

## Filtración de la cáscara de naranja, para la potabilización del agua de lluvia en las zonas rurales de San Ramón, Junín

### Orange peel filtration for rainwater purification in rural areas of San Ramón, Junín

Benjamin Emerson Borda Luna<sup>1</sup> 

#### RESUMEN

El objetivo de la investigación fue desarrollar el proceso de filtración mediante la cáscara de naranja para potabilizar el agua de lluvia en el distrito de San Ramón, Junín, Perú. La investigación fue de tipo aplicada de enfoque cuantitativo y diseño experimental. Se diseñó una planta de tratamiento y el medio filtrante de la cáscara de naranja mediante procesos de pretratamiento, desmetoxilación y reticulación. También se analizó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de lluvia. Los resultados indicaron que el sistema logro una remoción aceptable, no se presentaron elementos organoclorados, en formas parasitarias, se evidenció giardia duodenalis, cryptosporidium parvum, trichuris sp., fasciola sp. y helmintos, que fueron eliminados al 100%, para parámetros microbiológicos se detectó coliformes totales que fueron eliminados al 100%, para los sólidos totales disueltos (STD), nitritos, nitratos, sulfatos, nitrógeno amoniacal y dureza se obtuvo una remoción de 99.7%, para el fitoplacton, zooplacton y nemátodos, fueron removidos en 98.8%. Los parámetros físicos de olor, sabor, pH y temperatura, se mantuvieron dentro de los rangos adecuados. Finalmente, se logró remover el 100% de los parámetros posterior a la filtración del sistema de tratamiento, con eficiencia positiva, permitiendo cumplir con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S.N° 031-2010-SA.

**Palabras clave:** Agua, biosorvente, naranja, potabilización, precipitación.

#### ABSTRACT

The objective of the research was to develop the filtration process using orange peel to make rainwater potable in the district of San Ramón, Junín, Peru. The research was applied with a quantitative approach and experimental design. A treatment plant and the orange peel filter media were designed through pretreatment, demethoxylation and cross-linking processes. The physicochemical and microbiological parameters of the rainwater were also analyzed. The results indicated that the system achieved an acceptable removal, there were no organochlorine elements, in parasitic forms, there was evidence of giardia duodenalis, cryptosporidium parvum, trichuris sp, fasciola sp. and helminths, which were eliminated 100%; for microbiological parameters, total coliforms were detected and eliminated 100%; for total dissolved solids (TDS), nitrites, nitrates, sulfates, ammoniacal nitrogen and hardness, a removal rate of 99.7% was obtained; for phytoplankton, zooplankton and nematodes, 98.8% were removed. The physical parameters of odor, taste, pH and temperature were maintained within the appropriate ranges. Finally, 100% of the parameters were removed after filtration of the treatment system, with positive efficiency, allowing compliance with the Maximum Permissible Limits (MPL) of D.S.N° 031-2010-SA.

**Keywords:** Water, biosorbent, orange, water purification, precipitation.

DOI: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v10i1.271>

Recibido: 02/02/2022. Aceptado: 01/03/2022

\* Autor para correspondencia

<sup>1</sup> Escuela de postgrado de la Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú. Email: [benjaminborda@gmail.com](mailto:benjaminborda@gmail.com)

---

## INTRODUCCIÓN

La realidad ambiental del planeta, obliga a tomar serias acciones sobre el aprovechamiento racional de los recursos naturales en general, la sobrepoblación va en aumento cuya curva exponencial es cada vez más notoria, en consecuencia, existe la necesidad de consumismo que orienta a una destrucción y desabastecimiento de recursos naturales en el planeta al corto y mediano plazo (Centeno, 2002).

El Perú es uno de los países privilegiados que dispone de este recurso natural en abundancia distribuida en sus tres cuencas hidrográficas y que viene lidiando con esta necesidad a fin de mejorar el abastecimiento de agua potable (Recalde, 2016). El incremento de las necesidades de acceso a servicios básicos y mayor requerimiento de recurso hídrico es importante para satisfacer a la población (Arboleda, 2016). Sin embargo, el acceso al agua es uno de los problemas más difíciles de solucionar, debido a la inequidad y desigualdad en la gestión integral; a ello se le suma la problemática de la ausencia del ordenamiento territorial (Arqui, et al. 2016).

