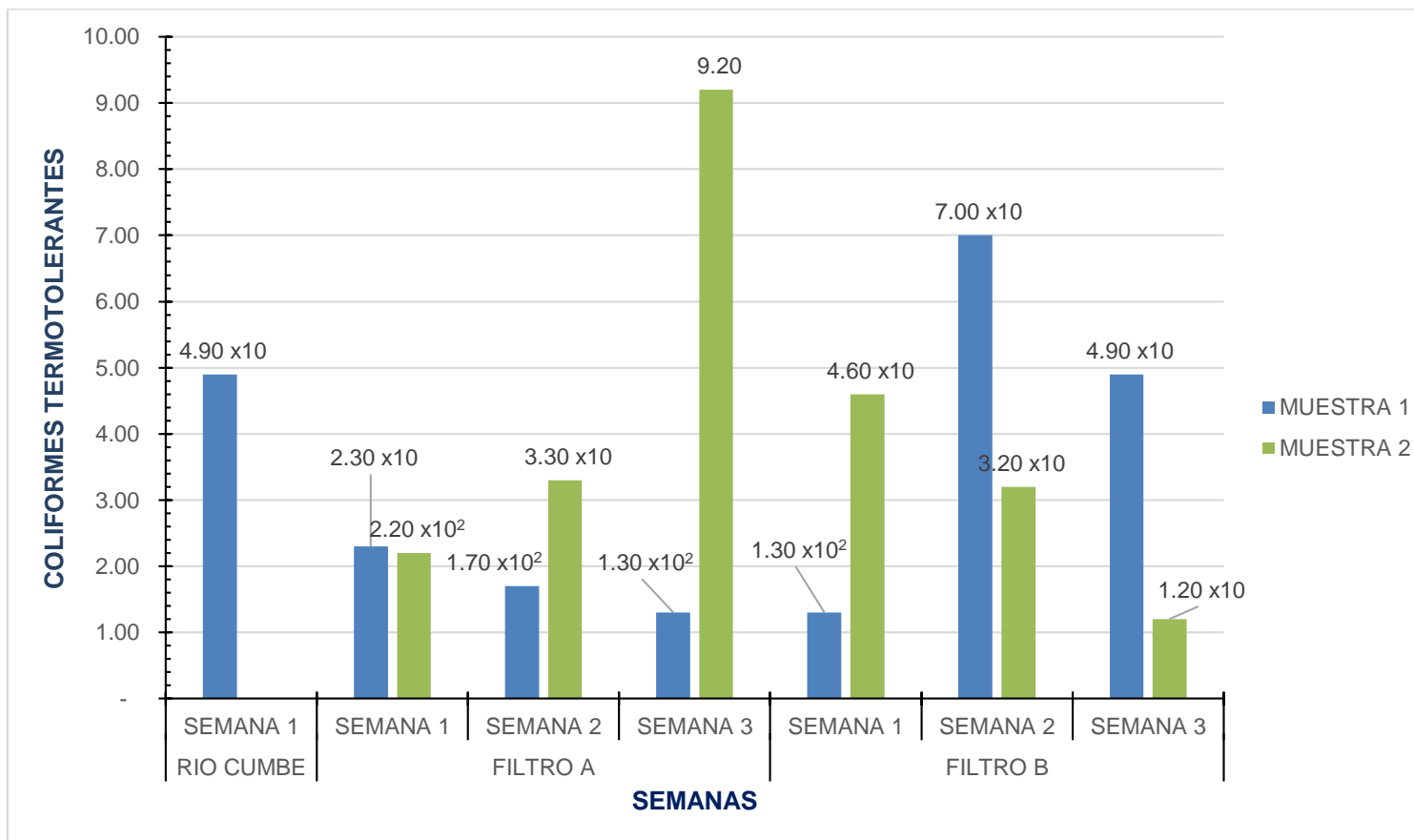
Gráfico N° 4: Resultados Coliformes totales



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el gráfico N°4 se muestra los resultados de ensayos obtenidos durante las 3 semanas de muestreo. Es evidente la disminución desde la toma de la primera muestra en la semana 1.

Gráfico N° 5: Resultados Coliformes termotolerantes



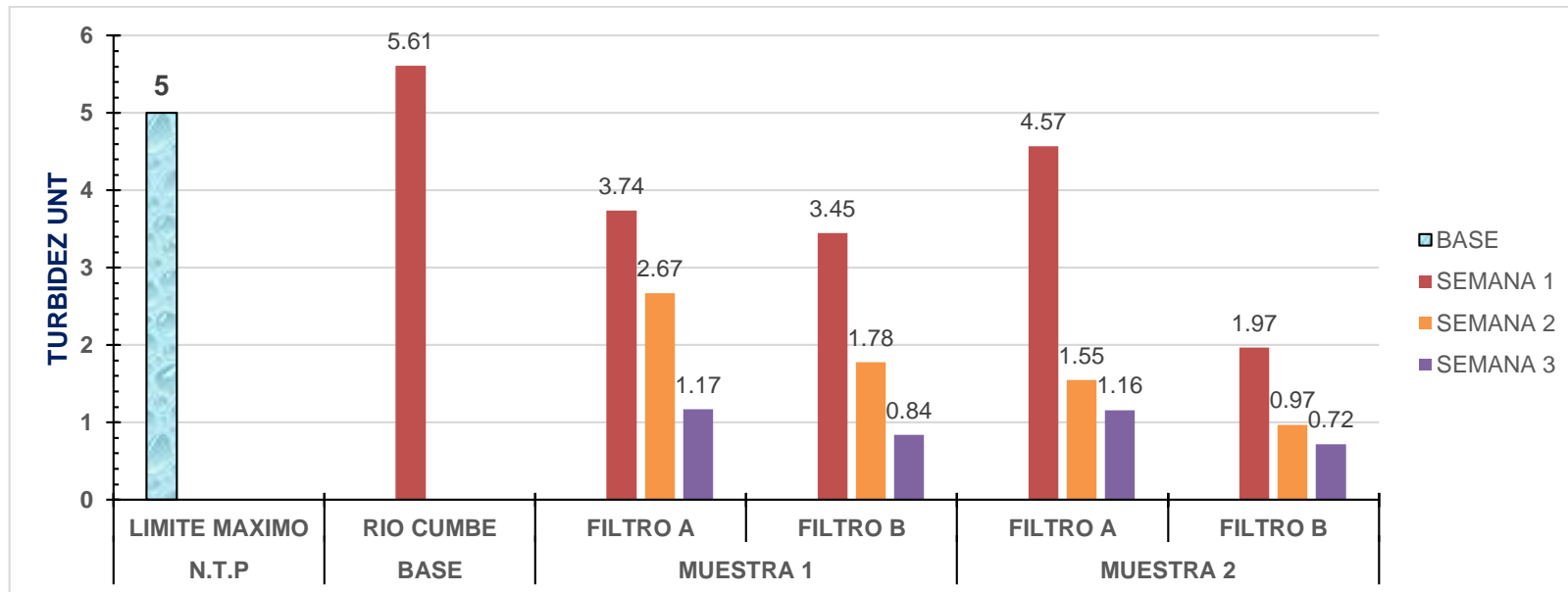
Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el gráfico N°5 se muestra los resultados de ensayos obtenidos durante las 3 semanas de muestreo. Es evidente la disminución desde la toma de la primera muestra en la semana 1.

