



# AGUA SEGURA

## UNA OPCIÓN DE VIDA

“Estudio de caso, Comunidad Camawari,  
Resguardo indígena Alto Cartagena, Ricaurte, Nariño”



# AGUA SEGURA

## UNA OPCIÓN DE VIDA

“Estudio de caso, Comunidad Camawari,  
Resguardo indígena Alto Cartagena, Ricaurte, Nariño”



Hugo Ferney Leonel  
Diana Carolina Morales Pabón  
Nelson Orlando Narváez Mora

Universidad de Nariño  
Facultad de Ciencias Agrícolas  
Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales  
Grupo de Investigación PIFIL  
San Juan de Pasto  
2019

Leonel, Hugo Ferney

Agua segura una opción de vida : “Estudio de caso, comunidad Camawari, Resguardo indígena Alto Cartagena, Ricaurte Nariño” / Hugo Ferney Leonel, Diana Carolina Morales Pabón y Nelson Orlando Narváez Mora. -- San Juan de Pasto : Editorial Universidad de Nariño, 2019

110 p. : il., tablas, gráficos, mapas

Incluye bibliografía

ISBN: 978-958-8958-77-4 Impreso

ISBN: 978-958-8958-79-8 Electrónico

1. Agua potable – investigaciones 2. Agua potable - comunidad indígena Camawari - Ricaurte (Nariño) 3. Abastecimiento de agua – resguardos indígenas Alto Cartagena y el Palmar – Ricaurte (Nariño) 4. Potabilización del agua – comunidad indígena Camawari – Ricaurte (Nariño) I. Leonel, Hugo Ferney II. Morales Pabón, Diana Carolina III. Narváez Mora, Nelson Orlando

363.6186158 L583 – SCDD-Ed. 22

Biblioteca Alberto Quijano Guerrero

### **Agua segura una opción de vida**

“Estudio de caso, Comunidad Camawari,  
Resguardo indígena Alto Cartagena, Ricaurte, Nariño”

Primera edición. Abril 2019

© Universidad de Nariño (Colombia)

Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales  
cagricolas@udenar.edu.co - cienciasagricolas@udenar.edu.co

© Autores: Hugo Ferney Leonel

Diana Carolina Morales Pabón

Nelson Orlando Narváez Mora

ISBN (Impreso): 978-958-8958-77-4

ISBN (Electrónico): 978-958-8958-79-8

Diseño portada: Andrea Estefanía Morales Mora

Corrección de Estilo: Mg. Manuel E. Martínez R.

Derechos reservados, 2019. Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio, sin autorización escrita de la Editorial de la Universidad de Nariño.

Diagramación, impresión y terminación:

Graficolor Pasto sas

Calle 18 No. 29-67

Tels. 7310652 - 7311833

graficolorpasto@hotmail.com

Impreso en Colombia / Printed in Colombia



Universidad de **Nariño**  
EDITORIAL UNIVERSITARIA

## AGRADECIMIENTOS:

**Los autores de la presente investigación, expresan sus agradecimientos a:**

### **Universidad de Nariño - UDENAR**

- Vicerrectoría de Investigaciones, Postgrado y Relaciones Internacionales - VIPRI
- Facultad de Ciencias Agrícolas
- Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales
- Grupo Plan de Investigación para el Fortalecimiento Integral de las Comunidades - PIFIL

### **A la Gobernación de Nariño**

- Programa Agua para la Prosperidad PAP-PDA

### **Colaboradores Universidad de Nariño**

- Paulo César Cabrera Moncayo  
Docente Departamento RENSAF
- Diana Sofía Charfuelán Caipe  
Programa Ingeniería Ambiental
- David Camilo Guerrero Ortiz  
Programa Ingeniería Ambiental
- José Luis Rodríguez Narváez  
Programa Ingeniería Ambiental
- Carlos Andrés Díaz  
Programa de Ingeniería Acuícola

### **Comunidad**

- Cristian Daniel Taicus Moriano  
Gobernador Indígena Resguardo Alto Cartagena
- Lidia del Socorro Gómez. Líder comunitaria
- Integrantes Resguardo Alto Cartagena



## PRÓLOGO

La importancia de los procesos participativos es la generación de resultados significativos; es así como, el vínculo logrado entre la comunidad del Resguardo Indígena Alto Cartagena, pertenecientes al pueblo Awá, la Gobernación de Nariño a través de su Programa: Agua para la Prosperidad y la Universidad de Nariño en su quehacer investigativo, de enseñanza y de proyección a la comunidad, es plasmado en esta obra como un excelente logro, en relación a una temática tan oportuna y vital como lo es el consumo humano de agua y más aún, cuando los resultados de este estudio se realizaron en una población con alta vulnerabilidad.

Ante la problemática evidente por el consumo humano de agua no segura y todas sus consecuencias, se proyectó utilizar de una manera muy oportuna, una metodología participativa que, en un doble canal, facilitó la enseñanza-aprendizaje, logrando finalmente la aceptación y adopción de una alternativa no convencional de tratamiento de agua por parte de la comunidad objetivo.

En este estudio de caso, se hace evidente como las metodologías participativas, son herramientas adecuadas, que logran solventar dificultades comunicativas, facilitando la colaboración y sinergia, disipando posibles conflictos y recordándonos que todo proceso tiene una gran enseñanza. El valor agregado se presenta al describir como una alternativa no convencional para el tratamiento de agua, puede ser adoptada con facilidad y así lograr la disminución del riesgo por el consumo de agua sin la calidad adecuada.

**James Rosero Carvajal**  
**Docente Rensaf – Universidad de Nariño**



## RESEÑA

Ante la problemática de vulnerabilidad de las poblaciones rurales por el insuficiente acceso al agua potable o segura, la Universidad de Nariño, firmó un convenio interadministrativo con la Gobernación de Nariño, Plan Departamental de Agua, para dar cumplimiento al programa de “Agua por la Prosperidad”; del resultado del trabajo colaborativo se escribió este libro, que muestra los resultados de la investigación adelantada por integrantes del Grupo “Plan de Investigación para el Fortalecimiento de las Comunidades - PIFIL”, de la Facultad de Ciencias Agrícolas, donde se evidencian las lecciones aprendidas y metodológicas para seleccionar alternativas de tratamiento de agua potable no convencional; convirtiéndose en una propuesta novedosa, donde además de la implementación de las tecnologías, se desarrolla una propuesta de abordaje con enfoques participativos, que facilitaron los procesos de enseñanza-aprendizaje y fortalecieron los procesos de cohesión, cogestión y adopción social, convirtiéndose en el eje dinamizador para el mejoramiento de los medios de vida de las comunidades rurales, para esta investigación, las 100 familias beneficiadas del Resguardo indígena Alto Cartagena, Ricaurte, Nariño; pertenecientes al pueblo Awá.



## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	17
<b>1. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
<b>1.1 El agua para consumo humano .....</b>	<b>21</b>
1.1.1 El agua para consumo humano a nivel mundial.....	21
1.1.2 El agua para consumo humano en Colombia.....	23
1.1.3 El agua para consumo humano en Nariño.....	24
<b>1.2 Tratamientos para la potabilización de agua .....</b>	<b>26</b>
1.2.1 Tratamientos convencionales de potabilización de agua.....	26
1.2.2 Tratamientos no convencionales de potabilización de agua .....	27
<b>1.3 Componentes teóricos relacionados con los abordajes metodológicos         para el diagnóstico integral de la calidad del agua y prácticas de         higiene .....</b>	<b>34</b>
1.3.1 Metodologías participativas .....	34
1.3.2 Procesos de enseñanza – aprendizaje.....	36
1.3.3 Viviendas saludables.....	37
1.3.4 Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA) .....	38
<b>1.4 Referentes teóricos para la formulación y diseño de estrategias para         mejorar las condiciones de calidad en el abastecimiento de agua.....</b>	<b>39</b>
1.4.1 Marco teórico para el muestreo de aguas.....	40
<b>2. CARACTERÍSTICAS GENERALES PUEBLO INDÍGENA AWÁ.....</b>	<b>47</b>
<b>2.1 Identificación de los centros poblados de la comunidad indígena         Awá en los cuales se realizó la investigación .....</b>	<b>47</b>

2.1.1 Comunidad Camawari .....	48
2.1.2 División política Camawari (Gobernación de Nariño, 2015:8).....	48
2.1.3 Descripción de los cabildos pertenecientes a Camawari.....	48
<b>3. AGUA SEGURA PARA LA PROSPERIDAD DE COMUNIDADES INDÍGENAS AWÁ DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.....</b>	<b>53</b>
3.1 Generalidades .....	53
3.2 Metodología .....	55
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>65</b>
4.1 Diagnóstico integral referente a la calidad del agua y prácticas de higiene .....	65
4.1.1 Selección del centro poblado beneficiario del proyecto.....	65
4.1.2 Características de la población encuestada .....	67
4.1.3 Caracterización físico-espacial, socioeconómico y cultural de los centros poblados en lo referente al abastecimiento y consumo de agua .....	70
4.1.4 Caracterización de las fuentes de abastecimiento asociadas con el suministro de agua en el centro poblado.....	76
4.1.5 Caracterización de los sistemas comunitarios e individuales de abastecimiento de agua en el centro poblado .....	82
4.1.6 Determinación de las condiciones higiénicas locativas de las viviendas en el centro poblado.....	82
4.1.7 Organización comunitaria.....	84
4.2 Formulación y diseño de una estrategia para mejorar las condiciones de calidad en el abastecimiento de agua. ....	86
4.3 Seguimiento de la implementación de la estrategia diseñada con énfasis en el mejoramiento de la calidad del agua para el centro poblado seleccionado.....	89
4.4 Seguimiento a la eficiencia de la tecnología y a la adopción social por parte de la comunidad .....	91
<b>5. LECCIONES APRENDIDAS .....</b>	<b>101</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>103</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1. Investigadores del grupo PIFIL, que adelantaron la Investigación de Sistemas de Tratamiento no Convencional de Agua.....	55
Figura 3-2. Ruta Metodológica.....	56
Figura 3-3. Participantes de comunidad indígena Awá, Resguardo Alto Cartagena, en la socialización del proyecto de investigación Evaluación de dos sistemas no convencionales, 2016.....	58
Figura 3-4. Obra de teatro para la socialización del proyecto de investigación “Evaluación de dos sistemas no convencionales de agua segura para comunidades indígenas Awá, del departamento de Nariño”, 2016.....	59
Figura 3-5. Taller lúdico con la comunidad indígena Awá, Resguardo Alto Cartagena para identificación de temática de capacitación y determinación de compromisos, 2016.....	59
Figura 3-6. Firma de acta de compromiso, comunidad Alto Cartagena, Ricaurte, 2016.....	60
Figura 3-7. Reconocimiento del sistema comunitario del abastecimiento de agua, de la comunidad indígena Awá, Resguardo Alto Cartagena, 2016.....	61
Figura 3-8. Etapas de selección de tecnología para agua segura.....	62
Figura 4-1. Protección frente a la contaminación por hidrocarburos ubicada en la fuente de captación de la comunidad indígena Unipa.....	66
Figura 4-2. Distribución porcentual del género de la población del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	68
Figura 4-3. Distribución porcentual de la edad y género de la población del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	68

