



Scientia Et Technica

ISSN: 0122-1701

scientia@utp.edu.co

Universidad Tecnológica de Pereira
Colombia

Arboleda Montañoz, Nixon

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, vol. 21, núm. 3, septiembre, 2016, pp. 278-285

Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84950585012>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

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

Evaluation of technological alternatives for the basic treatment of rain water for domestic use in the Community Council of the black community in the lakes, Buenaventura

Nixon Arboleda Montaño

Administración Ambiental, Universidad del Pacífico, Buenaventura, Colombia

Correo-e: narboleda@unipacifico.edu.co

Resumen— El presente trabajo de investigación inicio determinando la calidad del agua lluvia; además, se calculó el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano de acuerdo a los resultados fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos. Finalmente, se hizo la evaluación de las alternativas tecnológicas identificadas teniendo en cuenta los factores ambiental, sociocultural, económico, técnico - operativo y normativo. Se pudo determinar que la alternativa tecnológica que presentó las mejores condiciones para ser implementada en el tratamiento del agua lluvia en el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de los Lagos fue el purificador de agua microbiológico instantáneo LifeStraw Family, y como segunda opción o alternativa complementaria se recomendó hervir el agua lluvia.

Palabras clave— alternativas tecnológicas, agua lluvia, calidad del agua, tratamiento del agua.

Abstract— This research start determining quality rainwater; moreover, the risk index of the quality of drinking water according to chemical and microbiological results are calculated. Finally, evaluation of alternative technologies was identified taking into account the environmental, socio-cultural, economic, technical factors - operational and regulatory. It was determined that technological alternative that presented the best conditions to be implemented in the treatment of rain water in the Community Council of the Black Community of Lagos was the instant microbiological water purifier LifeStraw Family, and as a second option or alternative complement it It recommended boiled rainwater .

Key Word — technological alternatives, rain water, water quality, water treatment.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con [1], la captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para consumo humano en aquellas zonas de alta o media precipitación pluvial. El agua de lluvia es interceptada, recolectada y almacenada para su uso posterior.

Según el [2] la captación del agua de lluvia se ha practicado desde hace más de cinco mil años; desde siempre, el ser humano ha aprovechado el agua superficial como primera fuente de abastecimiento, consumo y vía de transporte. Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente, algunos pueblos ocuparon zonas áridas, semiáridas y húmedas del planeta y comenzó el desarrollo de los sistemas de captación del agua de lluvia, como una opción para el riego de cultivos y el uso doméstico.

Es así, como los sistemas de captación del agua de lluvia (SCALL) se han utilizado tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones; sin embargo, siglos después el uso de los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias decreció debido a la imposición de métodos y obras para la utilización del agua superficial y subterránea (presas, acueductos, pozos de extracción y sistemas de irrigación). [3] De acuerdo con [4] en Colombia se presenta una precipitación media anual del orden de los 3.000 mm, más del triple de la precipitación promedio del mundo, que es sólo de 900 mm. A pesar de los altos niveles de lluvia, ésta no está distribuida homogéneamente en todo el país; por lo que se destaca la región pacífica como una de las regiones con mayores niveles de precipitación, los cuales en algunas ocasiones duplican y/o triplican el promedio del país. En el caso particular del distrito especial de Buenaventura, se presentan en promedio lluvias mayores a los 70000 mm [5].

Dada la situación anterior, además de la inexistencia del servicio de acueducto en la mayor parte de la zona rural del distrito de Buenaventura, como es el caso del consejo comunitario de la comunidad negra de los Lagos, el agua lluvia es el recurso más importante para satisfacer las necesidades domésticas como son la preparación de alimentos, lavado de ropa, aseo de la vivienda hasta la bebida directa de agua.