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

5.1. Turbidez

Gráfico N° 6: Turbidez (UNT)

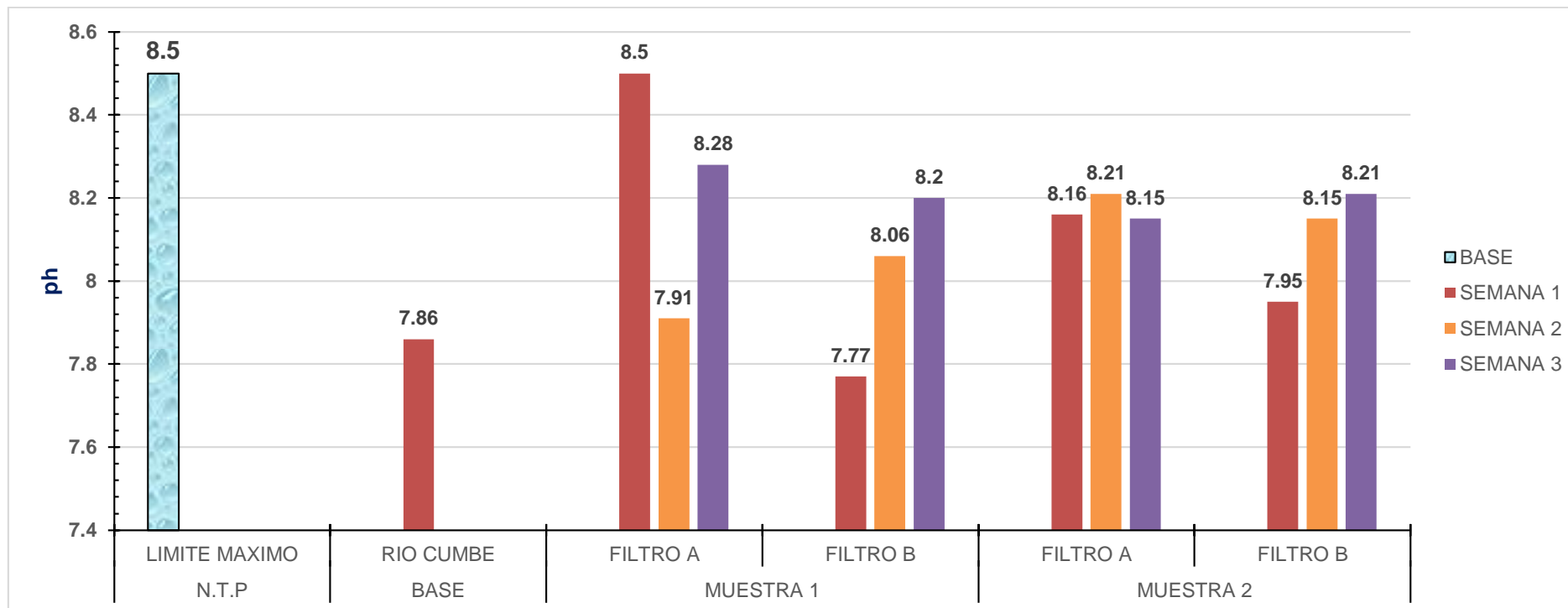


Fuente: Elaboración propia, 2018.

El límite máximo permisible es de 5, esto se refiere que el grado de transparencia del agua no debe superar dicho valor, al analizar la muestra del efluente (Río Cumbe) supera el límite máximo permisible y por lo tanto presenta partículas en suspensión, es decir a mayor cantidad de solidos suspendidos, mayor será el grado de turbidez, pero al ir filtrando por los 2 tipos de filtros; se evidencia la disminución de turbidez y siendo el más eficiente el Filtro B. Durante la semana 1 y 2 no hay tanta variación en la disminución de la turbidez, esto se debe a las lluvias durante la semana 2.

5.2. Ph

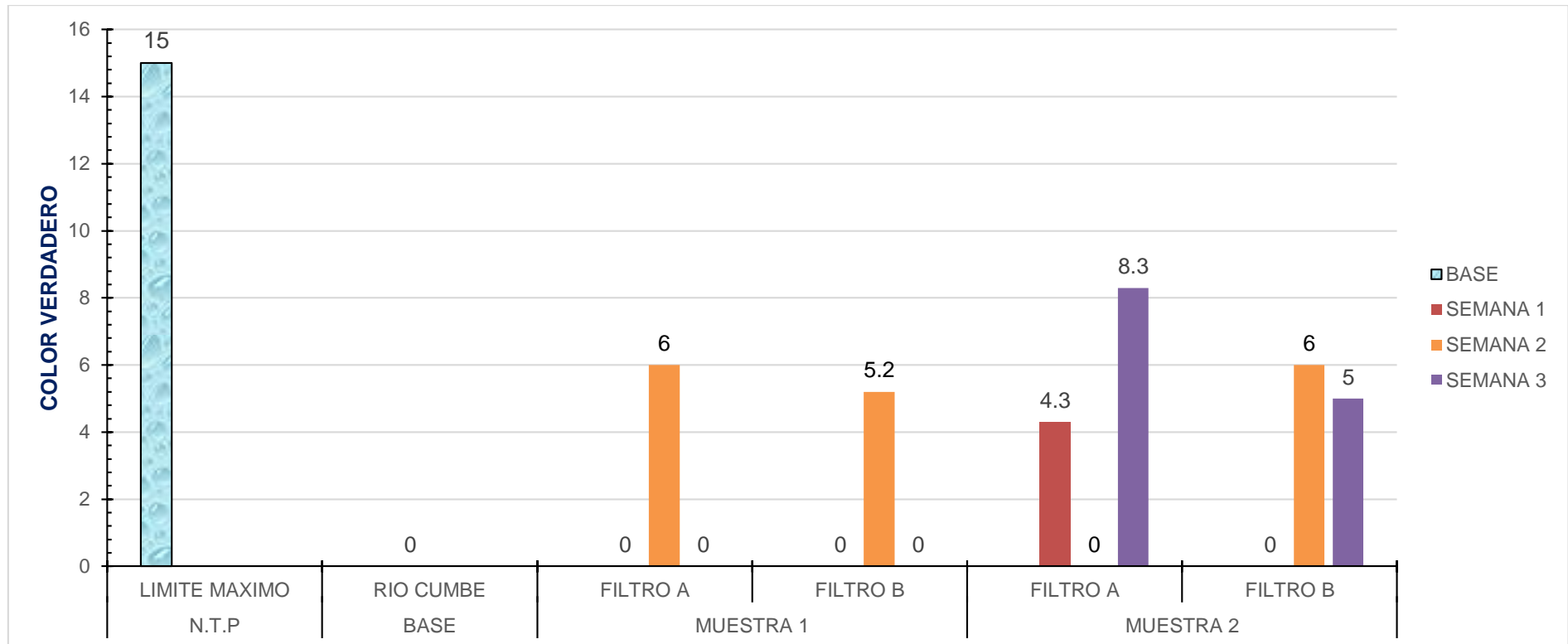
Gráfico N° 7: ph



Fuente: Elaboración propia, 2018.

El límite máximo permisible oscila entre 6.5 - 8.5, el ph se refiere a la medida de acidez en el agua y si se presentara alto ph puede ser resultado de minerales disueltos. De acuerdo a los resultados obtenidos podemos observar que se mantiene y no supera el límite máximo permisible. También se aprecia la elevación del ph en las dos últimas semanas, esto se debe a que hubo lluvias durante este tiempo. Durante la semana 2 se eleva ligeramente el ph debido a precipitaciones.