Figura 4-4. Distribución porcentual de la ocupación de la población del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016 .....	69
Figura 4-5. Nivel de escolaridad de la población del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	70
Figura 4-14. Vivienda en madera y techo de zinc, Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	85
Figura 4-15. Vivienda en ladrillo y techo de zinc, Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	85
Figura 4-6. Origen del agua que consume la población del Resguardo Indígena Alto Cartagena, 2016 .....	71
Figura 4-7. Formas de almacenamiento del agua para el consumo de los pobladores del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016 .....	72
Figura 4-8. Tratamientos que realizan las comunidades del Resguardo indígena Alto Cartagena, al agua antes de ser consumida, 2016 .....	73
Figura 4-9. Distribución porcentual de las razones por la cual la población del Resguardo indígena Alto Cartagena realiza tratamiento del agua para consumo, 2016.....	74
Figura 4-10. Distribución porcentual de la distribución de las aguas negras y grises, por parte de la comunidad indígena del Resguardo Alto Cartagena, 2016.....	75
Figura 4-11. Distribución porcentual de la forma como los habitantes del Resguardo Indígena Alto Cartagena hacen la disposición final de residuos sólidos, 2016.....	75
Figura 4-12. Registro fotográfico de los recorridos de campo realizados en el Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	77
Figura 4-13. Mapa de riesgo para el Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	78
Figura 4-18. Participantes en talleres de formación para el manejo y potabilización de agua, Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	90
Figura 4-16. Filtro Life Straw Family, instalado en vivienda tipo del resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	88
Figura 4-17. Filtro Sawyer PointONE, instalado en una vivienda tipo del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	88

## LISTA DE TABLAS

Tabla 3-1.	Evaluación de criterios para selección del cabildo indígena de la comunidad AWÁ beneficiada.....	57
Tabla 3-2.	Criterios y Variables para el diagnóstico básico.....	64
Tabla 4-1.	Valoración de los criterios de selección de la comunidad beneficiaria .....	65
Tabla 4-2.	Matriz de priorización de comunidades.....	67
Tabla 4-3.	Razones por la cual la población del Resguardo indígena Alto Cartagena realiza tratamiento del agua para consumo, 2016.....	74
Tabla 4-4.	Reporte de resultados de la calidad de agua cruda, Resguardo Indígena Alto Cartagena- Q. Sin Nombre (Punto de muestreo-bocatoma), 2016.....	79
Tabla 4-5.	Reporte de resultados de calidad de agua en el Resguardo Indígena Alto Cartagena- Q. Sin Nombre (punto de muestreo-vivienda), 2016.....	79
Tabla 4-6.	Análisis IRCA, muestra de agua cruda, punto de muestreo aguas arriba-bocatoma, Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	80
Tabla 4-7.	Análisis IRCA, muestra de agua, punto de muestreo vivienda vereda Santa Clara, Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	81
Tabla 4-8.	Tipo de vivienda según materiales utilizados por los pobladores del resguardo indígena Alto Cartagena, 2016 .....	83
Tabla 4-9.	Materiales utilizados por los pobladores del resguardo indígena Alto Cartagena, para la construcción de las viviendas, 2016.....	83
Tabla 4-10.	Separación de ambientes en las viviendas del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016 .....	83

Tabla 4-11. Resultados del análisis de criterios con la metodología SELTEC ajustada, para tecnologías no convencionales, Resguardo indígena Alto Cartagena, Nariño, 2016.....	86
Tabla 4-12. Costos aproximados de los sistemas no convencionales seleccionados .....	87
Tabla 4-13. Resultados pruebas de calidad de agua para los sistemas no convencionales de potabilización, un día después de implementados, Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	92
Tabla 4-14. Cálculo índice de riesgo de calidad de agua para los sistemas no convencionales de potabilización implementados en el Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	93
Tabla 4-15. Resumen resultados de análisis del segundo muestreo.....	94
Tabla 4-16. Cálculo IRCA para el muestreo dos en sistemas no convencionales de potabilización de agua implementados en viviendas para el Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	95
Tabla 4-17. Resultados del tercer muestreo en sistemas no convencionales de potabilización de agua implementados en el Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.....	97
Tabla 4-18. Resultados del cuarto muestreo de los parámetros, físico-químicos y microbiológicos, de los sistemas no convencionales implementados en la comunidad indígena del Resguardo Indígena Alto Cartagena, 2016.....	98

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el acceso al agua potable y segura, es una de las problemáticas ambientales dispuestas en las agendas públicas, sin embargo, a pesar de los esfuerzos gubernamentales hay población vulnerable (sin acceso) por la distribución espacial de las viviendas dentro del territorio, por la carencia de o inadecuados tratamientos de potabilización, y en el peor de los casos, por la disminución o ausencia de agua en las fuentes abastecedoras y contaminación de éstas por diferentes medios antrópicos o naturales.

Ante esta preocupación, la gobernación de Nariño, en sus diferentes planes de desarrollo y en el vigente “Nariño Corazón del Mundo, 2016-2019”, en su eje cinco “*Integración Regional*”, en respuesta a los desafíos que presenta la descentralización y desarrollo del territorio, para potenciar los recursos, las relaciones y las decisiones, y así superar las desigualdades individuales, sociales y territoriales, apoyada en una serie de reformas legislativas (Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial – Ley 1454 – el Sistema General de Regalías – Ley 1530 de 2012 – etc.); han generado las condiciones favorables para su concreción.

Así mismo, dentro del Plan de Desarrollo mencionado se definieron tres estrategias orientadas a promover el desarrollo territorial: Contrato Plan Nariño, Plan Pazcífico y CONPES de Frontera. El Contrato Plan Nariño, con el propósito de generar y fortalecer las capacidades territoriales para alcanzar el Desarrollo Humano Sostenible a partir de la disminución de las desigualdades sociales, prioriza dentro de las acciones “la Accesibilidad a

servicios con inclusión social”, entre ellos el del agua potable; el Plan Pazcífico, propone diez áreas movilizadoras del desarrollo de la región, una de ellas, la de “Cobertura universal y calidad de agua potable y saneamiento básico en las cabeceras municipales y centros poblados”.

Así mismo, el Plan de Desarrollo del Departamento vigente, en el su eje estratégico dos “Equidad e Inclusión social” en el programa cinco “Agua Potable y saneamiento básico”, incluye la intervención en zonas rurales o de poblaciones dispersas, entre ellas la comunidad indígena Awá; y el aprovechamiento de tecnologías basada en sistemas no convencionales.

El territorio del pueblo indígena Awá, es el escenario fundamental para la existencia cultural indígena en el piedemonte costero nariñense; su cultura y territorio, son dos referentes de su identidad y son conceptos mutuamente relacionados; por lo tanto, esta investigación, determinó las necesidades básicas y estratégicas de la comunidad indígena del Resguardo Alto Cartagena, localizado en el municipio de Ricaurte, departamento de Nariño, consultadas en el contexto de la comunidad del cabildo mayor Awá de Ricaurte (Camawari) y enfocándose en las problemáticas presentes con relación al recurso hídrico y la calidad de vida de los habitantes.

Dentro del Plan de Vida de la Gran Familia Awá, se menciona: “Nuestro territorio lo construimos y vivimos ancestralmente. No es sólo un espacio en donde habitamos, sino que es el lugar en donde desarrollamos nuestra cultura, nuestro sistema de gobierno propio con autonomía, nuestro sistema organizativo, nuestra espiritualidad y toda nuestra vida como pueblo indígena”. Por lo anterior, fue muy importante conocer los aspectos culturales de la zona de estudio, lo cual permitió adelantar diferentes actividades con la comunidad, creando lazos de confianza para el desarrollo de la investigación.

Ante la problemática presentada en la comunidad indígena Camawari, resguardo Alto Cartagena, de no contar con agua po-

table y segura para el consumo humano, por la alta presencia de microorganismos, se desarrolló esta investigación con el objetivo de evaluar dos sistemas no convencionales para mejorar la calidad de agua para el consumo; analizando trece sistemas no convencionales. Por encontrarse las viviendas en distribución espacial discontinua, los sistemas de tratamiento convencionales no eran viables, debido a su dispersión, calidad de agua, disponibilidad y acceso a recursos y tipo de tecnología.

De acuerdo a las condiciones socio-ambientales de la zona, se seleccionaron dos sistemas de membrana (*Sawyer* y *Life Straw Family*), evaluando el índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA). Para su desarrollo, se contó con la financiación según convenio interadministrativo No. 893-15 de 2015, suscrito entre la Universidad de Nariño y la Gobernación de Nariño, del cual se beneficiaron 100 familias con condiciones económicas bajas y un núcleo familiar conformado por cinco personas en promedio.

Se empleó el método de enseñanza-aprendizaje, en el uso de herramientas participativas que permitieron la motivación, sensibilización, adopción, evaluación y seguimiento de estas tecnologías no convencionales; la socialización se realizó a través de una actividad lúdica como fue una obra de teatro que dio a conocer las diferentes etapas de la investigación, lo cual facilitó la aceptación de la propuesta por parte de la comunidad.

Para la selección de las tecnologías, se ajustó el modelo selección de tecnologías y análisis de costos en sistemas de potabilización del agua (Seltec), teniendo en cuenta: institucionalización de la tecnología, aspectos socioculturales de la localidad, disponibilidad de recursos y materiales, riesgo sanitario y eficiencia de las tecnologías, análisis de costos, capacidad y disponibilidad de pago.

Para la adopción de las tecnologías seleccionadas, se utilizaron procesos de capacitación y talleres participativos. En la evaluación y seguimiento se realizaron muestreos de agua cada quince días, de doce familias en cada monitoreo, a las cuales se les aplicó un

formato de seguimiento donde se evaluaba la operación y mantenimiento de los filtros.

El libro, resultado de esta investigación, fue organizado en cinco capítulos. En el Capítulo 1, se hace un despliegue de los referentes teóricos principales, que enmarcan el desarrollo de la investigación, como la situación de potabilización de agua a nivel mundial, nacional y regional; tipos de sistemas de potabilización, en donde se listan los no convencionales más usados por diferentes instituciones; además de elementos conceptuales y metodológicos para el abordaje de procesos de enseñanza-aprendizaje, selección de tecnologías y la estrategia de entornos saludables.

En el Capítulo 2, se hace una introducción para que el lector conozca las características generales del pueblo AWÁ y las problemáticas que se presentan con relación a temas de agua potable; así como la descripción y división política de la comunidad Camawari y finalmente algunas características de los cabildos del municipio de Ricaurte, departamento de Nariño.

El Capítulo 3, trata la normatividad colombiana relacionada con la potabilización y calidad del agua, a partir del mapa de riesgo y el cálculo del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA), que estableció la necesidad de evaluar los parámetros físico-químicos de pH, color aparente, turbiedad, nitritos y el monitoreo de indicadores bacterianos, como coliformes totales y E-Coli; además, se plantea la metodología participativa empleada para las etapas de socialización, diagnóstico, selección, implementación, evaluación y seguimiento.

En el Capítulo 4, se hace un análisis y discusión de resultados de los parámetros evaluados y del formato de evaluación y seguimiento; se finaliza con la formulación de las conclusiones basadas en experiencias significativas del proceso investigativo.

Se finaliza el libro con el Capítulo 5, en donde se mencionan a manera de síntesis las lecciones aprendidas en el proceso investigativo.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 El agua para consumo humano

#### 1.1.1 *El agua para consumo humano a nivel mundial*

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura -Unesco- (2017:01), en el informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, se piensa que la demanda mundial de agua aumente considerablemente en las próximas décadas, además del sector agrícola, al que se destina el 70% de las extracciones mundiales, se esperan aumentos importantes en la demanda de agua para la producción industrial, energética, sistemas de suministro de aguas municipales y de saneamiento.

En la actualidad, dos tercios de la población mundial vive en regiones donde sufren escasez de agua al menos un mes al año; unos 500 millones de personas viven en zonas donde el consumo de agua supera los recursos hídricos renovables locales y donde los recursos no renovables (como las aguas subterráneas fósiles) continúan agotándose; así mismo, la disponibilidad de recursos hídricos está intrínsecamente ligada a la calidad del agua, poniendo así, en mayor riesgo la salud humana y los ecosistemas. El agua es un componente esencial de las economías nacionales y locales; además de ser necesaria para crear y mantener los puestos de trabajo en todos los sectores de la economía (Unesco, 2017:11).