Finalmente, se destaca que pese a que el agua lluvia satisface diferentes necesidades de los hogares, el proceso de la captación del recurso hídrico no cuenta con un sistema de

tratamiento, sino que por el contrario solamente se tiene un área de recolección (techo), conducción y almacenamiento lo cual conlleva a que la calidad del agua no sea la adecuada para el consumo humano directo, haciéndose necesario la implementación de algún sistema de tratamiento que permita potabilizar el agua o hacerla más segura de tal forma que minimicen los riesgos asociados al consumo de este vital líquido.

II. METODOLOGÍA

A. Área de estudio

El consejo comunitario¹ de la comunidad negra de los Lagos es un área rural que está localizado en la zona continental del Distrito de Buenaventura, cuenca baja del río Dagua, sobre la vía Simón Bolívar hacia al aeropuerto, a la altura del kilómetro quince (15). Este consejo cuenta con 68 viviendas, las cuales para efecto de la investigación se dividieron estratégicamente en 5 zonas: esquinas y centro. En cada zona se seleccionaron aleatoriamente 2 viviendas; 1 con techo de zinc y 1 con techo de asbesto, preferiblemente aquellas que presentaban mayores niveles de captación de aguas lluvias. En total se seleccionaron 10 viviendas.

B. Análisis de la calidad del agua lluvia captada

Para el análisis de la calidad del agua lluvia captada se realizó un análisis microbiológico y un análisis físico químico.

En el caso del análisis microbiológico se evaluaron los parámetros Coliformes totales y Escherichia Coli.

Por su parte, en el caso del análisis físico-químico se evaluaron los parámetros de sustancias flotantes, olor, sabor, turbiedad, color, ph, conductividad, acidez, dureza total, sulfatos, cloruros, nitritos, nitratos, hierro total, aluminio residual, cloro residual libre.

Los procedimientos utilizados para el análisis de los parámetros microbiológicos y físico-químicos se realizaron con base en los métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (APHA WWA, 1992 citado por Severiche; Castillo & Acevedo, 2013). Estos análisis se realizaron durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2014.

Los tratamientos evaluados fueron las siguientes (anexo 1):

Tratamiento 1: Filtro de plástico con elementos de disco.
Tratamiento 2: filtro de plástico con malla.

¹ De acuerdo con la ley 70 de 1993 y el decreto 1745 de 1995 el término consejo comunitario se entiende como un área rural donde viven comunidades negras que tienen unas prácticas culturales ancestrales.

Tratamiento 3: purificador de agua microbiológico instantáneo Life Straw Family.

Tratamiento 4: hervido del agua.

El procedimiento en la aplicación de cada tratamiento fue similar, por lo que mensualmente en cada vivienda seleccionada se trataron 3L de agua, de las cuales se tomaron las muestras fisicoquímicas (1L) y microbiológicas (0,2L), las cuales fueron llevadas al laboratorio de la empresa Hidropacífico S.A. E.S.P., donde se realizaron los análisis respectivos. Los resultados de laboratorio de las diferentes muestras tratadas se promediaron para obtener un valor mensual. Paralelo a la evaluación de las alternativas tecnologías se registraron los datos de una muestra testigo, que era el agua lluvia que no se le aplicó ningún tratamiento.

C. Análisis estadístico parámetros físico-químicos

En primera medida se realizó un análisis descriptivo, verificando que se cumplan los requerimientos mínimos exigidos por la normatividad sobre agua para consumo humano. [6]

En segunda instancia se realizó un análisis de varianza (Anova), para comprobar si hay diferencias significativas en dichos parámetros, tanto para el tipo de techo como para los tratamientos tecnológicos del agua lluvia y los tratamientos combinados entre estos dos factores. Para lo anterior, se utilizó un diseño experimental factorial completamente al azar con tres réplicas y dos factores, en donde:

Factor 1: tipo de techo:

- 1: Zinc
- 2: asbesto

Factor 2: Alternativa tecnológica de tratamiento del agua lluvia

- 1 Alternativa: Filtro de plástico con elementos de disco
- 2 Alternativa: Filtro de plástico con malla
- 3 Alternativa: Purificador de agua microbiológico instantáneo Life Straw Family
- 4 Alternativa: hervido del agua
- 5. Testigo: no se le realizó ningún tratamiento

Las réplicas correspondieron a los meses evaluados (octubre, noviembre, diciembre).