Gráfico N° 8: Color verdadero

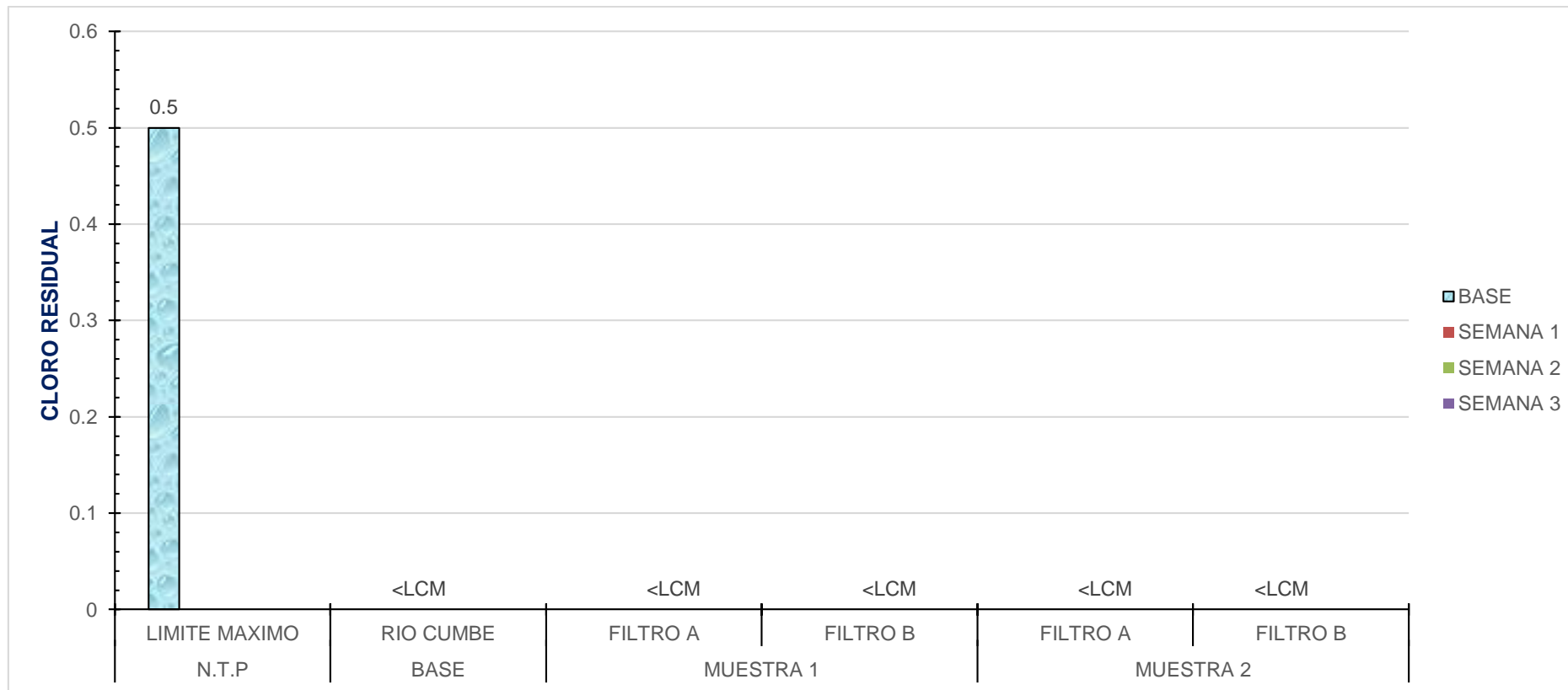


Fuente: Elaboración propia, 2018.

El límite máximo del agua es de 15 UC, la apreciación de color en el agua, normalmente en la gama del marrón pardo, el rojo y/o el amarillo, es causada, generalmente, por la presencia de materias orgánicas coloreadas relacionadas con el humus de la tierra por donde discurre, al analizar los resultados podemos verificar que no supera el límite máximo permisible y su variación se puede deber a las descargas del río, por presencia de lluvias. Igualmente se eleva el color en las últimas semanas, debido a precipitaciones.

5.3. Cloro Residual

Gráfico N° 9: Cloro residual

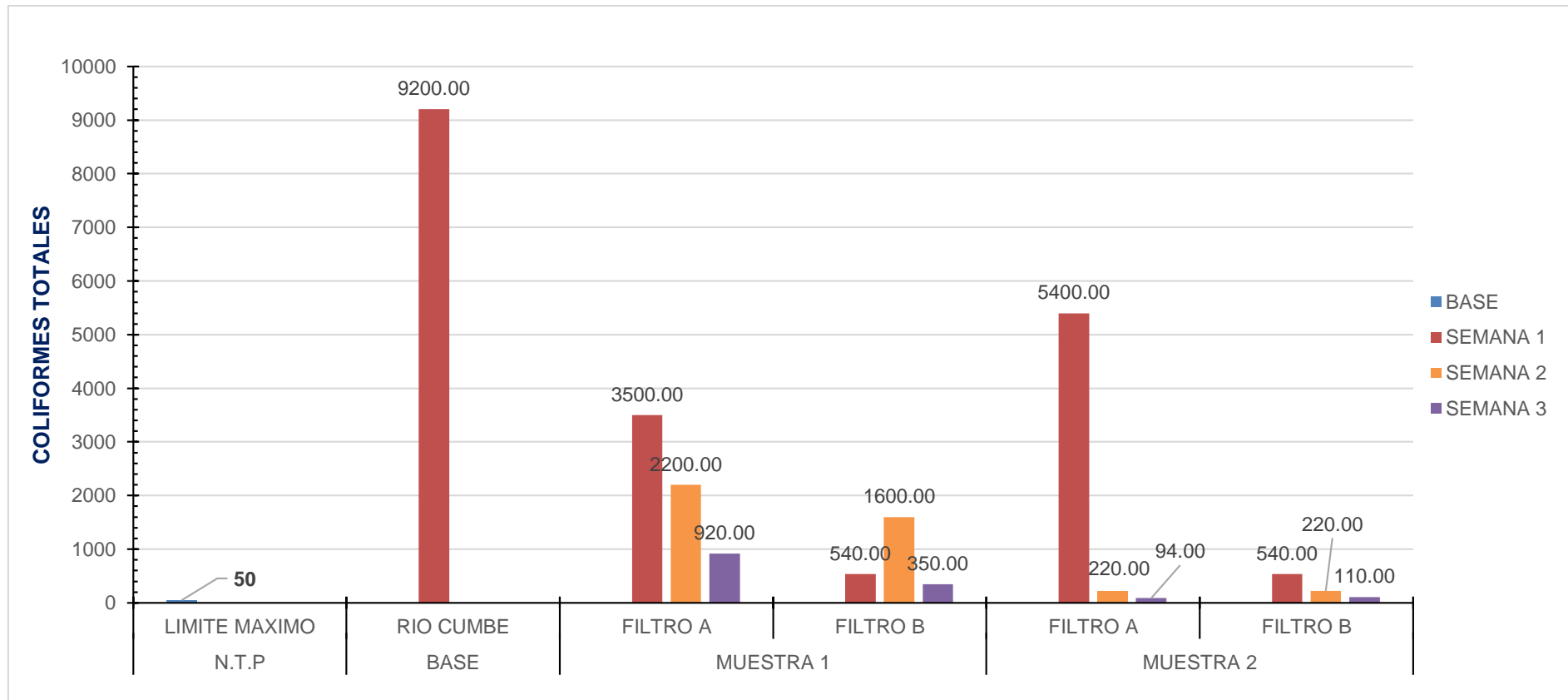


Fuente: Elaboración propia, 2018.

El cloro residual se refiere a la fracción de cloro añadido que conserva sus propiedades desinfectantes. Para estos ensayos no se está clorando el agua, por lo tanto, no hay presencia de cloro residual.