En el Perú, existen investigaciones sobre captación del agua de lluvia, siendo una de las más representativas la que realizó León, (2016) en la Nueva Ciudad de Morococha, provincia de Yauli, departamento de Junín, cuyo objetivo fue implementar un sistema de tratamiento de agua de lluvia en viviendas residenciales, logrando obtener como resultado una capacidad de abastecimiento anual de 31.95m<sup>3</sup>. La selva peruana se caracteriza por la producción de naranjas que según datos de la Dirección General de Políticas Agrarias y la Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria del Ministerio de Agricultura y Riego, (2017), la producción nacional de esta fruta en los últimos 17 años, mostró una tendencia de crecimiento, de modo que, en el 2000 la producción nacional ascendió a 255.7 miles de toneladas, mientras que el año 2016 alcanzó la máxima producción de los últimos 17 años (492 mil toneladas). Este aumento de la producción se explica por el incremento de las áreas cosechadas (subió en 4% por año) y a las mejoras en el rendimiento (2% anual), la principal región productora en el 2016 fue Junín con 55% de la producción nacional. En ese sentido, las cascaras de naranja puede ser útil para los sistemas de tratamiento de aguas, por ser un biosorbente de naturaleza ecológica (Campo, Delgado, Roa y Mora, 2017). Además, la cascara de naranja es un recurso orgánico que se puede reaprovechar (Vargas, Cabañas, Gamboa y Domínguez, 2009).

En base a lo mencionado, el objetivo de esta investigación fue desarrollar el proceso de filtración mediante la cáscara de naranja para potabilizar el agua de lluvia en el distrito de San Ramón, Junín, Perú.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue ejecutado en el anexo la Auvernia situada en las coordenadas 11°06'36.8"S 75°23'04.9"W, a 3.80 km margen derecho del río oxabamba en el distrito de San Ramón de la provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, Perú. El periodo fue del 2019 al 2020. La población se consideró a los centros poblados del distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, Perú, el cual cuenta con 60 centros poblados, con un total de 2615 viviendas en las cuales habitan 8480 habitantes considerados como zonas rurales del distrito (INDECI, 2007).

La muestra de estudio de investigación se consideró al centro poblado de la Auvernia que cuenta con 51 viviendas y 220 habitantes (INDECI, 2007), donde se instaló un prototipo de la planta de potabilización de agua de lluvia mediante el proceso de filtración de la cáscara de naranja, en una vivienda del centro poblado.

Para la investigación se utilizó el enfoque cuantitativo, debido a que se potabilizó el agua de lluvia mediante los procesos de captación en superficie, filtración lenta, almacenamiento, filtración mediante biosorbentes de la cáscara de naranja modificados por procesos de desmetoxilación y reticulación y finalmente la desinfección, que implicó la modificación física química y microbiológica de sus componentes estructurales iniciales del agua. El Alcance de la investigación fue explicativo y ~~de~~ diseño experimental. Se utilizó el tipo de investigación aplicada, puesto que el diseño de la planta de captación de agua de lluvia y el diseño del proceso de tratamiento del agua de lluvia hasta su potabilización (Barrenechea, 2004).

Para el muestreo del agua antes y después del tratamiento se realizó siguiendo los procedimientos establecidos en el protocolo de monitoreo de la calidad del agua - NTP ISO/IEC 17025 y las normas de bioseguridad, las tomas de muestras se realizaron de acuerdo al Laboratorio Analítico acreditado ante INACAL. Asimismo, se precisa que se utilizaron métodos de análisis estandarizados, para los parámetros físicos, estos se realizaron mediante los métodos de (potenciométrico, análisis térmico, método 2150B, 2160B y 2170B del Standard Methods); para los parámetros químicos inorgánicos, se utilizaron los métodos amperométrico, argentométrico, SPADNS, colorimétrico, turbidimétrico, reducción de cadmio, titrimétrico; para los parámetros organoclorados se utilizó el método de cromatografía de gases; para los parámetros de metales pesados se utilizó el método de ICP-MS; los parámetros microbiológicos se utilizaron los métodos de filtración de membrana, el método de detección de colifagos y el método de fermentación, se realizó en tubos múltiples; para los parámetros parasitológicos se aplicó método SAG-160930, referenciado en el método de identificación y cuantificación de enteroparasitos en aguas.