Es decir, que en total se evaluaron 10 tratamientos combinados con tres réplicas cada uno, para un total de 30 observaciones.

Las pruebas realizadas fueron las siguientes:

1. Prueba para comparar tipo de techo

Ho: No hay diferencias significativas entre los dos tipos de techo en los parámetros físico-químicos del agua lluvia captada

Ha: Hay diferencias significativas entre los dos tipos de techo, en los parámetros físico-químicos del agua lluvia captada

2. Prueba para comparar alternativas de tratamiento tecnológico del agua lluvia

Ho: No hay diferencias significativas entre las alternativas tecnológicas, en los parámetros físico-químicos del agua lluvia captada

Ha: Hay diferencias significativas entre las alternativas tecnológicas, en los parámetros físico-químicos del agua lluvia captada

3. Prueba para comparar tratamientos combinados (tipo de techo-alternativa tecnológica)

Ho: No hay diferencias significativas entre los tratamientos combinados, en los parámetros físico-químicos del agua lluvia captada

Ha: Hay diferencias significativas entre los tratamientos combinados, en los parámetros físico-químicos del agua lluvia captada.

4. Prueba para la interacción tipo de techo vs alternativa tecnológica

Ho: No hay interacción entre el tipo de techo y las alternativas tecnológicas de tratamiento del agua lluvia captada

Ha: Hay interacción entre el tipo de techo y las alternativas tecnológicas de tratamiento del agua lluvia captada.

D. Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano

El cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), se realizará utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\Sigma \text{puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

El IRCA se calculó con 14 de los 22 parámetros establecidos en la norma, los cuales son Turbiedad (15), Color (6), pH (1.5), Alcalinidad Total (1), Dureza Total (1), Sulfatos (1), Cloruros (1), Nitritos (3), Nitratos (1), Hierro Total (1.5),

Aluminio Residual (3), Cloro Residual Libre (15), Coliformes Totales (15), Escherichia Coli (25). El sumatorio total de los puntajes de estos 14 parámetros asciende a 90 de un total de 100, por lo que representan el 90% del valor del indicador, estableciendo un porcentaje de confiabilidad alto.

Por su parte, los parámetros faltantes son Calcio (1), Fosfatos (1), Manganeso (1), Molibdeno (1), Magnesio (1), Zinc (1), Fluoruros (1) y COT (3). La sumatoria de estos 8 parámetros asciende a 10 de un total de 100, representando solo el 10% del puntaje total del indicador.

Teniendo en cuenta, el puntaje de los parámetros evaluados, la tabla a continuación se presenta la clasificación adaptada del nivel de riesgo en salud según el IRCA.

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	Observación
72,09 - 81	INVIABLE SANITARIAMENTE	Agua no apta para consumo humano. Se debe aplicar un excelente sistema de tratamiento
31,59 - 72	ALTO	Agua no apta para consumo humano. Se debe aplicar un muy buen sistema de tratamiento
12,69 - 31,5	MEDIO	Agua no apta para consumo humano. Se debe aplicar un buen sistema de tratamiento
4,59 - 12,6	BAJO	Agua no apta para consumo humano. Se debe aplicar algún sistema de tratamiento
0 - 4,5	SIN RIESGO	Agua apta para consumo humano. Se debe seguir garantizando la calidad del agua.

Tabla 1. Clasificación adaptada del nivel de riesgo en salud según el IRCA

Fuente: elaboración propia con base en resolución 2115 del año 2007.