5.4. Coliformes Totales

Gráfico N° 10: Coliformes totales

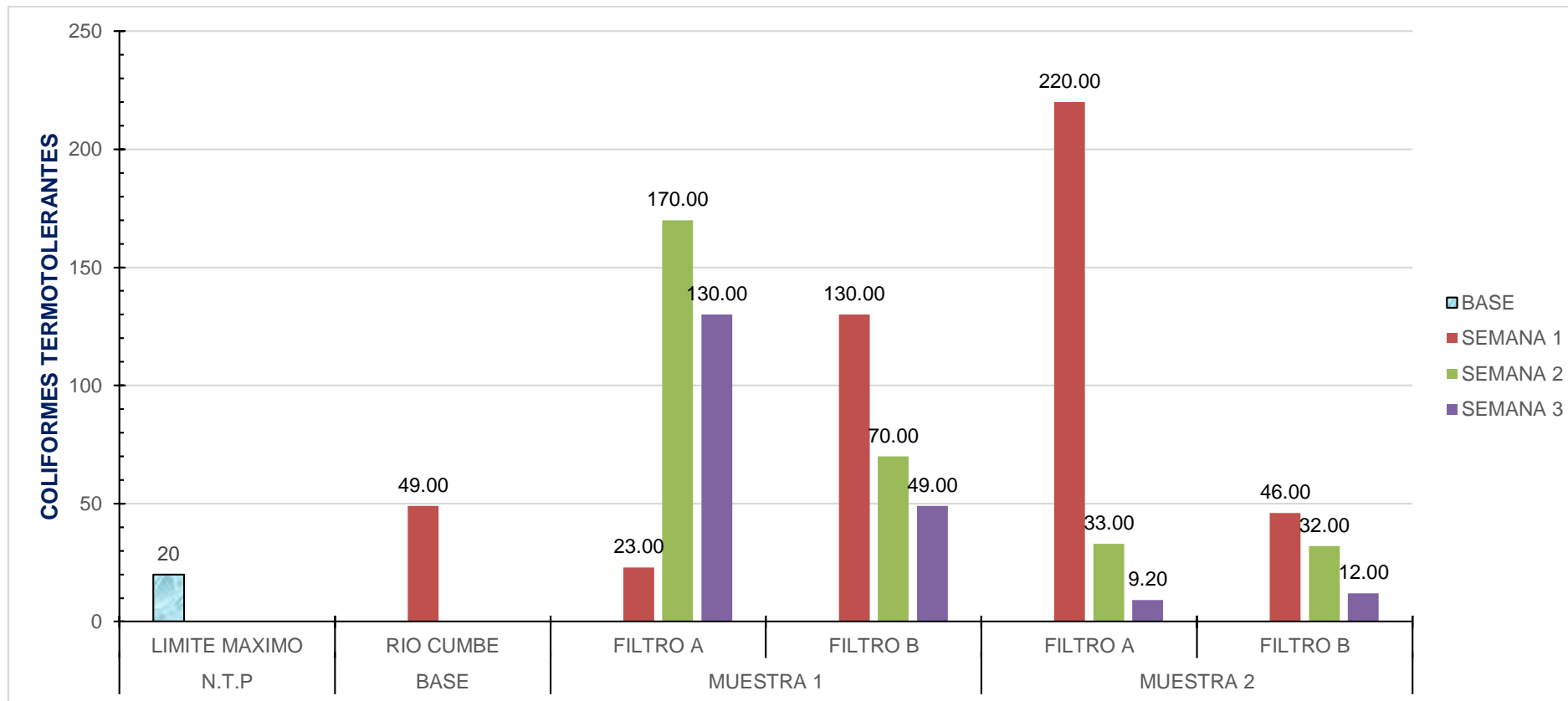


Fuente: Elaboración propia, 2018

Las Coliformes totales es un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua, de acuerdo a los ensayos realizados, muestra presencia de Coliformes totales, pero también se aprecia que va disminuyendo en gran cantidad hasta la última muestra.

5.5. Coliformes Termotolerantes

Gráfico N° 11: Coliformes termotolerantes



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para este último parámetro de control obligatorio se encuentra dentro de los límites máximo permisibles; es evidente la disminución de Coliformes hasta la toma de la última muestra.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

1. Se comprobó y cumplió con la hipótesis establecida: En cuanto a los seis parámetros de control obligatorio (PCO), el agua tratada con carbón activo granular proveniente del río Cumbe cumple las propiedades físicas y químicas. Y en cuanto a los parámetros microbiológicos disminuyeron en una gran proporción hasta la toma de la última muestra.

Tabla N° 15: Resultados Finales - Semana 3

SEMANA 3			LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE
PARÁMETROS	FILTRO A	FILTRO B	
TURBIDEZ (NTU)	1.16	0.72	5
PH a 25°C	8.15	8.21	6.5 - 8.5
COLOR VERDADERO	8.3	5	15
COLOR VERDADERO	<LCM	<LCM	0.5
CLORO RESIDUAL	<LCM	<LCM	0.5
COLIFORMES TOTALES	94	110	50
COLIFORMES TERMOLERANTES	9.2	12	20

Fuente: Elaboración propia, 2018.

2. Se elaboraron dos filtros con materiales locales, el filtro A y el filtro B, el cual se agregó más capas a filtrar y después de los ensayos realizados se aprecia que el mejor medio filtrante para la mejora de la calidad del agua, es el Filtro B.

CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES

1. Para posteriores investigaciones implementar un tanque de almacenamiento antes de la filtración para que se sedimente partículas presentes en el agua y así se tenga una mejor filtración.
2. Añadir un tanque después de la filtración para cloración del agua y así determinar la proporción óptima de cloro y poder eliminar las Coliformes totales y termotolerantes.
3. Hacer la evaluación para determinar el tiempo de vida del filtro y el tiempo para su mantenimiento.
4. Añadir un medio de pre-filtración antes de los filtros, para que el agua a ingresar no posea muchas partículas en suspensión.
5. Finalmente teniendo en cuenta las anteriores recomendaciones, hacer un diseño para abastecimiento de agua potable.

CAPÍTULO 8. REFERENCIAS

1. Alanoca Gutiérrez, J. (2003). *LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN EL DESARROLLO DE LAS FUNCIONES HUMANAS DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA*. Universitat Oberta de Catalunya - Programa de Doctorado sobre la Sociedad de la Información y el Conocimiento.
2. Anguix, A., & Carrión, R. (2010). *Desarrollo de herramientas aplicadas a la Ingeniería Civil y la Topografía en gv SIG*.
3. Arana, J. E. (2016). *EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO GRANULAR EN LA FILTRACIÓN DEL AGUA CLARIFICADA DEL RÍO CAUCA*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
4. ASCE American Society of Civil Engineers. (2006). *La visión para la ingeniería Civil en 2015*. España.
5. Basogain, O. X., Olabe, B. M., & Olabe, B. J. (2015). *Pensamiento Computacional a través de la Programación: Paradigma de aprendizaje*.
6. Bonilla, A., & Martínez, L. (2003). *HERRAMIENTAS DE DISEÑO E INGENIERIA*. Zamudio.
7. Carbotecnia Tratamiento de agua y aire. (2004). *EL CARBÓN ACTIVADO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. *Carbotecnia Tratamiento de agua y aire Boletín técnico AR-001, 2*.
8. Chahua Puma, R. (2017). *Propiedades del agua: físicas, químicas y biológicas*. Cusco: Universidad Nacional San Antonio Abas del Cusco.
9. Chipile, D. I. (2017). *CARBÓN ACTIVO GRANULAR, EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE*. Cajamarca: UPN.
10. Corporation, S. I. (2012). *Satellite Imaging Corporation*. Recuperado el 12 de Abril de 2016, de Satellite Imaging Corporation: <http://www.satimagingcorp.es/svc/dem.html>
11. Cruz C., G., Guzman T., V., Rimaycuna R., J., Alfaro A., R., Cruz M., J., Aguirre C., D., & Ubillus A., E. (2016). Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quitosano producidos a partir de biomasa residual. *Revista de Investigacion Científica Universidad Nacional de Tumbes, Perú*, 10.
12. Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud. (2011). *Reglamento de Calidad edl Agua para Consumo Humano*. Lima-Perú.
13. EPA. (2012). *Guía del ciudadano sobre el tratamiento con carbón activado*. U.S.A: EPA.
14. Esri. (2008). *Esri*. Recuperado el 12 de Abril de 2016, de Esri: <http://desktop.arcgis.com/es/desktop/latest/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>
15. FAO. (1993). *Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines*. Santiago.
16. Fattorelli, S., & Fernandez, P. (2011). *Diseño Hidrológico*. Network.
17. Fernández, E. H. (2012). *EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE MODEL BUILDER DE ARC GIS 10 EN LA GESTIÓN FORESTAL*. España.
18. Ferrer, O. (18 de 03 de 2011). *Olgeddie Ferrer*. Obtenido de Olgeddie Ferrer: <https://olgeferrer.wordpress.com/2011/03/18/definicion-de-dataset-dataview-y-datatable/>
19. Fuentes, J. d. (2004). *ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CUENCAS: CASO DE ESTUDIO DEL PARQUE NACIONAL PICO DE TANCÍTARO*. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA.
20. Garcia, A., Gonzalez, L., Padron, R., Rodriguez, C., & Gomez, A. (2013). *El carbón activo un material adsorbente*. Cuba: Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".
21. Gascón, M. Y., & Leechio, L. C. (2011). *AUDITORÍA DE LAS APLICACIONES UTILIZADAS PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS. CASO DE ESTUDIO: ORICONSULT, C.A*. Venezuela.
22. Héctor Molina, A., Gutierrez, R., Buffone, F., Molinari, V., & Molina, F. (2013). El conocimiento informático en Ingeniería Industrial. Una visión desde las evaluaciones de la CONEAU. *Universidad de Palermo - Area de Ciencia y Tecnología*, 188.