Finalmente, para el análisis de organismos de vida libre (OVL), se utilizó los métodos de conteo de fitoplacton y técnica de conteo de zooplacton. Todos los parámetros se tuvieron en cuenta la cadena de custodia, rótulos y etiquetas para el tratamiento de muestras de agua y evaluación de la calidad.

Para la construcción civil y estructural de la planta de tratamiento se consideraron materiales elementales (Tabla 1).

Tabla 1, Relación de materiales utilizados para la construcción de la planta de tratamiento

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Cemento	10 Bolsas
Hormigón	5m <sup>3</sup>
Arena roja	2m <sup>3</sup>
Arena fina	2m <sup>3</sup>
Pala	1 Unidad
Pico	1 Unidad
Carretilla	1 Unidad
Lampa	1 Unidad
Tanque rotoplast	4 Unidad

Tabla 2, se muestra los componentes para la construcción del filtro de biosorbente de la cáscara de naranja, donde los materiales predominantemente fue el PVC y acrílico (Tabla 2).

Tabla 2, Relación de materiales utilizados para la construcción del filtro para la potabilización del agua de lluvia

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Tubo de PVC de 4"	1 Unidad
Entrada de la tubería con perforaciones espaciados a 5 mm	1 Unidad
Salida de la tubería con peeforaciones espaciados a 5mm	1 Unidad
Unión universal con rosca de ½"	2 Unidades
Niple de 5 cm con rosca de ½"	2 Unidades
Codo de 90° con rosca de ½"	2 Unidades
Codo de 90° de SP ½"	2 Unidades
Tapón de ½"	2 Unidades
Niple de 10 cm de ½"	2 Unidades
Unión con rosca interna de ½"	2 Unidades
Tapones de 4"	1 Unidad
Tapones con rosca de 4"	1 Unidad

Acoples con rosca para tubos de 4"	1 Unidad
Arandelas de jebe	4 Unidades
Tubería de PVC de ½"	1 Unidad
Topes de 4"	1 Unidad
Rejilla de material acrílico de 4" de diámetro	1 Unidad

Los instrumentos para el análisis y diseño del sistema fue el AutoCAD, Google maps y GPS (para la ubicación del lugar de estudio y desarrollo de la investigación), Microsoft Excel para el análisis de la estadística descriptiva.

## RESULTADOS

Los parámetros de olor y sabor, no presentaron variaciones al inicio, final y en relación a los LMPs establecidos, para los parámetros de turbiedad, temperatura, pH y conductividad eléctrica, se presentaron valores iniciales y finales dentro del rango establecido como LMPs. Sin embargo, existe variaciones de reducción entre los valores finales e iniciales con la aplicación del proceso de filtración por intermedio de la cascará de naranja (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de los parámetros físicos de la calidad del agua de lluvia

Parámetro	Unidades	Vi	Vf	LMP
Olor	No aplica	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Sabor	No aplica	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	12	4	15
Turbiedad	UNT	8	1	5
Temperatura	°C	23.8	23.1	25
pH	Valor de pH	7.28	7.15	6.5 a 8.5
Conductividad Eléctrica	µmho/cm	1350	450	1 500

Con respecto a las formas parasitarias de *Giardia duodenalis*, *Cryptosporidium Parvum*, *Trichuris* sp., *Fasciola* sp. y Larvas de Helminthos (nemátodos), mostraron presencia en los análisis iniciales del agua de lluvia que posterior al tratamiento fueron removidos en su totalidad cumpliendo con los valores establecidos en los LMPs establecidos en el D.S.N° 031-2010-SA (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados formas parasitarias de la calidad del agua de lluvia

Género/Especie	Unidades	Vi	Vf	LMP
Endolimax nana	Quistes/L	0	0	0
Entamoeba histolytica	Quistes/L	0	0	0
Entamoeba coli	Quistes/L	0	0	0