Los criterios utilizados para evaluar las alternativas tecnológicas de aprovechamiento del agua lluvia orientada al uso doméstico son los siguientes:

- **Aspectos ambientales:** Se determinaron los impactos ambientales positivos y negativos asociados a las alternativas estudiadas.
- **Aspecto sociocultural:** Se tuvieron en cuenta aspectos relacionados con la cultura de los habitantes del Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de los Lagos. La importancia de este aspecto tiene que ver con la posibilidad de implementar prácticas que estén acordes con las condiciones del lugar.
- **Aspectos económicos:** Se analizaron las implicaciones económicas de las alternativas evaluadas en los habitantes del Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de los Lagos.

- **Aspectos técnicos y operativos:** En este factor se tuvo en cuenta la viabilidad técnica de las alternativas evaluadas.
- **Aspectos Normativos:** Se determinó el cumplimiento de normas de cada una de las alternativas evaluadas.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A. Análisis de varianza parámetros físico-químicos

Los resultados obtenidos en el programa estadístico SPSS versión 18.5, se muestran en la tabla 2. En la mayoría de los estadísticos utilizados, el valor p obtenido es inferior a 0.05. Esto indica que en términos generales, a un nivel de significancia del 5% hay diferencias significativas entre los tipos de techo, y entre las alternativas tecnológicas de tratamiento del agua lluvia, con respecto a los parámetros físicoquímicos del agua lluvia captada. Sin embargo no hay interacción entre dichos factores; el valor p obtenido es superior a 0.05, a excepción del Estadístico de Raíz mayor de Roy.

Efecto	Estadístico	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Techo	Traza de Pillai	,942	9,916	13,000	8,000	,001
	Lambda de Wilks	,058	9,916	13,000	8,000	,001
	Traza de Hotelling	16,113	9,916	13,000	8,000	,001
	Raíz mayor de Roy	16,113	9,916	13,000	8,000	,001
TTo	Traza de Pillai	2,448	1,335	52,000	44,000	,164
	Lambda de Wilks	,006	1,759	52,000	33,095	,043
	Traza de Hotelling	17,962	2,245	52,000	26,000	,014
	Raíz mayor de Roy	13,054	11,045	13,000	11,000	,000
Techo * TTo	Traza de Pillai	1,533	,526	52,000	44,000	,987
	Lambda de Wilks	,063	,664	52,000	33,095	,909
	Traza de Hotelling	7,207	,901	52,000	26,000	,635
	Raíz mayor de Roy	6,286	5,319	13,000	11,000	,004

Tabla 2. Resultados análisis de varianza (contrastes multivariados)

Fuente: propia.

Con los anteriores resultados y las pruebas de los efectos inter-sujetos y post anova turbiedad y color, las cuales se anexan, se concluye que con respecto a los parámetros físico-

químicos evaluados, el comportamiento es muy similar tanto en techo de zinc como en asbesto, solo se presentan diferencias en pH, cloruros y nitratos, siendo un poco más ventajoso el techo de zinc. En cuanto a las alternativas tecnológicas evaluadas en el tratamiento del agua lluvia para consumo humano, solo hay diferencias significativas en la turbiedad y en el color, siendo el purificador de agua microbiológico instantáneo Life Straw Family, la alternativa más viable desde el punto de vista técnico.

B. Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano

Teniendo en cuenta los resultados de microbiológicos y fisicoquímicos para los 14 parámetros evaluados, a continuación se presenta el IRCA para los techos de zinc y asbesto.

Tipo de techo	Técnica de tratamiento de agua	Cloro residual libre	Coliformes totales	E. Coli	IRCA (%)	Nivel de Riesgo
Zinc	Alternativa 1	15	15	0	33,33	ALTO
	Alternativa 2	15	15	0	33,33	ALTO
	Alternativa 3	15	0	0	16,67	MEDIO
	Alternativa 4	15	0	0	16,67	MEDIO
	Testigo	15	15	0	33,33	ALTO
Asbesto	Alternativa 1	15	15	25	61,11	ALTO
	Alternativa 2	15	15	25	61,11	ALTO
	Alternativa 3	15	0	0	16,67	ALTO
	Alternativa 4	15	0	0	16,67	MEDIO
	Testigo	15	15	25	61,11	ALTO

Tabla 3. IRCA para los techos de zinc y asbesto

Fuente: propia.