23. Hernández, D. H. (2013). *Manual de prácticas Hidrología superficial*.
24. Jimenez, D. D. (1840). *Tratado de Farmacia Experimental*. Madrid: Imprenta de Don Narciso Sanchez.
25. Laboratorio Regional del Agua. (2017). *Cadena de custodia*. Cajamarca.
26. Lopez, M., & Nieto, M. (2014). Carbon Activado. *MCAT - Especialistas en ventilacion industrial*, 2.
27. Lozano Rivas, W. A. (2013). *Calidad fisicoquímica del agua*. Colombia: Departamento de publicaciones y comunicacion grafica de la Universidad Piloto de Colombia.
28. Marcipar, J., & Piazzese, J. (s.f.). SISTEMAS DE AYUDA A LA DECISIÓN EN INGENIERÍA CIVIL. POSIBILIDADES Y PERSPECTIVAS. *Universidad Politécnica de Cataluña*, 11.
29. Mi Cajamarca. (2015). *Mi cajamarca*. Obtenido de Mi cajamarca: <http://www.micajamarca.com/Default.aspx?tabid=53>
30. Miláns del Bosch, M. (06 de Marzo de 2016). *TIC*. Recuperado el 06 de Marzo de 2016, de TIC: <http://www.uv.es/bellochc/pwedu6.htm>
31. MINAM. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental y establecen Disposiciones*. Lima: El peruano.
32. Monsalve, G. S. (1995). *Hidrología en la Ingeniería*. Colombia: Departamento de Publicaciones Escuela Colombiana de Ingeniería.
33. Monter, R. A. (2013). Uso de Carbón Activado Granular (CAG) en un biofiltro para el tratamiento de efluentes acuícolas. *SIMPOSIO IBEROAMERICANO*, 6.
34. Musy, A. (2001). *E-drologie*. Suiza.
35. Narvárez, P. H. (2015). *Entornos de programación no mediados simbólicamente para el desarrollo del pensamiento computacional*.
36. Newell, A. S. (1952). *Hypsometric (area-altitude) analisis of erosional*. Bulletin of the Geological Society of America.
37. NOAA-DEPARTMENT OF COMMERCE. (2009). Water Quality: Frequently asked Questions. *Florida Keys National Marine Sanctuary*, 2.
38. Ordoñez Galvez, J. (2012). *Cartilla Tecnica: Aguas Subterranas - Acuíferos*. Lima: Biblioteca Nacional del Peru.
39. Ortiz, O. V. (2004). *Evaluación Hidrológica*. Lima: ITDG-Perú.
40. Peña, J. L. (2008). *Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio (3a edición)*. España: Club Universitario.
41. Pérez, J. (1981). *Tratamiento de Aguas*. Medellín: Universidad Nacional - Facultad de Minas.
42. Piedra, L. C. (2013). *METODOLOGÍA PARA LA EXTRACCIÓN AUTOMÁTICA DE CUENCAS Y ELABORACIÓN DE UN MAPA DE SALIDA CON ISOYETAS EN ARCGIS 10.1*. Xalapa.
43. Pizarro, T. R., Soto, B. M., & Jordan, D. C. (2005). *Aplicación de dos Modelos de Simulación Integral Hidrológica, para la estimación de caudales medios mensuales, en dos cuencas de Chile central*. Chile.
44. Prado, E. (13 de Enero de 2012). Cajamarca soporta la escasez y el racionamiento de agua potable. *La República*.
45. República, L. (15 de Marzo de 2018). Solo cinco provincias tienen un eficiente servicio de agua. *La República*.
46. Rodriguez Reinoso, F. (2006). *NUEVOS RETOS EN LA SÍNTESIS Y APLICACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO*. España: Universidad de Alicante.
47. Rojo, J. D. (2011). *Desarrollo de un sistema experto para la predicción de caudales medios mensuales en Colombia*. Colombia.
48. Smets, H. (2005). *Por un derecho efectivo al agua potable*. Colombia: Editorial del Rosario y Republica de Francia.
49. Suárez, M. D. (07 de 03 de 2016). *CEDEX (Centro de estudios y experimentacion de obras publicas)*. Recuperado el 07 de Marzo de 2016, de CEDEX (Centro de estudios y

- experimentacion de obras publicas):
http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/ORGANISMO/CENTYLAB/CEH/LINEAS/hidrologia.htm
50. Tesacua S.L Tratamientos de agua. (2015). Filtración por carbón activado. *Tesacua S.L Tratamientos de agua*, 2.
 51. Tesouro, M. (2014). Necesidad de crear programas informáticos de calidad para mejorar el rendimiento intelectual (y falta de investigaciones consistentes al respecto). *Taylor Francis Online*, 97-103.
 52. UNESCO. (2003). Agua para todos - Agua para la vida. *World Water*, 36.
 53. UNESCO. (2015). *Agua Sociedad y cooperación* . Francia: UNESCO.
 54. UNESCO. (2015). *Iniciativa Internacional sobre la Calidad del Agua*. Francia: UNESCO.
 55. Universidad de los Andes Venezuela. (1999). *Universidad de los Andes Venezuela - Consejo de Computación Académica*. Obtenido de Universidad de los Andes Venezuela - Consejo de Computación Académica: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oguerre/4_Geomorfologia.pdf
 56. Villodas, R. (2008). *Hidrología*. Cuyo-Argentina.
 57. Villón, M. B. (2002). *Hidrología*. Lima: Taller de Publicaciones del Instituto.
 58. W. Allen, D. (2010). *Getting to know*.
 59. Walter Weber, J. (2003). *Control de la calidad del agua Procesos fisicoquimicos*. España: Editorial Reverté S.A.
 60. Yadira Carrillo, V., & Sanchez Muños, N. (2013). *ELABORACION DE UN FILTRO A BASE DE CARBON ACTIVADO OBTENIDO DEL ENDOCARPO DE COCO CON EL PROPOSITO DE REDUCIR LA DUREZA EN EL AGUA POTABLE*. San Salvador: Universidad de el Salvador.

CAPÍTULO 9. ANEXOS

ANEXO 1: FOTOGRAFÍAS SALIDA DE CAMPO.

Fotografía N° 2: Instalación de entrada de filtros



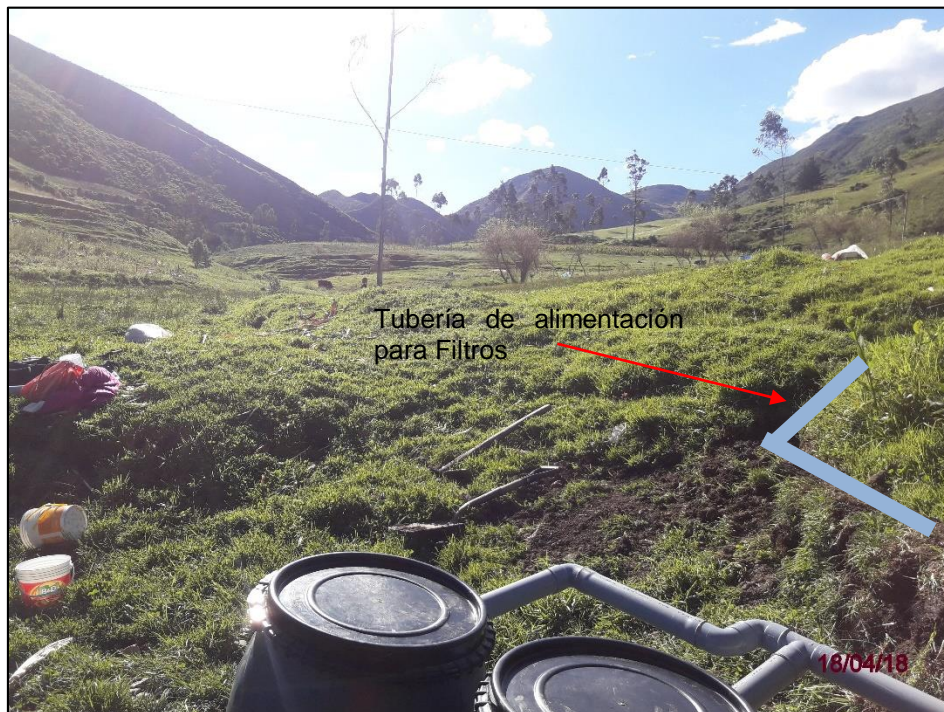
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 3: Ubicación de Filtros