Giardia duodenalis	Quistes/L	1	0	0
Iodamoeba sp.	Quistes/L	0	0	0
Chilomastix sp.	Quistes/L	0	0	0
Blastocystis hominis	Quistes/L	0	0	0
Balantidium coli	Quistes/L	0	0	0
Isospora sp.	Ooquistes/L	0	0	0
Cyclospora cayetanensis	Ooquistes/L	0	0	0
Cryptosporidium parvum	Ooquistes/L	1	0	0
Ascaris sp.	Huevos/L	0	0	0
Ancylostomideo	Huevos/L	0	0	0
Enterobius vermicularis	Huevos/L	0	0	0
Trichuris sp.	Huevos/L	1	0	0
Toxocara sp.	Huevos/L	0	0	0
Capillaria sp.	Huevos/L	0	0	0
Strongyloides stercoralis	Huevos/L	0	0	0
Dyphylidium sp.	Huevos/L	0	0	0
Taenia sp	Huevos/L	0	0	0
Hymenolepis sp.	Huevos/L	0	0	0
Dyphylobothrium sp.	Huevos/L	0	0	0
Fasciola sp.	Huevos/L	1	0	0
Paragonimus sp.	Huevos/L	0	0	0
Schistosoma sp.	Huevos/L	0	0	0
Macracanthorhynchus sp.	Huevos/L	0	0	0
Larvas de helmintos (nemátodos)	Larva/L	1	0	0
TOTAL	Organismos/L	5	0	0

Para los parámetros Organoclorados no se registró presencia en los análisis iniciales y finales del agua de lluvia, debido a que en la zona de estudio no se utilizan sustancias químicas con componentes organoclorados (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados de los parámetros organoclorados de la calidad del agua de lluvia

Parámetro	Unidades	Vi	Vf	LMP
Pentaclorofenol	mg/L	<0.000008	<0.000008	0.009
Lindano	mg/L	<0.00002	<0.00002	0.002
Heptacloro	mg/L	<0.000003	<0.000003	0.0003
Aldrin	mg/L	<0.000002	<0.000002	0.00003
Heptacloro epóxido	mg/L	<0.000002	<0.000002	0.00003
Clordano -Trans	mg/L	<0.000003	<0.000003	0.0002
Endosulfan I	mg/L	<0.000004	<0.000004	0.0004
Clordano Cis	mg/L	<0.000002	<0.000002	0.0002
Dieldrin	mg/L	<0.000001	<0.000001	0.00003
DDE-p,p (4,4-DDE)	mg/L	<0.000001	<0.000001	0.00001

Endrin	mg/L	<0.000001	<0.000001	0.0006
Endosulfan II	mg/L	<0.000001	<0.000001	0.00001
DDD-p,p (4,4-DDD)	mg/L	<0.000001	<0.000001	0.00001
DDT-p,p (Dicloro Difenil Tricloetano)	mg/L	<0.000001	<0.000001	0.001

Para los parámetros de Clorito, Clorato y Nitritos se obtuvo valores que superan ligeramente los LMPs establecidos para agua potable en la medición inicial. Sin embargo, posterior al tratamiento, los resultados fueron reducidos y cumplió con los LMPs establecidos (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados de los parámetros organolépticos y químicos inorgánicos de la calidad del agua de lluvia

Parámetros	Unidades	Vi	Vf	LMP
Sólidos totales disueltos (STD)	mg/L	98	8	1000
Clorito (CLO2)	mg/L	0.21	0.1	0.7
Clorato (CLO3)	mg/L	0.34	0.1	0.7
Cloruros	mg/L	24	2	250
Fluor	mg/L	8.78	0.38	1000
Nitritos	No2-- N mg/L	0.987	0.003	0.2
Nitratos	mg NO3/L	12.76	3.867	50
Sulfatos	mg SO4 /L	84	12	250
Nitrogeno Amoniacal/Amoniac	NH3+-N mg/L	0.345	0.02	1.5
Dureza	mg CaCO3/L	426	128	500

Para los parámetros de Fitoplacton, Zooplacton, Nemátodos y Totales de Organismos de vida libre se obtuvo valores que superan los LMPs establecidos para agua potable en la medición inicial. Sin embargo, posterior al tratamiento, los resultados fueron eliminados en su totalidad a excepción del Fitoplacton que se redujo de 995org/L a 12 org/L (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados de los parámetros de OVL de la calidad del agua de lluvia

Parámetros	Unidades	Vi	Vf	LMP
Fitoplacton	Org/L	995	12	0
Zooplacton	Org/L	8	0	0
Nemátodos	Org/L	<1	0	0
Totales de Organismos de vida libre	Org/L	1003	0	0

Para los parámetros de zinc, arsénico, selenio, cadmio y plomo, se obtuvo valores que superan los LMPs establecidos para agua potable en la medición inicial. Sin embargo, posterior al tratamiento, los

resultados fueron removidos hasta cumplir con los LMPs establecidos en el D.S.N° 031-2010-SA (Tabla 8).