Por otro lado, la modificación de los patrones mundiales de urbanización, ha producido una mayor inequidad, aumentando la vulnerabilidad, el número de personas que viven en condiciones de pobreza y, mayor demanda mundial de energía y agua, que según ONU-Hábitat (2016) citado por Unesco (2017:51), la calculan en un incremento del 40% y 50% respectivamente para el año 2030. Así mismo, se estima que el volumen de aguas residuales industriales se duplicará para el año 2025 (PNUMA IF, 2007 citado por la Unesco 2017:61).

Por otra parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), citada por Unesco (2017: 72), menciona que la agricultura libera diversos tipos de contaminantes al medio ambiente, afecta los ecosistemas acuáticos como consecuencia de las explotaciones agrícolas, el acarreo a lo largo del ciclo hidrológico y la concentración en las masas de agua, a través de: i) percolación hacia las aguas subterráneas; ii) escorrentía superficial, agua de drenajes y, flujos hacia corrientes de agua, ríos y estuarios; iii) absorción en los sedimentos provenientes de la erosión de los suelos, natural o causada por actividades humanas a corrientes de agua ricas en sedimentos.

En muchos países, actualmente se aplican millones de toneladas de principios activos de pesticidas (insecticidas, herbicidas y fungicidas en la agricultura (Schreinemachers y Tipraqsa, 2012 citado por Unesco 2017:73) y los casos de intoxicación aguda por estos, representan una causa importante de morbilidad y mortalidad, especialmente en los países en desarrollo (OMS, 2008, citado por Unesco 2017:73).

La garantía del derecho humano al acceso al agua potable, requiere más allá de su aspecto ético, de la voluntad política y social para su cumplimiento; así como del suministro suficiente de agua libre de injerencias, como por ejemplo, cortes arbitrarios, la no contaminación de los recursos hídricos, un sistema de abastecimiento y gestión que proporcione cobertura de agua a toda la población en igualdad de oportunidades y, una gestión sostenible que garantice el ejercicio del derecho para generaciones presentes

y futuras (Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales CDESC, 2003:10-11).

### *1.1.2 El agua para consumo humano en Colombia*

Según el Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud, 2016), Subdirección Ambiental, en el informe nacional de calidad del agua INCA (2015) para consumo humano, manifiesta que en Colombia las autoridades de salud, realizaron la vigilancia de la calidad del agua en veintinueve de los departamentos y la ciudad capital de Bogotá, faltando información de la calidad del agua de los departamentos del Amazonas, Guaviare y Chocó. Las Autoridades Sanitarias, vigilaron la calidad del agua de 6.185 prestadoras de acueductos-suministros, cuya población servida (atendida o cubierta), correspondía a 43.173.748 habitantes (89,6%); distribuidos en 35.952.016 población urbana y 7.221.732 población rural.

El estudio de la calidad del agua para consumo humano, según Minsalud (2016), en tres departamentos (Quindío, Arauca, San Andrés y Providencia), equivalentes al 10% del país, estuvieron en nivel sin riesgo entre Rango de 0,0 – 5,0; siete departamentos (Antioquia, Atlántico, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Risaralda, Santander) y Bogotá D.C (26,6%), en nivel de riesgo bajo (5,1 – 14,0), y catorce departamentos (Bolívar, Boyacá, Caquetá, Cauca, Casanare, Guainía, La Guajira, Magdalena, Meta, Norte de Santander, Sucre, Vaupés, Valle del Cauca y Vichada), la mayoría en nivel de riesgo medio (14,1 – 35,0) con 46,7%. Para los niveles de riesgo alto (35,1 – 80,0) se observaron cinco departamentos equivalentes al 16,7% (Caldas, Huila, Nariño, Tolima y Putumayo).

En Colombia, el porcentaje de muestras que cumplieron con los valores máximos permitidos según Resolución 2115 de 2007, se evaluaron considerando el porcentaje de aceptabilidad de las principales características microbiológicas y fisicoquímicas: Coliformes Totales, E. Coli, Color, Turbidez, pH, considerando los pesos de riesgo relativos de cada una de ellas dentro del indicador IRCA y la estandarización del número, por ser las características mínimas que se deben evaluar por parte de las autoridades sani-

tarias, a todos los prestadores del servicio de acueducto independiente de la población abastecida.

A nivel nacional, las características microbiológicas cumplieron con los estándares exigidos en un 76,2 % de las muestras para E. Coli y el 67,1 % para Coliformes totales; esto indicó que las muestras presentaron contaminación fecal por E. Coli (23,8 %) y por Coliformes totales (32,9 %). Entre las características físico-químicas se detectó que el 94,7 % de las muestras cumplieron con los valores máximos permitidos para pH, fueron menores para Color con 83,0 %, Turbidez con 84,6 % y Cloro residual-CRL 70,8 %, (Minsalud, 2016).

Las Autoridades Territoriales de Salud, para el año 2015 registraron datos de 45,948 muestras, 35.170 de aguas tratadas y 10.778 de aguas no tratadas. Las Personas Prestadoras (acueductos) vigiladas, captaron aguas de 4.937 fuentes de abasto, siendo las fuentes más usadas superficiales y corrientes por mayoría de bocatomas situadas en micro cuencas (9,1 %) y quebradas (61,4 %); con porcentajes más bajos (12,6 %) las fuentes Subterráneas y Manantiales o Nacimientos, pozos (3,8%) y Aljibes (0,3 %). De formas marginales, se presentaron fuentes de abastecimientos como agua de lluvia y uso de carro tanques para el suministro de agua en zonas de riesgo, falta de acueducto y eventos de emergencia (Minsalud, 2016).

### ***1.1.3 El agua para consumo humano en Nariño***

Según Minsalud (2016), en el estudio de la calidad del agua de consumo humano municipal por departamentos, Nariño se encuentra con nivel de riesgo alto. Este cuenta con 64 municipios, de los cuales todos reportaron informaciones sobre la calidad del agua en la plataforma del “Sivicap”. La evaluación de la calidad del agua mediante el índice IRCA evidencia que el 3,12% (dos municipios) estuvieron en nivel de riesgo bajo, el 10,9% (siete municipios) en nivel de riesgo medio y en el nivel de riesgo el 82,81% (53 municipios).

El IRCA consolidado del departamento de Nariño, para el año 2015, fue del 50,2% en el nivel de riesgo alto, el cual se mantiene en el rango considerando el año 2015, en la zona urbana, el IRCA fue de 23,7% en nivel de riesgo medio y en la zona rural de 55,4% nivel de riesgo alto. Para el período 2007 a 2015, la tendencia es casi constante en el consolidado departamental. Es importante resaltar la notable disminución del número de muestras realizadas en el departamento, el cual bajó de 9.057 a 5.282 muestras entre el año 2014 a 2015 (Minsalud, 2016).

Del agua para consumo del total de población vigilada en el año 2015, mostró un 27,9% (483.416 habitantes) con agua potable, 22,6% (391.282 habitantes) tuvieron agua segura, 34,5% (598.184 habitantes) abastecidas de agua de bajo o nulo tratamiento y el 15% (260.814 habitantes) posiblemente captaron agua directa de la fuente. El Programa Conjunto de Monitoreo - PCM, mostró que el 50,5% (874.698 habitantes) obtienen el agua de fuentes mejoradas, mostrando un aumento con relación al año 2015 de 47,88% al 49,5% (858.998 habitantes) con agua de fuentes no mejoradas; demostrándose la necesidad de seguir trabajando en procesos de potabilización de agua en el departamento de Nariño.

Por otro lado, los porcentajes de aceptabilidad microbiológica en la zona urbana fueron del 58,2% para Coliformes Totales y el 78,2% para E. Coli. En la zona rural lo tuvieron el 14,4% de las muestras de Coliformes Totales y el 40,3% para E. Coli. Las características físico-químicas, para la zona urbana mostraron porcentajes de aceptables para Color del 78,53%; Turbidez 78,2%, pH 90,9% y Cloro residual libre 88,11%. En la zona rural el 62,13% de muestras estuvieron dentro de la norma para color, el 73,2% para turbidez, 93,8% para pH y 51,7% para Cloro residual libre (Minsalud, 2016).

La Autoridad Territorial de Salud en Nariño para el año 2015, registró un total de 5.282 muestras al “Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano” (Sivicap), de las cuales 2.618 provenían de agua tratadas y 2.664 de aguas sin tratar. Las autoridades de salud realizaron la vigilancia

en la red de 1.667 Personas Prestadoras (acueductos), de los cuales, las Juntas Administradoras Locales se encontraron en mayor proporción con el 67,2%, seguido de las asociaciones de usuarios con 19,05%; y las Empresas de Acueductos y Alcantarillado-EAA mostraron una representatividad de 8,2% (Minsalud, 2016).

Las Personas Prestadoras (acueductos) vigilados, captaron aguas de 1.387 fuentes de abastecimiento, siendo las más usadas las fuentes superficiales y corrientes, como ríos con 3,6%, quebradas con 59,7%, nacimientos o manantiales con 36,7%. Las fuentes de aguas subterráneas como pozos se encontraron en un 1,08%. Las autoridades vigilaron los sistemas de abastecimiento con fuentes de aguas lluvias en el departamento (Minsalud, 2016).

## **1.2 Tratamientos para la potabilización de agua**

### *1.2.1 Tratamientos convencionales de potabilización de agua*

La potabilización de las aguas a escala urbana se inicia a principios del siglo XX, con la desinfección del agua de suministro para proteger la salud pública frente a las epidemias de cólera y otras infecciones que afectaban las poblaciones de Europa y América. Hoy en día, el agua al salir de la planta reúne una serie de características organolépticas, físico-químicas, microbiológicas y relativas a sustancias tóxicas o radiactivas, reguladas por Ley, que permiten su consumo público y que garantizan un agua potable de calidad (Morato, Subirana, Carneiro y Pastor, 2006:19,29).

#### **Etapas del tratamiento convencional de potabilización de agua**

- Medición de caudal
- Dosificación de coagulante, mezcla rápida y coagulación
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración
- Desinfección

- Almacenamiento
- Distribución

### *1.2.2 Tratamientos no convencionales de potabilización de agua*

El saneamiento y la depuración de las aguas, ha sido una preocupación constante por parte de las autoridades competentes a lo largo de los últimos años. En la mayoría de los casos no existen sistemas de tratamiento adecuados a las situaciones medioambientales, para proveer el servicio de agua y saneamiento sostenibles a las pequeñas localidades, y en el mejor de los casos, la solución debe ser adaptada al entorno ambiental, social y económico, especialmente en lo que respecta a las localidades de pequeño tamaño (Grisales, 2010:1).

Las denominadas tecnologías no convencionales tienen una serie de singularidades que las hacen especialmente adaptables a las características de las poblaciones medianas y pequeñas: presentan una gran versatilidad y adaptabilidad, elevada integración en el entorno natural y unos costos de implementación y explotación muy por debajo de los estimados en los tratamientos de las aguas urbanas en grandes poblaciones, donde las carencias de espacio y las elevadas exigencias en la depuración hacen insustituibles las llamadas tecnologías no convencionales (Grisales, 2010:1).

Dentro de los sistemas no convencionales, los más conocidos, son:

**Almacenamiento y sedimentación (sistema TRES OLLAS).** Considerado como sistema doméstico de tratamiento y almacenamiento de agua en situaciones de emergencia. El método de las tres vasijas reduce la suciedad y los gérmenes que causan enfermedades, mediante el almacenamiento de agua en recipientes que permiten que la suciedad se asiente y trasvasando el agua más limpia a diferentes recipientes después de un tiempo (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2010:16).

**Filtros de mesa.** Propuesto por la Fundación Hesperian, Berkeley, California (2005), citado por Grisales, (2010:34); los filtros de mesa son una de las tecnologías empleadas en los sistemas de desinfección de agua y alimentos a nivel domiciliario. Los primeros filtros estaban equipados con elementos filtrantes de cerámica, conocidos como velas filtrantes, las cuales sufren una rápida obturación y desgaste por los frecuentes lavados, posterior a eso, se experimentó con un pre filtro de arena seleccionada que cubría la vela filtrante, aumentando sustancialmente la vida útil de estos elementos.