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 4: Alimentación de Filtros



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 5: Colocación de nombre a cada Filtro



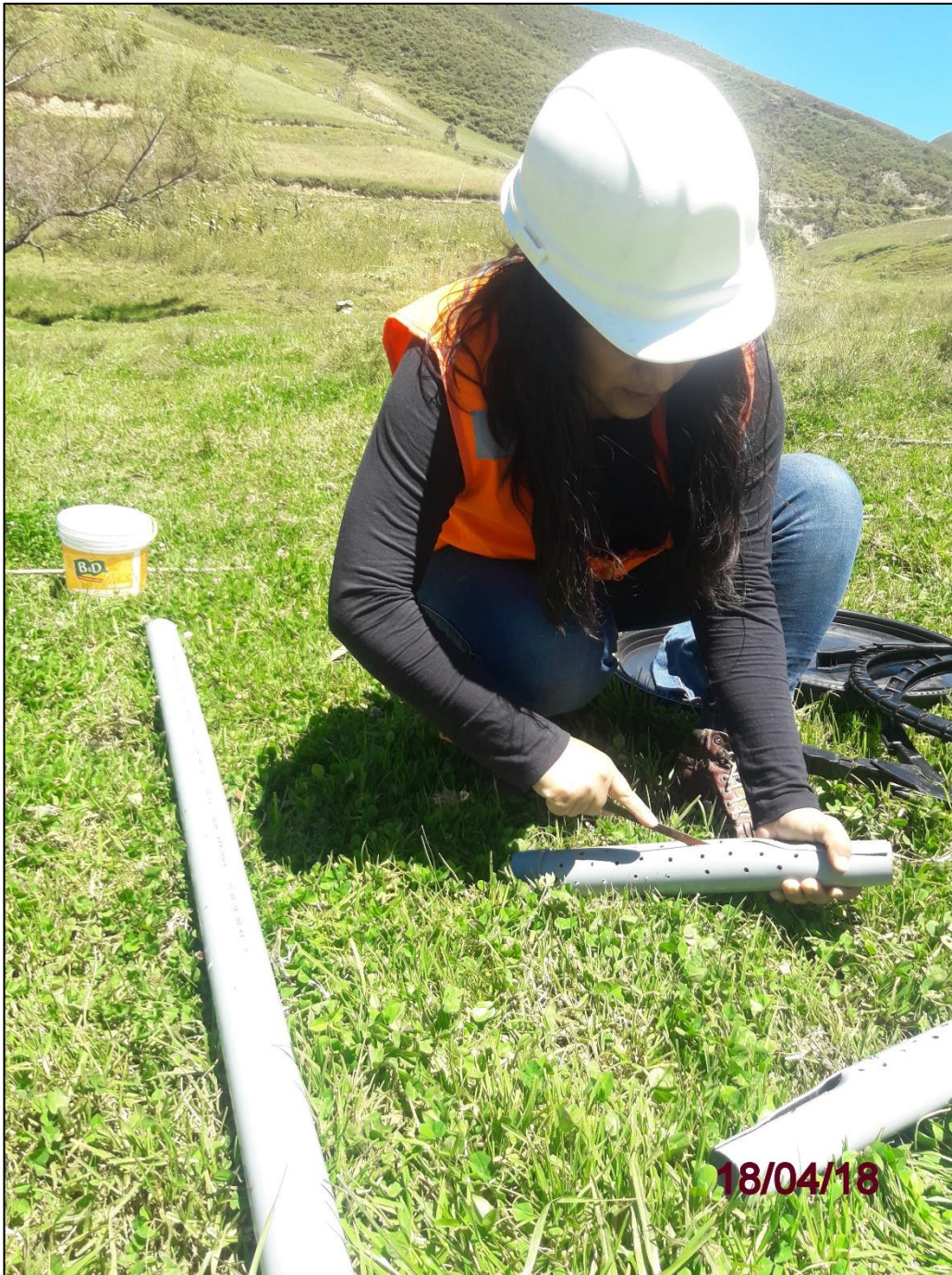
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 6: Ensamblado de tubería agujereada para caída de agua filtros



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 7: Ensamblado de tubería para salida de agua



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 8: Ensamblado de Tubería



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 9: Ubicación de tubería para alimentación de filtros



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 10: Ensamblado de entrada de Filtro



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 11: Ensamblado entrada de Filtro B-Río



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 12: Ensamblado de tubería para alimentación de Filtros



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 13: Ubicación de Filtros ensamblados

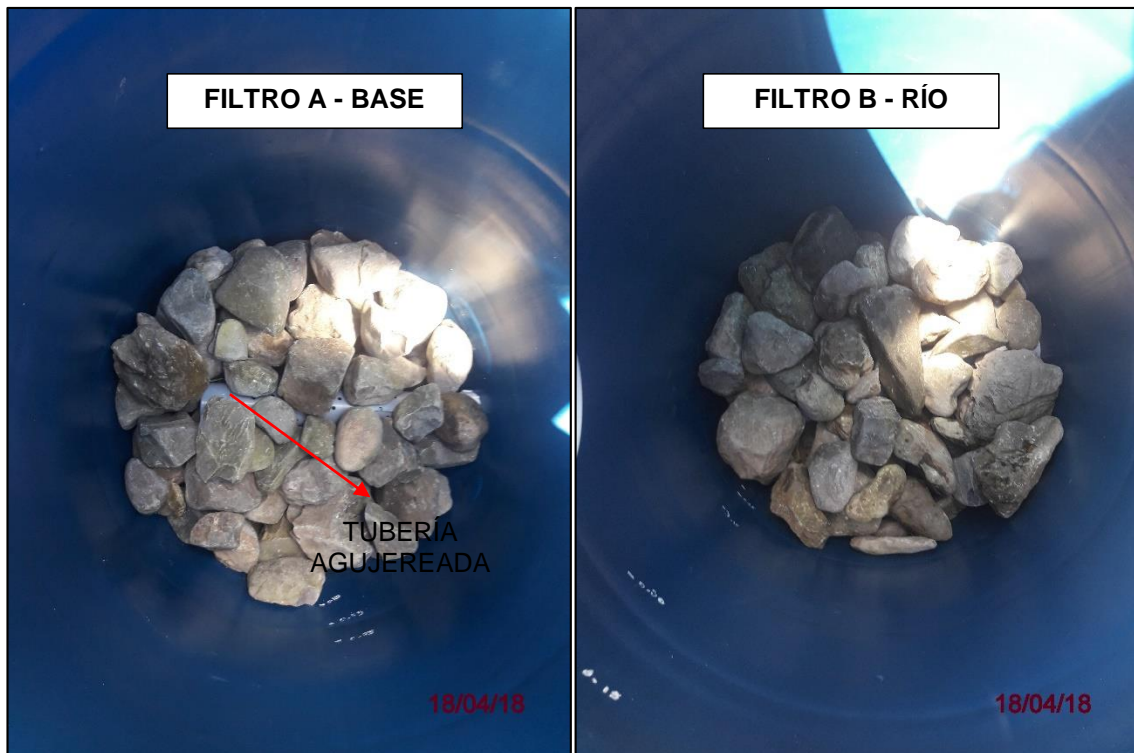


Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 14: Colocación de Tubería agujereada para salida de agua