Tabla 8. Resultados de los parámetros de metales de la calidad del agua de lluvia

Parámetros	Unidades	Vi	Vf	LMP
Boro (B)	mg/L	0.0596	0.0345	1.5
Sodio (Na)	mg/L	5.089	5.089	200
Aluminio (Al)	mg/L	0.011	0.011	0.2
Cromo (Cr)	mg/L	0.0621	0.0008	0.05
Manganeso (Mn)	mg/L	0.00876	0.00247	0.4
Hierro (Fe)	mg/L	0.243	0.1687	0.3
Niquel (Ni)	mg/L	0.00128	0.00069	0.02
Cobre (Cu)	mg/L	0.0941	0.0047	2
Zinc (Zn)	mg/L	3.2312	0.08776	3
Arsénico (As)	mg/L	0.01923	0.00711	0.01
Selenio (Se)	mg/L	0.0164	0.0006	0.01
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.07876	0.00054	0.07
Cadmio (Cd)	mg/L	0.00456	0.00003	0.003
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0009	0.0003	0.02
Bario (Ba)	mg/L	0.01567	0.00382	0.7
Mercurio (Hg)	mg/L	0.00002	0.00002	0.001
Plomo (Pb)	mg/L	0.2564	0.0022	0.01
Uranio (U)	mg/L	0.000789	0.000202	0.015

## DISCUSIÓN

Para evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de agua de lluvia mediante la filtración de la cáscara de naranja, se evaluaron los parámetros organolépticos de olor y sabor que resultaron aceptables en todas las fases de la investigación coincidiendo con los resultados reportados por Arboleda, (2016), donde estimó niveles óptimos para la percepción organoléptica, cabe precisar que para estos dos parámetros no se cuentan con unidades de medida. Sin embargo, para el caso del factor del color, se registró un valor inicial de 12UCV escala Pt/Co debido a la carga de material particulado en suspensión inherentes al agua de lluvia y un valor final de 4 UCV escala Pt/Co luego del tratamiento, logrando una remoción de 66.7%. También, la turbiedad registró una remoción de 87.5% en referencia al valor inicial, debido a que el sistema de tratamiento, eliminó las partículas totales presentes en el agua de lluvia. Además la conductividad registró un valor inicial de 1350  $\mu\text{mho/cm}$  y un valor final de 450  $\mu\text{mho/cm}$  con un porcentaje de remoción de 66.7% que en coherencia con la turbidez del agua al reducir los niveles de partículas por el proceso de filtración, se logró disminuir los niveles de conductividad eléctrica, resultados esperados teniendo en cuenta los estudios registrados por (Chulluncuy, 2011), donde la

Turbiedad se mantuvo entre 2 y 4 NTU y los valores de conductividad eléctrica se mantuvieron por debajo de los 1500  $\mu\text{mho/cm}$ . Finalmente, la temperatura y el pH mantuvieron valores normales dentro del rango de tratamiento del agua de lluvia. Que coincide con los valores de 6.5 a 7.5 de pH reportados por Samboni, Carvajal y Escobar, (2007) y con los valores finales establecidos en los LMPs de D.S.N° 031-2010-SA.

Los parámetros Microbiológicos, se registró un valor inicial de 12ufc/100mL y un valor final de 0ufc/100mL con un porcentaje de remoción del 100%, valores que coinciden con estudios precedentes de Ríos, Agudelo, y Gutiérrez, (2017) donde reportaron la ausencia de Coliformes Totales a corto plazo en el agua luego de su tratamiento. Para los factores de Coliformes Fecales, Echerichia Coli y Virus, no se registraron valores al inicio y al final del tratamiento del agua de lluvia debido a que en la zona de intervención no se contó con presencia de aves y animales que puedan originar contaminación cruzada con este tipo de microorganismos (Vidal, Consuegra, Gomes, y Marrugo, 2009).

Para los parámetros parasitarios en la etapa inicial se registraron valores para Giardia duodenalis y Cryptosporidium parvum de 1 Quiste/L., Trichuris sp y Fasciola sp. se reporta 1Huevo/L. Finalmente, para Larvas de helmintos (nemátodos), 1Larva/Litro, hallazgos similares a los reportados en la investigación de (Chulluncuy, 2011), donde no reportó valores o presencia de este tipo de microorganismos. Posterior a la aplicación del proceso de filtración por intermedio de la cáscara de naranja, los resultados finales fueron nulos, para cada uno de los elementos analizados con presencia de formas parasitarias, garantizando el 100% de efectividad en su remoción tal como se presenta en la investigación desarrollada por Ríos y Gutiérrez (2017), donde no registran presencia de microorganismos después de un tratamiento efectivo del agua.