Los filtros de arena o de velas filtrantes pueden remover las partículas de tamaño mayor y menor que el poro del medio filtrante. Las partículas mayores son retenidas por el simple efecto físico de cernido y las pequeñas por adherencia a las superficies de las capas del elemento filtrante. Esta adherencia forma una película cuya resistencia al esfuerzo cortante del arrastre del flujo depende de la magnitud de la fuerza que la mantiene unida. Este último mecanismo disminuye la tasa de filtración y la cantidad de agua tratada (Grisales, 2010:34).

**Filtro de vela de carbón con pre filtro de arena.** Este filtro de mesa permite obtener en promedio, quince litros de agua por hora. La pieza de geotextil y la arena, cada una en grado diferente, se encargan de remover la turbiedad, de este modo dan una protección a la vela de cerámica aumentando la vida útil de este dispositivo. La disposición y estructura de los baldes es similar al filtro de velas filtrantes (Grisales, 2010:37).

**Filtro de arena.** La filtración del agua para beber en los hogares, a través de filtros de arena, es un método generalmente conocido en la mayoría de los países latinoamericanos. Sin embargo, solamente un número limitado de personas lo han practicado. La llegada de los suministros por tubería disuadió su uso. Este tipo de filtración no elimina normalmente las bacterias o los virus, pero si la turbiedad, los quistes y protozoarios (Witt & Reiff, 1993). Este filtro usa arena de 0,3 mm de tamaño efectivo y 2,0 de coeficiente de uniformidad. La tasa de filtración se controla mediante

un reductor de caudal confeccionado con un micro tubo de un milímetro de diámetro interior y veinte centímetros de longitud. La tasa de filtración mínima que se puede obtener con un volumen de agua de ocho litros es de  $0,86 \text{ m}^3 / (\text{m}^2/\text{día})$  equivalente a 1,7 litros de agua por hora, o un volumen de 40 litros por día de agua filtrada. A fin de evitar el ingreso de arena al interior del micro tubo que pudiera perjudicar su funcionamiento, se coloca en un extremo del micro tubo una almohadilla de geotextil que actúa como drenaje (Grisales, 2010:38).

Un filtro de arena doméstico debe tener una capa de arena fina de unos 60 cm o más y funcionar continuamente (veinticuatro horas diarias), porque es importante que la arena no se seque; además, debe limpiarse y mantenerse como un filtro de arena lento regular (Witt & Reiff, 1993).

**Microfiltración.** Es un sistema de tratamiento de aguas superficiales, cuando las partículas de diámetros  $0,1$  a  $10 \mu\text{m}$  se separan de un disolvente y otros componentes de bajo peso molecular. La separación es por efecto tamiz, y discrimina entre las moléculas teniendo en cuenta sus dimensiones (Hernández, Tejerina, Arribas, Martínez y Martínez, 1990:20).

A nivel domiciliario existen dos unidades de proceso (Grisales, 2010:39,40):

- Unidad de recolección y mejoramiento fisicoquímico.
- Unidad de filtración y almacenamiento.

El sistema consiste en un sencillo proceso de clarificación con alumbre que fue complementado con un bidón con filtro mediante una manga de celulosa, que permiten la eliminación de microorganismos patógenos que no son posibles de eliminar con otros procesos físicos; a través del siguiente tratamiento (Grisales, 2010:40):

- Se pone en contacto alumbre con el agua, agitado por un minuto.

- Se deja reposar el agua veinte minutos.
- El alumbre permite la formación de partículas de mayor tamaño que sedimentan.
- El agua clarificada se filtra en el bidón especial a través de la manga de celulosa.

**Filtro lento de arena (a nivel domiciliario).** Este proceso físico asegura la remoción de sólidos presentes en el agua a tratarse, así como parásitos y algunos microorganismos patógenos, aunque no asegura una remoción al 100 %. Este método alcanza niveles superiores al 90% de efectividad en la remoción de bacterias patógenas (Grisales, 2010:42). Según Weber (2003:170) un filtro de arena lento consiste en un tanque impermeable al agua, que contiene una capa de arena de 0,9 a 1,5 m de espesor, soportado sobre una capa de grava de 0,15 a 0,30 m de espesor. Debajo de la capa de grava existe un sistema de tuberías de desagüe, el cual conduce el agua filtrada a un punto de salida.

Si el método del filtro lento de arena es bien utilizado, alcanza eficiencias de hasta el 99,9% de remoción de microorganismos y parásitos para la salud; esto se da siempre y cuando se aseguren algunas condiciones, como mantener un flujo constante, que ayudará a mantener la capa biológica que se forma en la parte superior y que contiene una colonia de microorganismos que ayudan a eliminar a los patógenos (Grisales, 2010:42).

**Filtro lento de CARPOM.** Es un filtro sencillo fabricado con materiales fácilmente localizables en zonas rurales. La fabricación de este sistema con utilización de tubería de PVC como recipiente, grava, arena, carbón vegetal y piedra pómez como materiales filtrantes es muy factible. Esta técnica para la depuración de agua se ha desarrollado con unidades demostrativas instaladas en casas de familias de zona rural dispersa, ubicadas en las riberas de ríos y riachuelos (Grisales, 2010: 45).

**Filtros de cerámica.** Este tipo de filtro se puede obtener en el comercio y se emplea en cantidades limitadas en la mayoría de los países; los cuales pueden ser de presión o de gravedad. En todos ellos, el componente esencial es la vela que puede ser de diferentes materiales cerámicas que proporcionan distintos tamaños de poro. El agua que se va a filtrar tiene que estar relativamente limpia, ya que, de lo contrario, la vela se tapanía rápidamente (Witt & Reiff, 1993). El filtro se compone de dos baldes de polietileno de veinte litros y son dispuestos uno encima del otro; el que va en la parte superior es el que alberga a las velas cerámicas (OPS, 2005:29).

El tamaño de los poros determina la eficacia en la eliminación de los microorganismos o de partículas en suspensión. Estos filtros pueden extraer quistes, protozoarios y cercarias, así como partículas en suspensión, pero es posible que no se eliminen las bacterias ni los virus, requiriéndose que el agua se hierva o se desinfecte antes del consumo (Witt & Reiff, 1993).

Los filtros de porcelana pueden fabricarse con poros de pequeño tamaño. Para lograr eficazmente la purificación del agua, se estima que el radio máximo del poro debe ser de 1,5 micrones. El filtro tipo Berkefeld, o similares, se fabrica con tierra de trípoli y los que tienen poros de pequeño tamaño pueden eliminar las bacterias que se encuentran de manera corriente en el agua. En general, es importante comprender las limitaciones de estos filtros para emplearlos con eficacia en el tratamiento del agua potable (Witt & Reiff, 1993).

### **Antecedentes del uso de sistemas no convencionales**

Frente a la necesidad que tienen las comunidades de disponer continúa y eficientemente agua potable, es necesario recurrir al estudio y planteamiento de nuevas alternativas de potabilización del agua, que sean accesibles y económicamente viables, satisfaciendo la demanda para su uso doméstico.

En España, en el marco del proyecto internacional AQUAPOT, surgió la implementación del Centro de Investigación de Náquera (CIN), donde se investiga y desarrolla la aplicación de tecnologías de membranas, como método de potabilización eficaz susceptible de ser aplicado en países en vías de desarrollo (Arnal, García, Sancho, Lora, Verdú, y Antolí, 2006:1430).

Sanabria, Dierolf y Mora (2007:370), revisaron el estado del arte de tecnologías alternativas en el mundo, para la desinfección de aguas, entre las que se destaca la desinfección electroquímica, la desinfección solar y la fotocátalisis homogénea y heterogénea. El *Central American and Caribbean Emergency Disaster Recovery Funds (CACEDRF)*, investigó la filtración por medio de vasijas cerámicas como potabilización en viviendas en Nicaragua, presentando los siguientes resultados: mejores prácticas para el uso de plata coloidal, tasas esperadas de caudal en los filtros con y sin plata coloidal, inactivación de microorganismos y efectividad de la plata en la remoción de otros contaminantes encontrados en la zona de estudio (Lantagne, 2001:6 y14).

Litter y Mansilla (2003:6), junto a un grupo de expertos realizaron un proyecto con el propósito de aplicar tecnologías de bajo costo, para tratar aguas en localidades de Argentina, Brasil, Chile, México, Perú y Trinidad & Tobago. Las tecnologías propuestas fueron la desinfección solar de agua, la remoción de arsénico por oxidación solar y la fotocátalisis heterogénea.

Una alternativa de agua segura, a bajo costo de implementación, operación y mantenimiento son los filtros cerámicos impregnados con plata coloidal, que han demostrado que se ajustan a las necesidades de potabilización del agua y a las posibilidades económicas de las comunidades más necesitadas, como se ha comprobado en Nicaragua, Honduras y Vietnam, entre otros, durante más de 7 años (Lerma, 2012:1).

Lerma (2012:8,50,51 y 52), evaluó la efectividad de filtros cerámicos impregnados con plata coloidal con el agua prove-

niente del río Otún en el departamento de Risaralda, donde se encontró que la filtración remueve factores contaminantes, tales como turbiedad, color aparente, sólidos totales disueltos, nitritos, coliformes totales y fecales.

Una aproximación a este trabajo, fue realizado por Clasen, García, Boisson, y Collin (2005), en tres lugares de Colombia: Vigía de Curvaradó (Chocó), Dabeiba (Antioquia) y Cartagenita en Norte de Santander; estas localidades se caracterizaban por no tener agua potable, difícil acceso y todas en medio del conflicto armado, donde se implementó la utilización de un núcleo poroso denominado velas. El objetivo de la investigación fue evaluar la eficiencia de los filtros en la prevención de la diarrea, sobre todo en población infantil, generada por el consumo de agua sin tratamiento. Los filtros demostraron su capacidad para reducir bacterias de origen fecal presentes en la fuente de agua, ya que se evidenció una disminución significativa en la prevalencia de la diarrea, y por consiguiente su capacidad de mejorar la calidad del agua para el consumo.

A nivel nacional se tienen casos que permiten ver la implementación de sistemas no convencionales, Villegas, Lara, Méndez y Obregón (2007:1,2), en la publicación “*Sistema de selección de alternativas de saneamiento básico para el trapecio amazónico colombiano, utilizando sistemas expertos*”, implementó un proyecto piloto enfocado como un aporte a la problemática de salud pública presentada en los resguardos indígenas como el de Nazareth, ubicado en la ribera del río Amazonas; se priorizaron los tratamientos con: filtro de vela alternativa escogida, filtración centralizada, cloración individual con pastillas, cloración centralizada (polvo), hiperoxidación individual e hiperoxidación centralizada (Villegas *et al.*, 2007:6).

Ordoñez y Frechen (2014:1), evaluaron la efectividad del filtro Water Backpack PAUL (unidad de tratamiento de agua basada en ultrafiltración), como sistema descentralizado de tratamiento de

agua, donde se obtuvo una alta remoción de patógenos y una facilidad de operación y mantenimiento en seis localidades rurales colombianas:

- Rutemana, La Guajira
- Silvania, Cundinamarca
- Villamaría, Caldas
- El Tajo, Cauca
- El Encano, Nariño
- El Charco, Nariño

En el marco del Convenio 1588 -13, suscrito entre la Gobernación de Nariño y el programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Mariana, durante septiembre de 2015, se realizó en la vereda El Motilón del corregimiento de El Encano, la entrega de filtros a la escuela de la localidad y a 80 familias usuarias del acueducto veredal, como parte del proyecto “*Alternativas para la gestión integral del Recurso Hídrico que contribuyan a mejorar la calidad del agua para consumo humano y protección del recurso hídrico*” (Universidad Mariana, 2015).