Además del agua sin tratar, para el techo de zinc las alternativas 1 y 2 presentan un nivel de riesgo ALTO debido al incumplimiento de la norma en los parámetros cloro residual libre y coliformes totales, lo que evidencia bajo nivel de tratamiento de estas alternativas, dado que no minimizan el nivel de riesgo; conllevando con ello a la necesidad de implementar otras tecnologías de tratamiento que mejoren la calidad del agua lluvia captada para el consumo humano.

Continuando con el techo de zinc, las alternativas 3 y 4 reducen el nivel de riesgo de ALTO a MEDIO dado que garantizan el cumplimiento de la norma en lo que respecta a coliformes totales, sin embargo no sucede lo mismo con el parámetro cloro residual libre, lo que hace que posterior a estos tratamientos se debe aplicar una dosis exacta de cloro de acuerdo al volumen del agua para poder pasar del nivel de riesgo MEDIO a SIN RIESGO garantizando así la adecuada calidad del agua lluvia captada para el consumo humano.

Por su parte, para el techo de asbesto, el agua sin tratar y las alternativas 1 y 2 presentan un nivel de riesgo ALTO debido

al incumplimiento de la norma en los parámetros cloro residual libre, coliformes totales y E. Coli, lo que evidencia bajo nivel de tratamiento de estas alternativas, dado que no minimizan el nivel de riesgo; máxime, si tenemos en cuenta con el IRCA es mayor en este techo que en los de zinc. Lo anterior obliga a implementar otras tecnologías de tratamiento que mejoren la calidad del agua lluvia captada para el consumo humano.

Las alternativas 3 y 4 reducen el nivel de riesgo de ALTO a MEDIO dado que garantizan el cumplimiento de la norma en lo que respecta a coliformes totales y E. Coli, sin embargo, no sucede lo mismo con el parámetro cloro residual libre, lo que hace que posterior a estos tratamientos se debe aplicar una dosis exacta de cloro de acuerdo al volumen del agua para poder pasar del nivel de riesgo MEDIO a SIN RIESGO garantizando así la adecuada calidad del agua lluvia captada para el consumo humano.

C. Evaluación de alternativas de manejo

Para la evaluación de las alternativas de manejo se tuvieron en cuenta los siguientes factores: ambiental, sociocultural económico, normativo y técnico – operativo. Cada uno de los anteriores presenta unos sub-factores bajo los cuales se realizó la evaluación.

Para la calificación de cada sub-factor se hizo uso de la valoración establecida en la tabla 4. La alternativa que mejor valoración tenga es considerada la más adecuada frente a las condiciones geográficas, físicas y de restricción que tiene el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de Los Lagos.

Muy óptimo	5
Óptimo	4
Aceptable	3
Inadecuado	2
Muy inadecuado	1

Tabla 4. Valoración para calificar los sub-factor.
Fuente: propia con base en Arboleda [7 y 8].

Los resultados de la evaluación se presentan en las tablas a continuación.

Factor: <u>Ambiental</u>		Calificación			
Sub-factores	Ponderación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Generación	25%	5	5	5	5

de residuos sólidos					
Aire	25%	5	5	5	4
Ecosistemas	25%	5	5	5	5
Recurso hídrico	25%	5	5	5	5
TOTAL	100%	5	5	5	4,75

Tabla 5. Evaluación del factor ambiental.

Fuente: propia

En la evaluación de este factor las alternativas 1, 2 y 3 obtienen los mayores puntajes evidenciando que el impacto ambiental que causa la operación de cualquiera de ellas sobre los sub-factores en cuestión es mínimo. De igual forma la cuarta alternativa también causa muy poco impacto ambiental, afectando sólo el sub-factor aire debido a las emisiones que se causan en el proceso de combustión.