Los parámetros Organoclorados de Pentaclorofenol, Lindano, Heptacloro, Aldrin, Heptacloro epóxido, Clordano -Trans, Dieldrin, DDE-p,p (4,4-DDE), Endrin, Endosulfan II, DDD-p,p (4,4-DDD) y DDT-p,p, Dicloro Difenil Tricloetano, en el cual se registraron valores iniciales y finales similares en mg/L, resultados esperados teniendo como referencia los registrados por Cárdenas y Rey (2018), quien reporto valores por debajo del límite de detección del método, es decir ausente en el agua.

Los resultados obtenidos para los Sólidos Totales Disueltos el valor inicial fue de 98mg/L y un valor final de 8mg/L, con un porcentaje de remoción de 91.8%. en el caso de los Nitritos se registró un valor inicial de 0.987NO<sub>2</sub>-N mg/L y un valor final de 0.003 NO<sub>2</sub>-N mg/L, con un porcentaje de remoción de 99.7%. Para los Nitratos se registraron tuvo un porcentaje de remoción de 69.7%, los Sulfatos se registró un valor de remoción de 85.7%. Para el nitrógeno amoniacal el valor de remoción de 94.2%. También

---

para el parámetro de dureza se registró un porcentaje de remoción de 70%, resultados que coinciden con los reportados por (Jiménez, et al., 2017), que menciona que, en épocas críticas de lluvia, la dureza resulta con niveles cercanos a los LMPs de 500 mg CaCO<sub>3</sub>/L. Con respecto al porcentaje de remoción del Clorito fue de 52.4%, Clorato 70.6%, Cloruros 91.7% y Fluor 95.7%, esto debido al proceso de desinfección del agua de lluvia tratada, resultados que coinciden con lo reportado en el estudio de (Vidales, 2000) que obtuvo presencia de niveles de clorito inferiores al 30% de la concentración inicial, Clorato inferior al 15%, cloruros inferiores al 5% (5 a 8 mg/L) y Fluor inferior a 2%.

Para el caso de los parámetros del Fitoplacton, se registró un valor inicial de 995Org/L y un valor final de 12Org/L con un porcentaje de remoción del 98.8%, que coinciden con lo obtenido por (Córdoba, Del Coco y Basualdo, 2010), donde estructuran resultados ausentes para la calidad del agua potable. Para los Nemátodos se registró un valor inicial de 1Org/L y un valor final de 0.0 Org/L, con un porcentaje de remoción de 100%, valores finales de nula presencia según los estudios desarrollados por (Ríos, Agudelo, y Gutiérrez, 2017).

Para los parámetros metálicos en la calidad de agua de lluvia, se consideró a 18 metales, de los cuales el Sodio (Na), Aluminio (Al) y Mercurio (Hg) registraron presencia dentro de los límites de detección del método de análisis en todas las fases de la investigación, ello sucede debido a la nula ausencia de actividades económicas en la cercanía de influencia de la zona de estudio (Dimas, Garza y Treviño, 2015).

Para el caso de los metales como el Boro (B), se registró una remoción del 42.1%, el Manganeseo (Mn), 71.8%, por el Hierro (Fe) 30.6%, para Níquel (Ni) 46.1%, valores que representan ligera presencia en comparación con los resultados obtenidos por Meléndez (2015), que obtuvo niveles de remoción por encima del 60% en los elementos analizados. Para el caso del Cobre (Cu) se registró una remoción de 95%, valores superiores a los reportados por Doria (2017) donde obtuvo resultados de presencia del Cobre entre  $23.47 \pm 13.97 \mu\text{g/L}$ , con una remoción hasta de 65%. Para el caso del Selenio (Se), Antimonio (Sb), Bario (Ba) y Uranio(U), la remoción promedio se mantuvo por encima del 60% de la concentración inicial, resultados que se encuentran dentro de los niveles esperados, teniendo en cuenta el estudio presentado por (Chulluncuy, 2011), donde los elementos se mantuvieron con nula presencia en la calidad del agua.