Fotografía N° 15: Colocación de primera capa de filtros



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 16: Colocación segunda capa Filtro A-Base - Gravilla



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 17: Colocación segunda capa Filtro B-Río - Gravilla



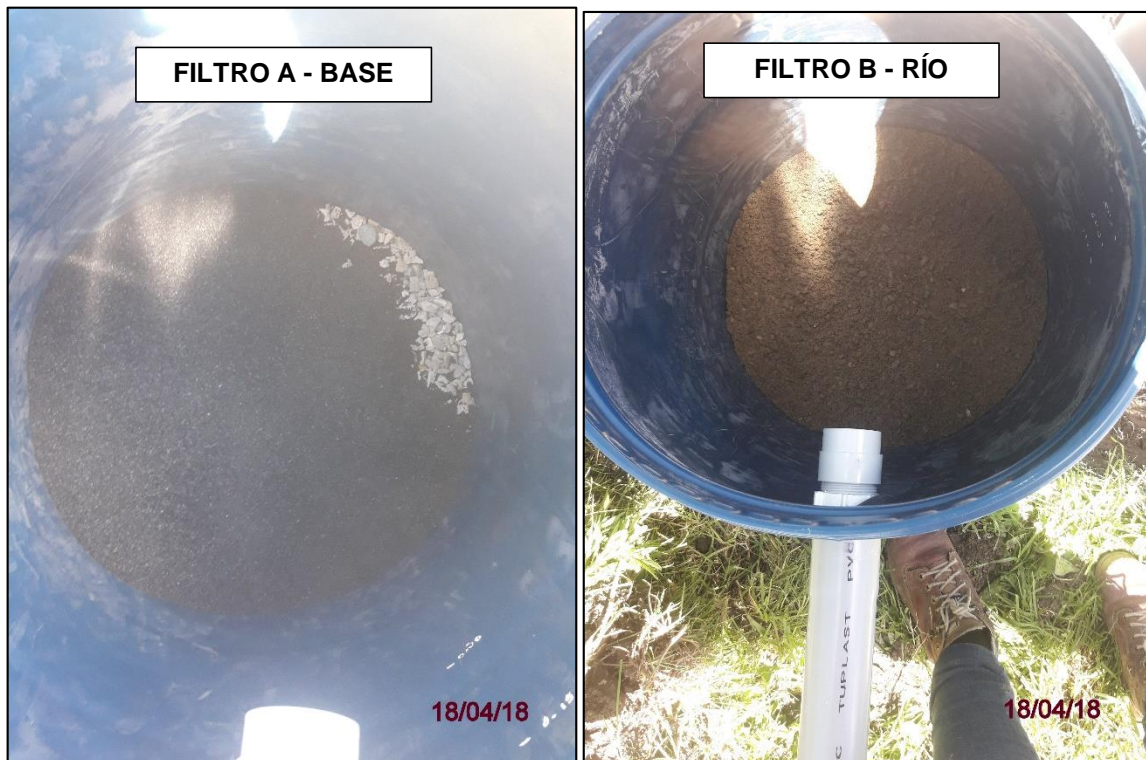
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 18: Colocacion de Carbón Activado a Filtro A



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 19: Filtro A (Capa de carbón activado) - Filtro B (Arena gruesa)



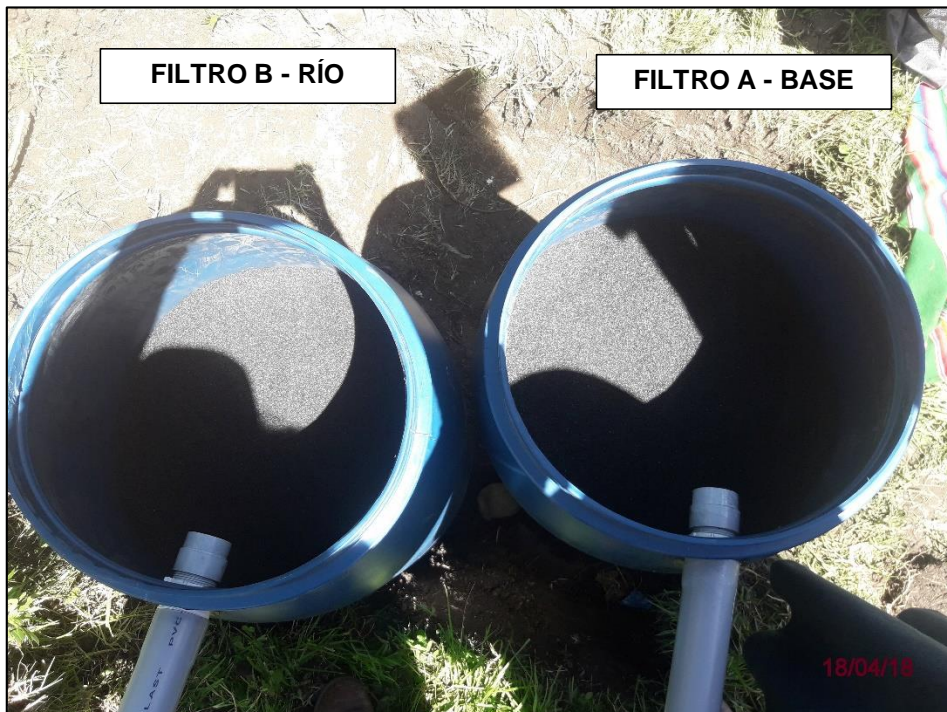
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 20: Filtro A (Capa de carbón activado) - Filtro B (Gravilla)



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 21: Filtro A (Capa de carbón activado) - Filtro B (Capa de carbón activado)



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 22: Filtro A (Capa de carbón activado) - Filtro B (Gravilla)



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 23: Filtro A (Capa de carbón activado) - Filtro B (Arena gruesa)



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 24: Colocación de piedra grande y tubería agujereada para caída de agua



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 25: Alimentación de agua a cada filtro



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 26: Filtración de agua



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 27: Filtros Terminados



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 28: Sellado de Filtros



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 29: Culminación de Filtros



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 30: Filtros Terminados filtrando agua del río cumbe



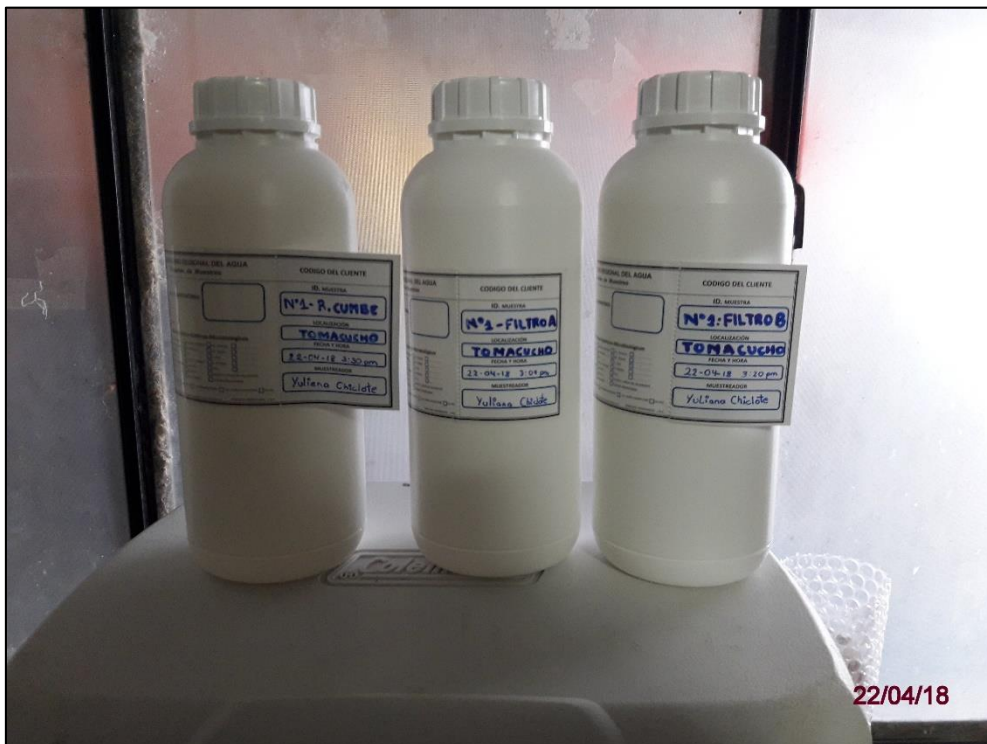
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 31: Inspección con Asesor Dr. Ing. Orlando