Factor: <u>Sociocultural</u>					
Sub-factores	Ponderación	Calificación			
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Impacto sobre la salud	50%	3,5	3	4,5	4,5
Posible aceptación de la tecnología	30%	3	3	5	5
Requerimiento de capacitación	20%	3	3	4,5	4,5
TOTAL	100%	3,25	3	4,65	4,65

Tabla 6. Evaluación del factor sociocultural.

Fuente: propia

Las mejoras alternativas en este factor son la 3 y 4 dado que al permitir un mejoramiento del agua lluvia reducen el impacto de esta sobre la salud, además son de fácil adaptación y requieren un mínimo de capacitación. Por su parte, las alternativas 1 y 2 al no permitir un buen tratamiento del agua lluvia y requieren mayor capacitación para ser implementadas, por lo que hace que tengan menos aceptación.

Factor: <u>Económico</u>					
Sub-factores	Ponderación				
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Costo de inversión inicial	40%	4	4,5	3,5	3
Costo de operación y mantenimiento	60%	4	4	5	3
TOTAL	100%	4	4,2	4,4	3

Tabla 7. Evaluación del factor económico.

Fuente: propia

Las alternativas 1 y 2 son las de menor costo inicial (\$70,300 y \$53,571 respectivamente) por lo que en este punto obtienen mejores puntajes; sin embargo, la alternativa 3 tiene un costo de \$180,000 y es la que requiere menos costo de operación y mantenimiento por lo que obtiene el mejor; por el contrario, la cuarta alternativa es la peor calificada entre todos los sub-factores evaluados dado que hay que hacer una alta inversión inicial (el valor de la estufa, manguera pipeta y gas asciende a \$160,000) y en mantenimiento y operación (\$45,000 mensual para compra de gas).

Factor: <u>Técnico y operativo</u>					
Sub-factores	Ponderación	Calificación			
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Facilidad de instalación	15%	2,5	2,5	5	5
Facilidad de operación (manejo)	20%	4,5	4,5	4,5	4,5
Requerimiento de mano de obra calificada	5%	3	3	5	5
Frecuencia de mantenimiento	10%	4	4	4,5	4
Accesibilidad a los componentes de la tecnología	10%	3	3	3	5
Requerimiento de espacio	20%	4	4	4,5	4
Vida útil	20%	4	4	4	4
TOTAL	100%	3,725	3,725	4,35	4,40

Tabla 8. Evaluación del factor técnico y operativo.

Fuente: propia

Entre todos los sub-factores la alternativa mejor calificada fue la 3, dado que presenta la mejor facilidad de instalación siendo una tecnología que se puede ubicar en cualquier lugar de la casa, además puede ser operada por cualquiera, no requiere de mano de obra calificada, su frecuencia de mantenimiento es manual y filtra hasta 18,000 litros, lo suficiente para proporcionar a una familia de cinco integrantes agua microbiológicamente pura durante tres años. Por su parte la alternativa 4 es la segunda mejor calificada también por cumplir en buena forma con los parámetros antes mencionados; destacando el mantenimiento constante de los elementos de la estufa para prevenir daños. Las alternativas 1 y 2, aunque son las de menor puntaje en este factor, presentan buenas condiciones respecto a los sub-factores que se evalúan; sin embargo, obtienen una regular calificación por su dificultad de instalación en esta zona rural dado que no existe acueducto.

Factor: <u>Normativo</u>	Ponderación	Calificación			
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Sub-factores					

Cumplimiento de la normativa ambiental	50%	2,5	2	4,5	4,5
permisividad del consejo comunitario	50%	5	5	5	5
TOTAL		3,75	3,5	4,75	4,75

Tabla 9. Evaluación del factor normativo.