Además, como casos particulares se analizó la presencia de metales pesados altamente dañinos para la salud humana como es el caso del Cromo (Cr) que se obtuvo una remoción de 98.7%, valor superior al resultado obtenido por Garzón y Gonzales (2012) que registraron una remoción y absorción de 68% en

una muestra de agua a nivel de laboratorio. El arsénico (As), se obtuvo una remoción del 43.7%, para el Molibdeno (Mo), 99.3%, valores superiores a los obtenidos por (Ghimire, et al. 2003), que obtuvo porcentajes de remoción superiores al 50%. Mientras que para el Cadmio (Cd), se logró una remoción del 99.3%, valor superior a lo obtenido por García (2008), que registró 65.71 µg/L y por (Doria, 2017) que obtuvo  $4.72 \pm 3,29$  µg/L de Cadmio. Finalmente, para el Plomo (Pb) se registró una remoción de 99.1%, superior al valor obtenido por Cardona y Zepeda (2013) que reportaron 0.1mg/L en método de absorción atómica para agua y ligeramente inferior a los obtenidos por Doria (2017) que reportó como ausente la presencia de este elemento metálico en el agua. Todos los metales pesados analizados en fase inicial en el agua de lluvia registraron valores que superan los LMPs establecidos en el D.S.N° 031-2010-SA. Sin embargo, es importante mencionar que después de la intervención del proceso de filtración con la cáscara de naranja todos los valores analizados presentaron resultados favorables que cumplen con los valores establecidos en el D.S.N° 031-2010-SA (Pinzón y Cardona, 2010).

## CONCLUSIONES

Mediante el uso del biofiltrante de la cáscara de naranja, se logró la remoción del 100% de los parámetros físicos, microbiológicos, formas parasitarias, organoclorados, organolépticos, OVL y metales pesados, dado que cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en el D.S.N° 031-2010-SA., Norma para calidad de agua para consumo humano, de esta forma las poblaciones más vulnerables de las zonas rurales del distrito de San Ramón, mejorarían su calidad de vida con acceso a un recurso necesitado utilizando materiales eco amigables y de bajo costo para su tratamiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arboleda, N. (2016). Evaluación de alternativas tecnológicas para el tratamiento básico del agua lluvia de uso doméstico en el consejo comunitario de la comunidad negra de los lagos, Buenaventura. *Scientia Et Technica*, 21(3) ,278-285. [fecha de Consulta 31 de Enero de 2022]. ISSN: 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84950585012>
- Arboleda, N. (2016). Diagnóstico del sistema de aprovechamiento del agua lluvia en el consejo comunitario de la comunidad negra de los lagos, buenaventura. *Revista Luna Azul*, (43),29-55.[fecha de Consulta 4 de Febrero de 2022]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321745921003>.

- 
- Arqui, C., Alvarez, D., Gómez, G., Valenzuela, R., Fernandez, I., y Espinoza, P. (2016). Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Revista de Salud Pública*, 18(6),904-912.[fecha de Consulta 4 de Febrero de 2022]. ISSN: 0124-0064. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42249786006>
- Barrenechea, M. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida, aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua, Organización Panamericana de la Salud OPS - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales CEPIS, Lima, Perú.
- Campo, Y., Delgado, A., Roa, Y. y Mora, G. (2017). Efecto antimicrobiano del quitosano y cascara de naranja en el tratamiento de aguas residuales. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(4), 381-388. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.312>
- Cardona, A., Cabañas, D. y Zepeda, A. (2013). Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II). *Ingeniería*, 17(1) ,1-9.[fecha de Consulta 10 de Octubre de 2021]. ISSN: 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46729718001>.
- Cárdenas, S., Marquez, A., Guevara, E., y Rey, D. (2018). Caracterización de plaguicidas organoclorados en agua y sedimentos en el río Tucutunemo, Venezuela. *Tecnología y ciencias del agua*, 9(5), 131-169. Epub 24 de noviembre de 2020.<https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-05-06>.
- Centeno, J. (2002). Población y medio ambiente. *Interciencia*, 27(5),217.[fecha de Consulta 4 de Febrero de 2022]. ISSN: 0378-1844. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33906801>
- Córdoba, M., Del Coco, V., y Basualdo, J. (2010). Agua y salud humana. *Química Viva*, 9(3),105-119.[fecha de Consulta 31 de Enero de 2022]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86315692002>.
- Chino Calli, M. (2013). Evaluación y propuesta de diseño de captación de agua de lluvia en viviendas rurales de la comunidad vilca maquera - Pilcuyo. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrícola. Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú.
- Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, (29),153-170.[fecha de Consulta 5 de Febrero de 2022]. ISSN: 1025-9929. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428495008>.
- Doria, C. (2017). Metales pesados (Cd, Cu, V, Pb) en agua lluvia de la zona de mayor influencia de la mina de carbón en La Guajira, Colombia. *Revista Colombiana de Química*, 46(2),37-44.[fecha