### **1.3 Componentes teóricos relacionados con los abordajes metodológicos para el diagnóstico integral de la calidad del agua y prácticas de higiene**

#### ***1.3.1 Metodologías participativas***

A través de un proceso participativo, la comunidad y sus diferentes sectores sociales con intereses legítimos en un proyecto, programa o política de desarrollo, intervienen en ellos adquiriendo un protagonismo cada vez mayor en el análisis de su propia realidad, en la toma de decisiones y en la gestión de los recursos. De esta manera, se convierten en actores determinantes de su propio desarrollo y se potencia la capacidad política y económica de toda la comunidad local, incluyendo los sectores sin poder y

con mayores niveles de pobreza, vulnerabilidad y exclusión social (Observatorio Internacional de Ciudadanía y Medio Ambiente Sostenible - CIMAS, 2011:1).

Por ello, la participación para la construcción social de una realidad, conlleva a acciones de diálogos, decisiones y consensos (Leonel *et al.*, 2010), que requieren de procesos planificados y no de acciones improvisadas, sino de aquellas que conduzcan al logro de objetivos (Leonel y Luna, 2016:25).

Para incluir el componente de participación en los procesos de toma de decisiones, se recomienda considerar las características propuestas por Leonel (2011:27, 28):

- i. Es un proceso, es decir, no puede ser resultado de acciones discretas, aisladas, puntuales o coyunturales; por el contrario, obedece a diferentes acciones planificadas, continuas y sostenidas en el tiempo que llevan al logro de los objetivos por los cuales se decide participar.
- ii. Debe ser un acto voluntario, lo que implica tener claridad en el ¿para qué? se va a participar. Aquí juega un papel importante el conocimiento que se tenga del problema a solucionar, así como la experiencia de quien participa.
- iii. Las decisiones que se toman son colectivas o en conjunto y no de manera individual –ya sea que un individuo en su doble condición de “representante” (autonombrado o elegido) de una colectividad o por el simple hecho de ser un “ser social”; es decir, ser “portador de relaciones sociales” en el sentido marxista del término-; en tanto, se participa por el interés y bienestar común; lo cual significa el respeto por los otros, el fortalecimiento de la comunicación y de la redistribución del poder (compartir).
- iv. Debe ser capaz de influir en los tomadores de decisiones; es decir, la participación no sólo se debe limitar a

los niveles más bajos de la participación (información, consulta) sino que, además, debe formar parte del poder para lograr con ello la autogestión; en tanto se construya socialmente el problema, se legitime y se actúe para la solución del mismo (proyectos) hasta la evaluación y seguimiento de los procesos.

- v. La participación al influir en los tomadores de decisiones conlleva al control de la gestión pública y a la construcción de modelos de desarrollo colectivos.
- vi. Debe ser organizada, planificada, autónoma y mantener el control de las acciones o decisiones, lo cual conlleva a una mayor responsabilidad.
- vii. La participación debe ser capaz de permitir, pasar de un proceso de toma de decisión excluyente y autoritaria “voluntariamente a fuerzas” a un proceso de participación “libre”.
- viii. La participación promueve la igualdad y la libertad en género, sexo, raza o etnia, etc.
- ix. La participación debe ser universalizante, es decir, capaz de promover la integración de las prácticas locales, regionales, nacionales e internacionales; debe suscitar a la transparencia, por medio del acceso a la información y rendición de cuentas.

Por lo tanto, las metodologías participativas de aprendizaje son métodos y enfoques activos que animan y fomentan que las personas se apropien del tema y contribuyan con sus experiencias. Los participantes facilitan de forma activa el proceso de enseñar y de aprender en vez de recibir pasivamente la información de expertos de afuera, que en ocasiones pueden desconocer o no entender debidamente los temas locales. Esta metodología fomenta que la gente comparta la información, aprendan unos de los otros

y trabajen juntos para resolver problemas comunes (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional - USAID, 2002:2).

Así mismo, el Observatorio Internacional de Ciudadanía y Medio Ambiente Sostenible (CIMAS 2009:8, 9 y 10), afirma que, aunque ningún proceso participativo es igual a otro y su desarrollo no es lineal sino más bien cíclico y retroalimentado, señalan el camino a seguir: el punto de partida (Auto-reflexión y auto-crítica), los primeros contactos (Evaluación de la problemática y diseño participativo del proceso), talleres participativos y escucha (Talleres lúdicos y abrirse a la gente), la superación del diagnóstico (Análisis y devoluciones creativas), la organización de las propuestas (Programación de Acciones Integrales Sostenibles) y la puesta en marcha (Cronograma, recursos, ejecución, monitoreo y evaluación).

### *1.3.2 Procesos de enseñanza – aprendizaje*

La enseñanza busca promover el aprendizaje de manera metódica. Sin embargo, no existe una relación lineal o de “causa y efecto” entre ambos polos de esta relación. En otros términos, no toda enseñanza logra el resultado de aprendizaje que persigue en todos y cada uno de los aprendices. Los efectos de la enseñanza no son cerrados o fijos, como si tratase de resultados de una reacción química. Quienes creen en los efectos fijos o totalmente previsible y se encuentran con esta diversidad, suelen hablar de “resultados no previstos” de la enseñanza; que muestra, una concepción estrecha de la misma, ignorando la variabilidad y la riqueza de estos intercambios entre los sujetos (Davini, 2008).

Los niveles de calidad y efectividad en la educación científica no podrán ser llevados a cabo, sin un cambio en la forma en que tradicionalmente se orienta o direcciona el aprendizaje (European Commission, 2007 citado por Leonel y Luna 2016:19); por ello, la aproximación teórica a estos cambios se ha dado desde enfoques planteados en los estudios de ciencia, tecnología-sociedad-antropología (Acosta, 2014, citado por Leonel y Luna, 2016:19).

### **1.3.3 Viviendas saludables**

La Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud OMS/OPS (2009) citado por Gutiérrez, Angarita, Morales, Tarazona, Valderrama, Mejía, y Solano (2014:174), promueve la Estrategia de Viviendas Saludables como una técnica de acción ambiental encaminada a mejorar las condiciones de vida de las familias que habitan viviendas insalubres e inseguras.

Esta estrategia parte del reconocimiento de que todo ser humano requiere de un ambiente digno para crecer física, mental y emocionalmente, siendo la vivienda el espacio vital para su bienestar (Gutiérrez, *et al.*, 2014). La estrategia de Vivienda Saludable consiste en fortalecer la ejecución de actividades que promuevan y protejan la salud de las poblaciones más vulnerables, de los peligros socio-ambientales a los cuales están expuestas en las viviendas de las zonas más necesitadas, y que contribuyen al desarrollo local de las comunidades.

Entre los principales problemas de salud que se dan en las viviendas y su entorno, están: enfermedades diarreicas, enfermedades de transmisión vectorial, enfermedades relacionadas con la higiene en el hogar y su entorno, las enfermedades crónicas y las intoxicaciones por agentes tóxicos, entre otras.

Esta estrategia de entorno saludable dentro de los procesos metodológicos de diagnóstico, contribuye al fortalecimiento del conocimiento de los conceptos elementales acerca del recurso hídrico y su adecuado manejo, y del sistema no convencional de tratamiento de agua implementado.

### **1.3.4 Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA)**

El Decreto 1575 de 2007, por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano, en el Artículo 12, define el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA), como el grado de riesgo

de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano.

La Resolución 2115 de 2007, de los ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, en el Artículo 15, presenta la Clasificación del Nivel de Riesgo. Para el cálculo del IRCA, al que se refiere el Artículo 12, del Decreto 1575 de 2007, se asignará el puntaje de riesgo, según cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la presente Resolución:

El valor del IRCA, toma un valor de cero (0) puntos, cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas contempladas en la Resolución 2115 de 2007 y, cien puntos (100) para el más alto riesgo, cuando no cumple ninguno de ellos. El IRCA, se obtiene, a partir de la siguiente ecuación:

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

Teniendo en cuenta los resultados del IRCA por muestra, según la Resolución 2115 de 2007, un IRCA de 80,1% - 100% es inviable sanitariamente, de 35,1% - 80% alto, de 14,1% a 35% medio, de 5,1%-14% bajo y de 0%-5% sin riesgo.

#### **1.4 Referentes teóricos para la formulación y diseño de estrategias para mejorar las condiciones de calidad en el abastecimiento de agua**

El modelo desarrollado se fundamenta en los conceptos de soluciones sostenibles en abastecimiento de agua y saneamiento

(Galvis, Latorre, Fernández y Visscher, 1997, citado por Galvis y Vargas 2002:236), la teoría general de sistemas (Latorre, 1996, citado por Galvis y Vargas, 2002:236) y, los procesos de transferencia tecnológica (Visscher, Quiroga, García y Galvis, 1999, citado por Galvis y Vargas 2002:236). Se aprovechó también la experiencia de trabajo interdisciplinaria e interinstitucional del Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico (Cinara) en Colombia y en la región y el aporte de las instituciones del sector de agua y saneamiento (Galvis *et al.*, 1997, citado por Galvis y Vargas 2002:23).

El nivel de selección de la tecnología, la identificación y priorización de factores y la definición de variables e indicadores permitió definir los niveles de selección. En el nivel de selección, se descartan las tecnologías que no cumplen con las condiciones de sostenibilidad de acuerdo a los valores asignados a las variables de ese nivel para una aplicación de tecnología (Galvis *et al.*, 1997, citado por Galvis y Vargas 2002: 236).

Nivel 0 y 1. Institucionalización de la tecnología

Nivel 2. Nivel sociocultural de la localidad

Nivel 3. Disponibilidad de Recursos y materiales

Nivel 4. Riesgo sanitario y eficiencia de las tecnologías

Nivel 5. Análisis de costos

Nivel 6. Capacidad y disponibilidad de Pago

#### ***1.4.1 Marco teórico para el muestreo de aguas***

Para ello, se toma como referencia la metodología propuesta por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ideam (2007), considerando que es la validada para Colombia.

- **Sitio de muestreo.** Aunque el plan de muestreo establece el sitio en que se toma cada muestra, en ocasiones el responsable de la actividad decide el punto exacto en que se efectúa. Para esto, se tienen en cuenta los aspectos que se describen a continuación:
- **Accesibilidad:** el punto de muestreo se sitúa en un lugar de fácil acceso, que cuente con las vías vehiculares y peatonales adecuadas, de tal manera que se facilite obtener las muestras, transportar equipos, recipientes y materiales de muestreo.
- **Representatividad:** el punto de recolección de las muestras se ubica de manera que, sea lo más representativo posible de las características generales del cuerpo de agua. Esto significa, que es necesario que el cuerpo de agua se encuentre totalmente mezclado en el punto donde se tomará la muestra; evaluando la turbulencia, velocidad y apariencia física del mismo para asegurar la homogeneidad de la muestra. Cabe señalar, que una excesiva turbulencia puede afectar los valores de algunos parámetros como oxígeno disuelto y pH.
- **Seguridad y protección personal.** Se verifica que las condiciones físicas y mecánicas del vehículo sean las adecuadas para la actividad, que cuente con los implementos de carretera y seguridad vial, identificación, permisos y autorizaciones que sean necesarios. Así mismo, se confirma que el punto de muestreo y sus alrededores, cumplan con las condiciones meteorológicas adecuadas que garanticen la seguridad del personal de muestreo, de manera que, se minimicen los riesgos y peligros.

Con anticipación se conoce el estado del orden público; en caso de tratarse de una zona de conflicto, se informa a la autoridad competente la presencia del personal de muestreo indicando el número de integrantes y el tipo de actividad a realizar. El personal de la actividad verifica, antes de salir al muestreo, que se cuenta con la identificación personal (docu-

mento de identidad, el carné de la EPS (Entidad Prestadora de Servicios de Salud), carné de la ARL (Administradora de Riesgos Laborales); y un documento que indica el tipo de sangre, número de contrato.

Además, se identifica la ubicación y los datos del centro de atención médico más cercano, ambulancias, policía, grúa o los números telefónicos pertinentes en caso de un incidente durante la actividad.