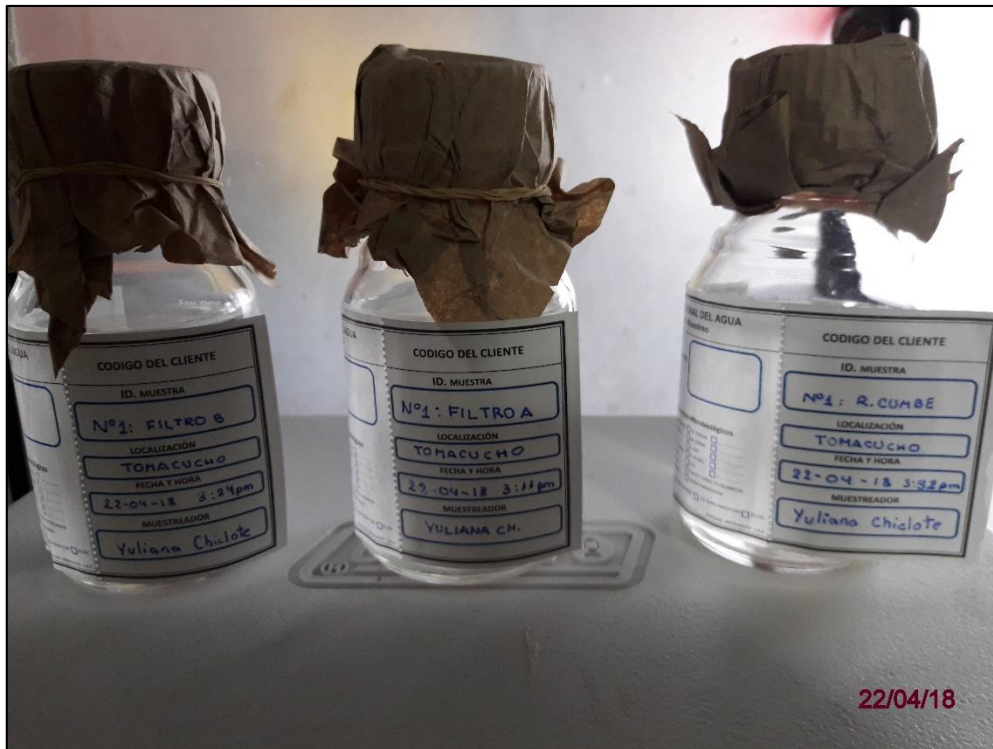
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 32: Muestras N°1 - Físicoquímicos



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 33: Muestras N°1 - Microbiológicas



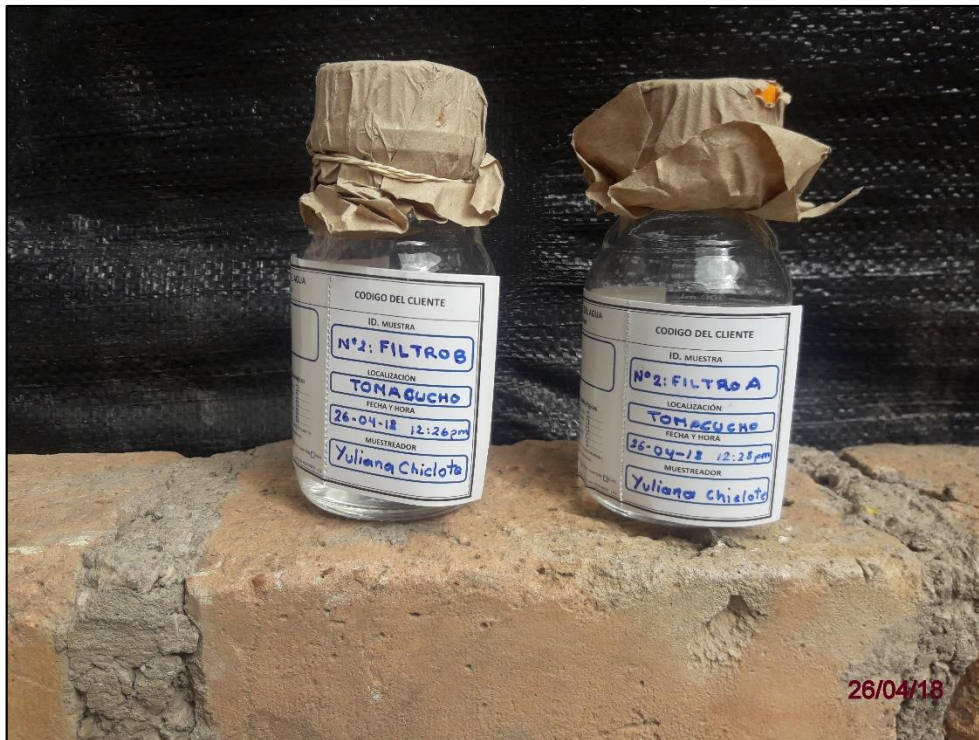
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 34: Muestras N°2 - Físicoquímicas



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 35: Muestras N°2 - Microbiológicas



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 36: Muestras N°3



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 37: Muestra N°4



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 38: Muestras N°5



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Fotografía N° 39: Muestra N°6



Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO 2: DELIMITACION CUENCA – RÍO CUMBE

ANEXO 3: ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARBÓN ACTIVO GRANULAR

ANEXO 4: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO – SEMANA 1

ANEXO 5: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO – SEMANA 2

ANEXO 6: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO – SEMANA 3

ANEXO 7: FORMATOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ANEXO 8: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	POBLACION Y MUESTRA	DISEÑO		
¿Cuál es el efecto del carbón activo granular en la mejora de la calidad del agua del río Cumbe?	Objetivo General: - Determinar la calidad del agua del río Cumbe usando un filtro de carbón activado.	El agua filtrada con carbón activo granular del río Cumbe mejora las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas.	Calidad del agua	Se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua.	Características físicas del agua potable.	Turbiedad	Límite máximo permisible=5	Población: Agua proveniente del río Cumbe filtrada a través de carbón activo.	Experimental Aplicada		
						Color	Límite máximo permisible= 6.5 a 8.5				
					Características químicas del agua potable.	Ph	Límite máximo permisible=15				
						Cloro Residual	Límite máximo permisible=0.5				
	Objetivo Específicos: - Inspección de campo.(ubicación del filtro) - Elaborar filtro de carbón activo. - Determinar las propiedades físicas y químicas del agua antes y después del filtro. (ensayos de laboratorio)		Filtro de carbón activo	Medio, dispuesto con diferentes estratos por capas, por el cual atravesara el agua para ser clarificada y depurada.	Espesor de estratos	Características bacteriológicas del agua potable.	Bacterias coliformes totales			Límite máximo permisible 50	
							Bacterias termotolerantes o fecales			Límite máximo permisible 20	
							Grava de 3/4" o piedra grande			0.20m	Muestra: El tipo de muestra es no probabilístico, agua proveniente del río Cumbe filtrada a través de carbón activo.
							Gravilla			0.05m	
							Arena gruesa			0.05m	
							Carbón activo			0.30m	
Piedra grande	0.20m										

Fuente: Elaboración propia, 2018.