- de Consulta 16 de Febrero de 2022]. ISSN: 0120-2804. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309051244004>.
- Dimas, M., Garza, M. y Treviño, D. (2015). Índice de la calidad del agua y metales pesados del cauce aguas blancas del municipio de Acapulco Guerrero, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(),113-118.[fecha de Consulta 26 de Febrero de 2022]. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263139243016>
- García, M. (2008). Biosorción de cadmio con raspo de uva. Aproximación a la monitorización del proceso mediante sensores químicos.
- Garzón, J. y Gonzales, L. (2012), adsorción de Cr (VI) utilizando carbón activado a partir de cáscara de naranja, Facultad de Ingenierías, Programas de Ingeniería Química, Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia.
- Ghimire, K., et al. (2003). Adsorptive separation of arsenate and arsenite anions from aqueous medium by using orange waste. *Water Research*, Vol. 37 pp. 4945-4953.
- Grandez, P. (2015). Aprovechamiento de agua de lluvia, para optimizar el uso de agua potable residencial. Tesis para optar el grado académico de maestro en tecnología de la construcción, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.
- Jimenez, M., y Cova, R., Trías, L., Vega, C. y Manganiello, L. (2017). Parámetros relativos a propiedades químicas y calidad organoléptica de aguas que confluyen a embalses destinados al consumo humano. *Revista INGENIERÍA UC*, 24(1),128-136.[fecha de Consulta 31 de Enero de 2022]. ISSN: 1316-6832. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70750544014>
- León, R. (2016). Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Hídricos Pluviales en Zonas Residenciales. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú.
- Meléndez, J., Cervantes, J. y Barradas, V. (2015). Calidad del agua de la niebla captada artificialmente en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México: resultados preliminares. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 18(2),122-130.[fecha de Consulta 26 de Febrero de 2022]. ISSN: 1405-888X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43241353004>
- Orta, L. (2002). Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos. *Fitosanidad*, 6(3),55-62.[fecha de Consulta 31 de Enero de 2022]. ISSN: 1562-3009. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209118292006>

- 
- Pinzón, M. y Cardona, A. (2010). Caracterización de la cascara de naranja para uso como material bioadsorbente. *Revista de la Facultad de las Ciencias Básicas*, 1-23.
- Recalde, G. (2016). Acceso equitativo a servicios de agua potable y alcantarillado: una oportunidad para el activismo judicial y social a nivel local. *Revista de Derecho*, (46),257-291.[fecha de Consulta 4 de Febrero de 2022]. ISSN: 0121-8697. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85147561010>.
- Ríos, S., Agudelo, R. y Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 2017; 35(2): 236-247. DOI: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08.
- Samboni, N., Carvajal, Y. y Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181. Retrieved February 05, 2022, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092007000300019&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019&lng=en&tlng=es).
- Vargas, R., Cabañas V., Gamboa M. y Domínguez, B. (2009). Evaluación del proceso de biosorción con cáscaras de naranja para la eliminación del colorante comercial Lanazol Navy CE en aguas residuales de la industria textil. *Ingeniería*, 13(3),39-43.[fecha de Consulta 26 de Febrero de 2022]. ISSN: 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46712187005>
- Vidal, D., Consuegra, A., Gomescaseres, L., y Marrugo, J. (2009). Evaluación de la calidad microbiológica del agua envasada en bolsas producida en Sincelejo. *Revista MVZ Córdoba*, 14(2),1736-1744.[fecha de Consulta 31 de Enero de 2022]. ISSN: 0122-0268. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69312277010>.
- Vidales, A. (2000). Diagnóstico de la Calidad de Agua de Mesa: Una Acción Positiva. *Conciencia Tecnológica*, (14),41-46.[fecha de Consulta 5 de Febrero de 2022]. ISSN: 1405-5597. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94401409>. .