- **Inventario y estado de equipos.** El inventario de equipos se realiza al inicio del año cuando se elabora la programación. Una vez establecidos los equipos/materiales necesarios para la ejecución de la actividad, se realiza una valoración del estado de los mismos; así como, se exploran las necesidades y si es el caso, se efectúa el pedido de los materiales faltantes.
- **Planeación de la toma de muestra.** Para llevar a cabo la toma de muestras, se definen los días para efectuar la actividad en los diferentes tipos de agua objeto de análisis y su respectiva frecuencia, conforme con la necesidad de los diferentes programas realizados por la entidad para todo el año, se socializa con los diferentes funcionarios involucrados en el proceso, con el personal responsable del laboratorio y muestreo para realizar los ajustes que sean necesarios.
- **Preparación de recipientes, materiales y equipos.** a) Los recipientes, materiales y equipos se ajustan a la actividad que se necesita desarrollar, en general se llevan a cabo las siguientes acciones, b) Recibir recipientes por parte del laboratorio, c) Rotular, utilizando cinta de enmascarar que se fija en cada uno de ellos, especificando el nombre de la fuente, el lugar de la toma de muestra y la fecha; es importante conocer o identificar la industria y el número de estaciones a monitorear (PTAR), determinar qué tipo de agua residual se va a muestrear (Industrial o doméstica; cruda o tratada); así como la fuente, el número de estaciones a monitorear (para

determinar el número de recipientes) y, en consecuencia, definir el tipo de muestra que se va a recolectar, **d)** Verificar siempre el rótulo de los recipientes antes de llevarlos a la nevera con las respectivas pilas de hielo para garantizar la temperatura por debajo de los 4 °C, **e)** Verificar la cantidad de los reactivos de preservación; tanto el KCl para preservar el lente óptico del electrodo del pH metro como los reactivos para la fijación de las muestras: HNO<sub>3</sub> (aguas subterráneas/metales), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (aguas superficiales/DQO), álcali-yoduro y sulfato manganeso de potasio para fijación en campo de O<sub>2</sub> disuelto.

- **Transporte de la muestra.** Para el transporte de las muestras se tiene en cuenta lo siguiente:
  - Verificar que cada nevera contenga suficiente hielo para asegurar que la refrigeración se mantenga por debajo de los 4°C hasta que las muestras ingresen al laboratorio.
  - Asegurar que la tapa de cada nevera quede bien asegurada, de tal manera que durante el viaje no se destapen o se pueda alterar la temperatura al interior de la misma.
  - Si el vehículo no cumple con las condiciones para el transporte adecuado y seguro de las muestras y equipos de campo, se evita el uso de tal vehículo y se comunica de inmediato a la oficina de calidad para que se autorice el cambio de vehículo o suspensión de la actividad. Esta situación se reporta en el formato de campo.
  - Las neveras son tratadas cuidadosamente, de forma que, en su manipulación no sean golpeadas, se mantienen en posición horizontal, alejadas de fuentes de calor y se ubican lejos de productos volátiles u otros, que puedan causar contaminación de las muestras.
  - Las neveras son aseguradas al vehículo de transporte para evitar que durante el viaje se maltraten.

- Se mantiene vigilancia permanente sobre las neveras para asegurar que nadie diferente a los encargados del muestreo tenga acceso a las muestras.
- Si la actividad de muestreo y el viaje al laboratorio tardan varias horas, se establecen intervalos de tiempo (cada dos a tres horas, por ejemplo) para verificar el buen estado de los recipientes que contienen las muestras y la temperatura de refrigeración de las mismas, mediante un termómetro que se mantiene dentro de una botella llena de agua en la nevera. Si el hielo se ha fundido casi en su totalidad se suministra más para garantizar la temperatura necesaria.
- La persona responsable de tomar las muestras mantiene la custodia permanente de las mismas hasta que son entregadas al laboratorio. Esto significa que el personal de muestreo conserva vigilancia visual sobre las neveras, incluso durante la hora de alimentación.
- Si las neveras son enviadas al laboratorio por mensajería o un servicio de transporte en el que no participa el encargado de muestreo, éste marca las neveras para indicar que contienen muestras que se deben manipular con cuidado y que no se pueden colocar en posición diferente a la horizontal.
- Además, que debe asegurar las neveras con cinta, zuncho y/o algún tipo de sello que permita asegurar que no fueron abiertas. En este caso se utiliza un servicio de transporte que pueda garantizar que las muestras llegarán al laboratorio en el menor tiempo posible y en buenas condiciones.
- Para el anterior caso, se registra la hora en que se entregan las muestras al servicio de transporte y se obtiene un registro de parte de quien las recibe, ya sea mediante firma del formato de muestreo y/o un recibo por parte de la empresa transportadora. Siempre que sea posible se

utilizan servicios de mensajería especializada y no recurrir a otro tipo de personas para que transporten las muestras.

- **Entrega de muestras al laboratorio.** La persona responsable del muestreo efectúa la custodia permanente de las muestras hasta que son entregadas al laboratorio. Una vez ingresa al laboratorio, el responsable de la actividad de campo entrega las muestras al auxiliar encargado de recibirlas para el análisis, junto con los formatos diligenciados y firmados.
- Se inspecciona el estado e identificación de las muestras y los registros de campo.
- Se firma el formato de custodia de la muestra en la casilla de entrega.
- Se ubican adecuadamente las neveras que contienen las muestras en el cuarto frío, dejando las que corresponden a campo con la tapa abierta, se cierra debidamente el cuarto.

**Toma de muestra de agua superficial.** La toma de muestra se ejecuta por personal capacitado, quienes siguen los procedimientos de calibración y medición de los parámetros en campo, las técnicas de recolección y preservación de la muestra, medición de caudal, la definición del método de muestreo (simple, compuesto, integrado). Además, registran los datos en formatos de campo y cadena de custodia (control y vigilancia de la muestra, recipientes, entre otros, sujetos a las normas técnicas actuales). Existen tres tipos de muestra (puntual, compuesta e integrada).

Para establecer el sitio de muestreo en cuerpos de agua superficial se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- Garantizar la seguridad del personal de muestreo y de los equipos y materiales para la actividad. Ya que ante un evento de inundación es probable que aun así se deben obtener las muestras; por precaución, la actividad se realiza siempre en equipos de dos personas y se busca una ruta fácil de escape.

- Facilidad de acceso vehicular y peatonal; así como, de la recolección de muestras.
- Las muestras no se colectan a lo largo de las orillas, puesto que estas pueden ser poco representativas de todo el cuerpo de agua.
- Las muestras de corrientes de agua (ríos, quebradas, caños, canales abiertos), de cuerpos de agua abiertos (lagunas, ciénagas, estanques, depósitos) y de depósitos subterráneos abiertos, se ubican donde se presenta mejor mezcla sin excesiva turbulencia.
- Se usan puentes o botes para ríos y lagos profundos en donde el transitar en el agua es peligroso o no práctico.

Para la recolección de muestras simples, se analizan los siguientes parámetros fisicoquímicos, según lo planteado por el IDEAM (2007): pH medido en laboratorio, Turbiedad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Color Verdadero, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO, Oxígeno Disuelto, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Fosfatos, Cloruros, Dureza Total, Alcalinidad Total, Grasas y/o Aceites, Detergentes, Hierro, Manganeso.

Para la recolección de la muestra para análisis bacteriológico, se sumerge el frasco hasta una profundidad aproximada de 20 cm, con la boca orientada en sentido contrario de la corriente; se quita la tapa y se recolecta la muestra; se deja llenar hasta tres cuartas partes (3/4) de su capacidad para permitir la aireación y asegurar la supervivencia de los microorganismos a ser cuantificados, y se enrosca la tapa con el recipiente aún sumergido en el agua.

## 2. CARACTERÍSTICAS GENERALES PUEBLO INDÍGENA AWÁ

### **2.1 Identificación de los centros poblados de la comunidad indígena Awá en los cuales se realizó la investigación**

El Pueblo Indígena Awá, habita en Nariño y Putumayo (Colombia) y en la parte pacífico-norte de Ecuador. En Colombia, se ubican al suroccidente, en el departamento de Nariño, municipios de Cumbal, Santacruz de Guachavés, Mallama, Ricaurte, Barba-coas, Roberto Payán, Tumaco e Ipiales y, en el departamento del Putumayo, municipios de Mocoa, Puerto Asís, Valle del Guamuez, San Miguel, La Dorada, Orito, Puerto Caicedo y Villa Garzón. En Ecuador, a lo largo del río San Juan, en las localidades de Tobar Donoso, Chical, Jijón y Camaño (provincias del Carchi), Alto Tambo, Mataje y Tululbí (Esmeraldas) y Lita, Buenos Aires (Imbabura) (Camawari, 2012:7).

Es un territorio de una extensión aproximada de 610.000 hectáreas, 480.000 en Colombia y 116.640 en Ecuador. La Gran Familia Awá, está asociada en cuatro organizaciones: dos en Nariño, el Cabildo Mayor Awá de Ricaurte – Camawari y la Unidad Indígena del Pueblo Awá – Unipa; una en el departamento del Putumayo, la Asociación de Cabildos Indígenas del Pueblo Awá del Putumayo – Acipap, y una en la república del Ecuador, la Federación de Centros Awá del Ecuador – Fecae (Camawari, 2012:95).

### **2.1.1 Comunidad Camawari**

En 1992, se dio origen al Cabildo Mayor Awá de Ricaurte (Camawari), al que pertenecen 11 resguardos asentados en el Municipio de Ricaurte, con 107.000 hectáreas de territorio y una población de 10.500 habitantes, es decir, el 85% del total de la población del municipio (Camawari, 2012:93).

### **2.1.2 División política Camawari (Gobernación de Nariño, 2015:8)**

Según la Gobernación de Nariño (2015:11), desde 1985, son ocho los resguardos legamente constituidos (Ramos Mongón, Pialapí Pueblo viejo, Cuchilla del Palmar, Gualcalá, Nulpe Medio y Alto, Cuascuabí, Magüí y Vegas-Changüí-Chimbuza) y tres en proceso de constitución (Milagroso Cuaiquer Viejo, Palmar e Imbí Medio y Alto Cartagena).

Existen resguardos indígenas, que por su amplitud territorial y por acuerdo propio de las comunidades, se organizaron en uno, dos o varios cabildos; con reglamentos internos elaborados según usos y costumbres, que les permite tener autonomía para ejercer justicia en su territorio.

### **2.1.3 Descripción de los cabildos pertenecientes a Camawari**

Esta descripción fue realizada por la Gobernación de Nariño (2015:20), donde realizaron un diagnóstico de los sistemas de abastecimiento.

**Cabildo Alto Armada.** Se encuentra ubicado a 15 minutos del casco urbano de Ricaurte, por la vía que va al municipio de Tumaco. El resguardo cuenta con una iglesia, y un centro educativo. La principal actividad económica es la agricultura con cultivos de yuca, plátano, caña.

El sistema de acueducto se abastece de la quebrada La Hortiga, la cual presenta características propias de las fuentes ubicadas en el pie de monte, se observa una amplia presencia de vegetación nativa, hay presencia de contaminación pecuaria en la parte me-

día y baja de la fuente, pero en general su estado de conservación es bueno, la cantidad de agua disminuye considerablemente en verano. El caudal de la fuente es de 7,08 litros por segundo.

**Cabildo Cuaiquer Viejo.** Se encuentra localizado en el municipio de Ricaurte, cuenta con los servicios de acueducto, energía, televisión, telefonía celular, además cuenta con instituciones como un centro religioso y un centro educativo. El resguardo se encuentra a 8 km por una vía destapada desde el casco urbano de Ricaurte, con un recorrido aproximado de 25 minutos.

En cuanto a las principales actividades económicas la comunidad se dedica a la agricultura con la siembra de yuca, caña, plátano y a la crianza y cuidado de ganado vacuno a pequeña escala; por ser un centro poblado nucleado cuenta con tienda donde se consiguen productos de primera necesidad.