Fuente: propia

En este factor, las alternativas 3 y 4 garantizan que la calidad del agua tratada cumpla altamente con la normativa ambiental por lo que obtienen las mejores calificaciones, caso contrario sucede con las alternativas 1 y 2, hecho que afecta significativamente el puntaje de calificación. De otro lado, para todas las alternativas hay permisibilidad del consejo comunitario dado que ellos como máxima autoridad del territorio deben avalar cualquier intervención en el mismo.

FACTO R	PONDERACIÓ N	Calificación			
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Ambiental	20%	5	5	5	4,75
Social y cultural	20%	3,25	3	4,65	4,65
Económico	20%	4	4,2	4,4	3
Normativo	20%	3,75	3,5	4,75	4,75
Técnico - Operativo	20%	3,725	3,725	4,35	4,40
TOTAL	100%	19,73	19,43	23,15	21,55

Tabla 10. Valoración final de las alternativas.

Fuente: propia

De acuerdo con los resultados obtenidos, la alternativa más adecuada para tratar el agua lluvia en las viviendas del Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de Los Lagos es el Purificador de agua microbiológico instantáneo LifeStraw Family.

IV. CONCLUSIONES

Entre las tecnologías evaluadas, la alternativa que presenta las mejores condiciones para ser implementada en el tratamiento del agua lluvia en el consejo comunitario de la comunidad negra de Los Lagos es el Purificador de agua microbiológico instantáneo LifeStraw Family dado que con esta se obtiene un agua de buena calidad, garantizando altamente el cumplimiento de la legislación ambiental, además de ser una alternativa de fácil implementación y operación.

El filtro de plástico con elementos de disco y el filtro de plástico con malla no son alternativas idóneas para tratar el agua lluvia, puesto que no mejoran significativamente la calidad de las mismas.

REFERENCIAS

- [1]. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. (2003). Captación de agua de lluvia para consumo humano: especificaciones técnicas. Hojas de divulgación técnica No 88. Lima, Perú.
- [2]. CENTRO INTERNACIONAL DE DEMOSTRACIÓN Y CAPACITACIÓN EN PROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA. (2007). Manual sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano. Colegio de Postgraduados de INSTITUTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRICOLAS. Ciudad de México, México.
- [3]. Ballén S José A; Galarza G, Miguel A; Ortiz M, Rafael O. 2006. Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Ponencia. En: Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua. João Pessoa, Brasil.
- [4]. Guhl Nanneti, Ernesto. 2007. La problemática del agua en Colombia: para que queremos el agua los colombianos. Ponencia. En: cátedra ambiental pensamiento y política ambiental. Instituto de Investigaciones Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira.
- [5]. IDEAM. (2014). Valores totales diarios de precipitación años 2009 – 2013. Estación 53115010 APTO Buenaventura. Sistema de información nacional ambiental. Bogotá D.C.
- [6]. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto número 1575 de 2007. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Bogotá D.C.
- [7]. Arboleda Montaño, Nixon. (2011). Evaluación de alternativas tecnológicas para mejorar el manejo actual residuos sólidos en el consejo comunitario de la comunidad negra de Citronela, Buenaventura – Colombia. Trabajo de grado (Especialización en gestión ambiental). Seccional de Educación a Distancia. Fundación Universitaria del Área Andina. Pereira. 95p
- [8]. Arboleda Montaño, Nixon. (2009). Programa de manejo integral de residuos sólidos en el parque nacional natural Gorgona, Cauca, Colombia. Trabajo de grado (Administración Ambiental). Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. 172p.

ANEXO 1

Alternativas tecnológicas evaluadas
Tratamiento 1: Filtro de plástico con elementos de disco.



Fuente: propia.

Tratamiento 3: Purificador de agua microbiológico instantáneo Life Straw Family



Fuente: propia.

Tratamiento 2: Filtro de plástico con malla.



Fuente: propia.

Tratamiento 4: hervido del agua



Fuente: propia.