El sistema de acueducto se encuentra en adecuadas condiciones, todas las estructuras que lo componen están en buen estado; recientemente, la Alcaldía Municipal de Ricaurte realizó la optimización de este sistema, pero no cuenta con una estructura administrativa, capaz de manejar los servicios de acueducto.

**Cabildo El Palmar.** Se encuentra ubicado en el municipio de Ricaurte, a una distancia de 15 km del casco urbano, el tiempo de viaje es de 15 minutos aproximadamente. Dentro del poblado se identifican instituciones en funcionamiento como son: colegio, escuela, iglesia y casa comunal. La principal actividad económica es la agricultura con cultivos de yuca, plátano, caña, además centran sus actividades en la crianza y cuidado de ganado vacuno y porcícola en pequeña escala.

El sistema de acueducto se abastece de la Quebrada Embíhambriento; que presenta características propias de las fuentes ubicadas en el pie de monte, las cuales son naturalmente protegidas por la vegetación principalmente en su parte alta, la fuente no tiene descargas de viviendas o cultivos. Hay contaminación de la fuente de origen pecuario en la parte media y baja, aguas debajo

de la captación. El caudal de la fuente es de 0,131 m<sup>3</sup>/s. Desde la vía principal Ricaurte-Tumaco hasta el lugar de la bocatoma son aproximadamente 45 minutos, realizando un recorrido en vehículo y posteriormente a pie.

El sistema de acueducto, cuenta con estructuras en adecuadas condiciones, que cumplen con las normas técnicas colombianas de diseño; el sistema cuenta con bocatoma, desarenador y dos tanques de almacenamiento, en cuanto a la tubería de las líneas de aducción y conducción, se puede observar en la gran mayoría del recorrido, que esta no cuenta con la profundidad adecuada de instalación, se encuentra superficial en la gran mayoría de su longitud, lo que la deja susceptible a daños como perforaciones, rompimientos, fracturas o también deterioro por exposición a un ambiente típico de la zona.

**Cabildo Isipú.** Se encuentra ubicado en el municipio de Ricaurte, a una distancia de 3 km desde el casco urbano, por vía destapada de difícil acceso, con altas pendientes muy escarpadas y pedregosas. El tiempo de desplazamiento es aproximadamente de 1 hora 30 minutos.

La fuente hídrica se encuentra en buenas condiciones; cuenta con un sistema de protección natural, la parte alta de la montaña aún no ha sido intervenida. Proporciona un buen caudal que aún en tiempos de verano, se mantiene.

El acueducto se encuentra en buenas condiciones, aunque la bocatoma es susceptible a obstrucciones en épocas de fuertes lluvias; no cuenta con sistema de tratamiento, la red de distribución no brinda cobertura a la totalidad de las viviendas del resguardo, debido a que se encuentran muy dispersas, dificultando el transporte de agua. De este sistema, se benefician dos cabildos más, La Esperanza y Cuesbí Montaña. El sistema conduce un bajo caudal y presenta una baja de presión en la red de distribución, debido a la poca diferencia de cotas entre la bocatoma, el tanque de almacenamiento y las redes de distribución.

El resguardo no cuenta con un fontanero calificado para el mantenimiento adecuado y las labores de mantenimiento se hacen esporádicamente; además, no cuenta con una junta administradora.

**Cabildo Palbí Guatal- Zaragoza.** Se encuentra localizado en el municipio de Ricaurte en la vereda de Zaragoza, cuenta con servicio de acueducto, energía, televisión y telefonía celular. Las instituciones existentes son escuelas y casa comunal. La principal actividad económica es la agricultura con cultivos de yuca, plátano, caña; y en muy pequeña escala la ganadería.

El resguardo se encuentra desde la vía a Tumaco a 1 km, la vía es un camino de difícil acceso con altas pendientes muy pedregosas, el tiempo aproximado es de 1 hora y 30 minutos.

La fuente hídrica se encuentra en buenas condiciones, debido a que cuenta con un sistema de protección natural, pues la parte alta de la montaña aún no ha sido intervenida. Proporciona un buen caudal que aún en tiempos de verano es capaz de mantenerlos. El sistema de acueducto no cuenta con ningún tipo de estructuras de pretratamiento.



### 3. AGUA SEGURA PARA LA PROSPERIDAD DE COMUNIDADES INDÍGENAS AWÁ DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

#### 3.1 Generalidades

Según Maceira, Kermer y Finucane (2007:2), la provisión de agua segura es considerada una medida capaz de mejorar la salud de la población. El acceso al agua apta para el consumo humano es un derecho fundamental y una necesidad básica y esencial para la reducción de la pobreza, ligada directamente a la salud humana y al desarrollo (Corte Constitucional, 2011:1).

En la Constitución Política de Colombia de 1991 (actualizada con los actos administrativos del 2015), en su Artículo 11, establece el derecho a la vida; en el Artículo 49, se menciona que la atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo de Estado y se garantiza el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud; así mismo, en el Artículo 79 estipula que todas las personas tienen el derecho a un ambiente sano y en su Artículo 366, plantea que el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son funciones fundamentales del Estado; además, será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, educación, de saneamiento ambiental y de agua potable.

Por otra parte, el Código Sanitario Nacional, Ley 9 de 1979, establece el control sanitario de los usos del agua, las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentacio-

nes necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo que se relaciona a la salud humana.

Considerando la normativa colombiana, El programa Agua para la Prosperidad, es una de las propuestas que presenta el gobierno nacional para impulsar el acceso al agua segura, dentro de este programa se originan los planes departamentales de agua (PDA), que son un conjunto de estrategias de planeación y coordinación interinstitucional, formuladas y ejecutadas con el objeto de lograr la armonización integral de los recursos, y la implementación de esquemas eficientes y sostenibles en la prestación de los sistemas de agua potable y saneamiento (Portal de Alcaldes y Gobernadores de Colombia, 2017).

Estos planes contribuyen con la implementación de sistemas de tratamiento de agua de tipo no convencional, en lugares en donde no es viable un sistema tradicional por la distribución espacial de la población, para este caso de estudio, la comunidad indígena Camawari, resguardo Alto Cartagena; donde fue necesario plantear estrategias participativas para brindar agua segura e esta población, contribuyendo con el mejoramiento de su calidad de vida.

Para el desarrollo de la investigación se realizó un convenio interadministrativo (893-15) entre la Gobernación de Nariño y Universidad de Nariño, con el objetivo de aunar esfuerzos económicos, administrativos, financieros y logísticos, con el fin, de fortalecer las capacidades y competencias locales, institucionales y comunitarias de las comunidades indígenas del pueblo Awá, del departamento de Nariño, para propender por el sostenimiento de los proyectos que se ejecutan en el marco del programa “Agua para la Prosperidad”; para lo cual, se realizó un diagnóstico integral referente a la calidad de agua y prácticas de higiene; se formuló y diseño una estrategia para mejorar las condiciones de calidad en el abastecimiento de agua; y se implementó la metodología para realizar el seguimiento a la adopción y eficiencia de la tecnología.

### 3.2 Metodología

La metodología implementada, se planteó desde el grupo de investigación “Plan de Investigación para el Fortalecimiento Integral de las Comunidades – PIFIL”, categorizado en el 2017 por Colciencias, en categoría B. Las investigaciones adelantadas por el grupo (Figura 3-1), se enmarcan en los procesos participativos y de enseñanza-aprendizaje; en donde la lúdica juega un papel fundamental con el uso de herramientas didácticas.



Figura 3-1. Investigadores del grupo PIFIL, que adelantaron la Investigación de Sistemas de Tratamiento no Convencional de Agua.

Desde el enfoque antropológico, la discusión y abordaje, va más allá del acceso a las tecnologías; en donde, fue importante tener claro cómo lo sociocultural va incursionando en los procesos tecnológicos y qué factores, aspectos y actores influyen en ello; en tanto, la aproximación teórica a estos cambios se ha dado desde enfoques planteados en los estudios de ciencia, tecnología-sociedad, sociedad-antropología (Acosta, 2014:157) y el uso de herramientas didácticas.

Según Leonel y Luna (2016:20), las herramientas didácticas se convierten en una de las alternativas pedagógicas que permiten la motivación e interés de los diferentes actores, contribuyendo de esta manera a facilitar la adopción social de las tecnologías, para este caso, las de tratamiento de aguas no convencionales.

### Diseño metodológico del proyecto de investigación

En la Figura 3-2, se presenta la ruta metodológica para el desarrollo del proyecto, la cual se basa en los objetivos propuestos anteriormente.

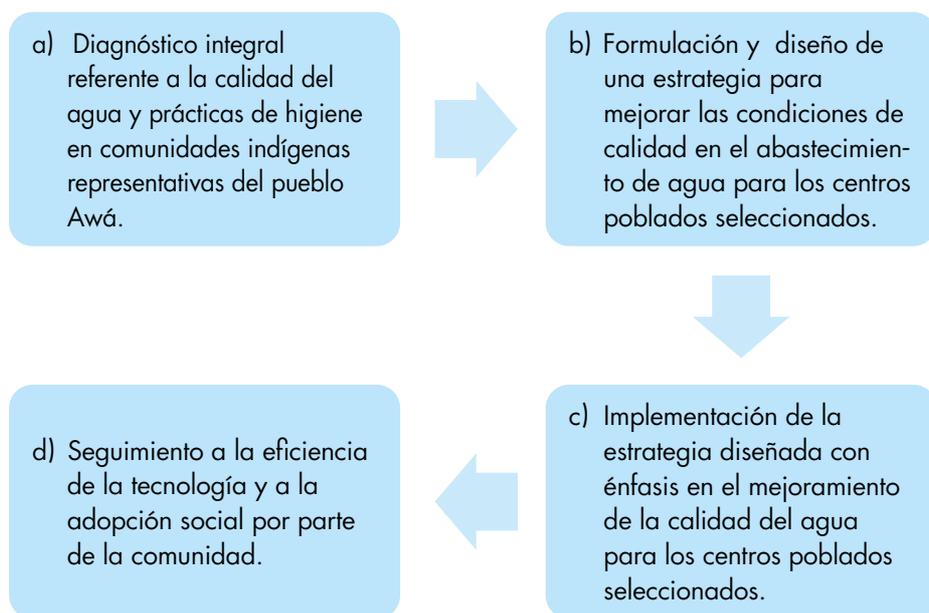


Figura 3-2. Ruta Metodológica

- a) Diagnóstico integral referente a la calidad del agua y prácticas de higiene en comunidades indígenas representativas del pueblo Awá.

Para la recolección de la información se realizó una revisión bibliográfica, complementada con visitas de campo acompañadas por funcionarios del Plan Departamental de Aguas de la Gobernación de Nariño (PAP-PDA), además de información secundaria

como el diagnóstico de los sistemas de abastecimiento de la Gobernación de Nariño (2015) y el plan de vida de la comunidad Camawari.

Para el desarrollo del primer objetivo, se determinaron los centros poblados de la comunidad indígena Awá, en los cuales se adelantó la investigación, integrando criterios de la Gobernación de Nariño y Universidad de Nariño; los cuales fueron: distancia de desplazamiento, calidad del agua cruda, no contar con sistema de potabilización de agua y que las poblaciones beneficiarias sean comunidades indígenas.

Los criterios de evaluación se analizaron en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1. Evaluación de criterios para selección del cabildo indígena de la comunidad Awá beneficiada.

Resguardo	Criterios U. de Nariño				Criterios PDA					
	Cercanía		Fácil Acceso		Comunidad Indígena		No cuenta con sistema de distribución de agua potable		No contaminación de agua por hidrocarburos	
	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC
Unipa										
Camawari										

Convenciones: Cumple (C) - No cumple (NC).

Para la caracterización físico-espacial, socioeconómica y cultural de los centros poblados seleccionados, se tuvo en cuenta: tipo de la localidad y distancia al centro regional urbano; saber académico y saber comunitario; accesibilidad a repuestos y materiales y soporte técnico local; instituciones públicas y privadas; organización de la sociedad civil; gestión de la administración municipal; gestión de los servicios públicos. Estos datos fueron obtenidos del plan de vida y del plan de salvaguarda de la comunidad indígena.

## Etapas de la Fase de Diagnóstico

**Socialización:** con la comunidad seleccionada (Camawari, Resguardo Alto Cartagena) se dio a conocer los alcances del proyecto y se definió el plan de trabajo para el desarrollo de la investigación (Figura 3-3). Se formuló la guía taller denominada “El agua que fluye, influye”; desarrollada a partir de una obra de teatro (Figura 3-4), que puso en escena las principales actividades de consumo del recurso hídrico que se realizan diariamente y se dio a conocer a la comunidad las características básicas de los sistemas de tratamiento domésticos de agua para disminuir los riesgos en la salud.



Figura 3-3. Participantes de comunidad indígena Awá, Resguardo Alto Cartagena, en la socialización del proyecto de investigación Evaluación de dos sistemas no convencionales, 2016.

**Compromisos comunitarios.** A través de talleres participativos, se identificaron los factores relevantes y temáticas de capacitación para considerar en el desarrollo de la investigación (Figura 3-5); además, se recalcó los compromisos de la comunidad con este proyecto, firmados en el Acta (Figura 3-6).



Figura 3-4. Obra de teatro para la socialización del proyecto de investigación “Evaluación de dos sistemas no convencionales de agua segura para comunidades indígenas Awá, del departamento de Nariño”, 2016.



Figura 3-5. Taller lúdico con la comunidad indígena Awá, Resguardo Alto Cartagena para identificación de temática de capacitación y determinación de compromisos, 2016.



Figura 3-6. Firma de acta de compromiso, comunidad Alto Cartagena, Ricaurte, 2016.

### **Determinación de la calidad de las fuentes abastecedoras.**

Por medio de información secundaria suministrada por la Gobernación de Nariño, y el Instituto Departamental de Salud de Nariño, se realizó el mapa de riesgo, de acuerdo con la metodología propuesta en la Resolución 4716 de 2010; además, se efectuó dos análisis de agua en la fuente de abastecimiento, analizadas en el Laboratorio del Valle, de la ciudad de Pasto, certificado por el Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam. Con los análisis, se calculó el índice de riesgo para consumo humano - IRCA, de acuerdo a la Resolución 2115 de 2007.

### **Identificación de los sistemas comunitarios e individuales.**

Se identificaron con la participación de la comunidad, quienes acompañaron en los diferentes recorridos de campo (Figura 3-7).

**Determinación de las condiciones higiénico-locativas.** Se visitó la totalidad de las viviendas (100), en donde se desarrolló una encuesta que contenía 33 preguntas, distribuidas en las variables: características generales de la familia encuestada, características de la vivienda, condiciones y tratamiento de agua para

consumo humano y, saneamiento; siguiendo la metodología para la aplicación de la estrategia de vivienda saludable propuesta por la Organización Panamericana de la Salud OMS (2011); este trabajo, se desarrolló en conjunto con funcionarios del Instituto Departamental de Salud de Nariño (IDSN).



Figura 3-7. Reconocimiento del sistema comunitario del abastecimiento de agua, de la comunidad indígena Awá, Resguardo Alto Cartagena, 2016.

- b) Formulación y diseño de una estrategia para mejorar las condiciones de calidad en el abastecimiento de agua. Con base en la Fase de diagnóstico y para el cumplimiento de la segunda Fase de la investigación (formulación y diseño de estrategia para mejorar la calidad en el abastecimiento), se desarrolló a través de tres etapas (Figura 3-8).

**Selección de la estrategia de intervención.** En esta etapa se aplicó la metodología Seltec, formulada por Galvis y Vargas (2003); que aplica diferentes niveles de selección, los cuales operan como un “filtro” donde se descartan las tecnologías que no cumplen con las condiciones de sostenibilidad, de acuerdo a los valores asig-

nados a las variables de ese nivel para una aplicación específica. Entre los criterios que se tuvieron en cuenta están:

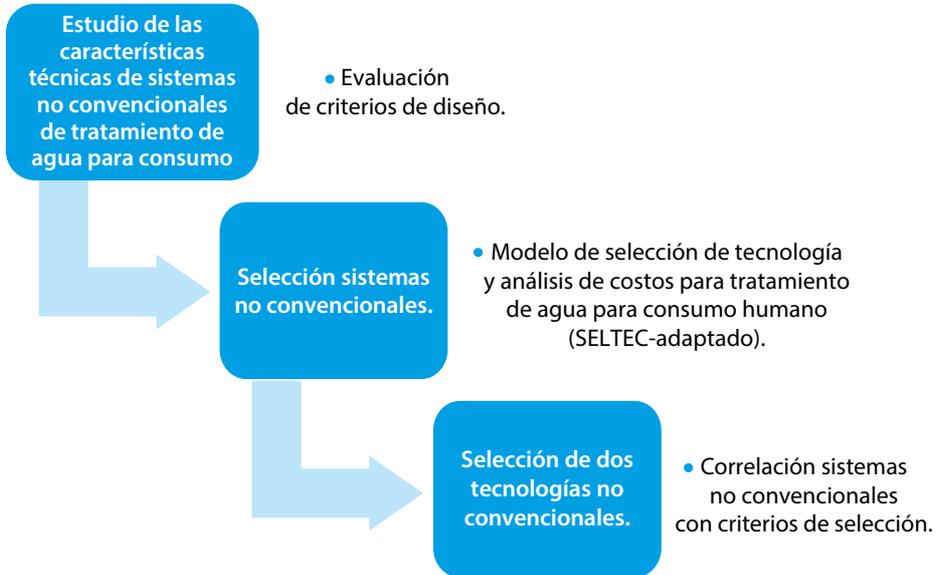


Figura 3-8. Etapas de selección de tecnología para agua segura.

1. **Institucionalización de la tecnología:** Aborda temas como tipo de población a quien va dirigido, experiencias y conocimientos previos del sistema.
2. **Aspectos socioculturales de la localidad:** Distancia al centro regional, conocimiento por parte de la población acerca de experiencias con sistemas no convencionales, accesibilidad a repuestos y soporte técnico.
3. **Disponibilidad de recursos y materiales:** Disponibilidad de insumos y de medios filtrantes.
4. **Riesgo sanitario y eficiencia de las tecnologías:** tipo de agua a tratar, importancia de la implementación de sistema no convencional y su facilidad de aplicación dentro de la vivienda.
5. **Análisis de costos.** Precio estimado por unidad para inversión inicial, costos de operación y mantenimiento.

- 6. Capacidad y disponibilidad de pago.** Ingreso promedio por familia, relacionado con la capacidad de acceso a un sistema no convencional o posibilidad de desarrollar un manejo adecuado de los mismos.

**Concertación de las tecnologías a adoptar.** Una vez seleccionadas técnicamente las tecnologías de abastecimiento no convencional, se procedió a socializar y concertar la estrategia de intervención, de acuerdo al número de integrantes del hogar.

**Definición de indicadores de evaluación y seguimiento de las tecnologías seleccionadas.** Se realizó por medio de una revisión bibliográfica y se determinó el indicador más adecuado para la tecnología seleccionada.

- c) Implementación de la estrategia diseñada con énfasis en el mejoramiento de la calidad del agua para el centro poblado seleccionado. Se abordó la metodología propuesta por Marinof *et al.*, (2001) “Participatory Hygiene and Sanitation Transformation - Phast” (Transformación Participativa para la Higiene y el Saneamiento).

Mediante el diagnóstico realizado, se determinó que la problemática de la comunidad se basa principalmente en la contaminación microbiológica del agua de abastecimiento, por lo tanto, se analizó la misma, teniendo en cuenta la historia y la cultura de la comunidad en cuanto al uso y manejo del recurso hídrico. Así mismo, se identificaron los puntos estratégicos relacionados con la distribución del agua desde la bocatoma hasta los hogares, al igual que los puntos críticos que representaron algún tipo de riesgo en el agua de consumo.

Se realizó un análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de muestras de agua cruda tomadas antes y después del punto de abastecimiento principal de agua hacia la comunidad. Finalmente se tuvo en cuenta los hábitos de higiene y prácticas de manejo del agua llevada a cabo por la población.

Para la adopción de la tecnología se capacita previamente a la comunidad en su manejo, operación y cuidado, para lo cual,

con la metodología de Enseñanza-Aprendizaje se desarrollaron diferentes talleres, en donde mediante el uso de estrategias como el juego, se pudo reforzar los conocimientos.

- d) Seguimiento a la eficiencia de la tecnología y a la adopción social por parte de la comunidad. A través de la inspección con visitas de control y la toma de muestras de agua dentro de la población de estudio, se realizó el seguimiento a la eficiencia de la tecnología; y con la capacitación en temas concernientes al agua potable y saneamiento básico y con la evaluación de los mismos, se pretendió garantizar la adopción social de los sistemas no convencionales por parte de la comunidad (Tabla 3-2).
- e) Para la determinación de la muestra, se consideró un muestreo estrictamente al azar con un error máximo (e) del 15% y una probabilidad (p) del 95%, para una población (N) de N viviendas y un z de 1.96, empleando la siguiente formula:

$$n = \frac{N * z^2 * p * q}{(N * e^2) + (z^2 * p * q)}$$

**Tabla 3-2. Criterios y Variables para el diagnóstico básico.**

Aspecto	Criterios	Variables
General	Composición familiar	Composición familiar
		Edad
	Locativo	Nivel de escolaridad
		Tenencia de vivienda
Higiénico - locativo	Agua para consumo	Tipo de vivienda
		Infraestructura de la vivienda
		Origen del agua
		Almacenamiento
	Saneamiento	Tratamiento del agua de consumo
		Razones para el tratamiento
		Destino de aguas negras y grises
		Calidad del sistema de disposición de aguas negras
		Disposición final de residuos sólidos
		Casos de diarrea

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Diagnóstico integral referente a la calidad del agua y prácticas de higiene

#### 4.1.1 Selección del centro poblado beneficiario del proyecto.

En la Tabla 4-1, se muestra criterios identificados y evaluados para la selección de la comunidad beneficiaria:

Tabla 4-1. Valoración de los criterios de selección de la comunidad beneficiaria.

Comunidad	Criterios U. de Nariño				Criterios PDA						
	Cercanía		Fácil Acceso		Comunidad Indígena		No cuenta con sistema de distribución de agua potable		No contaminación de agua por hidrocarburos		
	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	
Unipa		X		X	X		X				X
Camawari	X		X		X		X		X		

Convenciones: Cumple (C) - No cumple (NC).

Uno de los principales criterios por el cual no se seleccionó la comunidad Unipa, fue la presencia de fuentes abastecedoras contaminadas por trazas de hidrocarburos, debido a diferentes atentados contra el oleoducto Trasandino. Algunas comunidades se han visto afectadas en su salud principalmente, por la presencia de diarreas e infecciones en la piel, sobre todo en los niños.

La causa de esa contaminación por hidrocarburos, puede obedecer a que el 22 de junio de 2015, se presentó un nuevo ataque

de las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (Farc-Ep), contra el oleoducto Trasandino, causando un derrame de crudo sobre la quebrada Pianulpí, que desemboca en el río Mira, el cual abastece el acueducto de Tumaco y Resguardos indígenas de la comunidad Unipa. El Ministerio de Ambiente estima que fueron derramados 410.000 galones de crudo, ante esta problemática ambiental, el 24 de junio se declaró la emergencia sanitaria y ambiental en el municipio de Tumaco. La mancha de petróleo llegó al Océano Pacífico y brazos de los ríos de la zona, causando graves consecuencias negativas medioambientales y en los medios de vida de la población (Reliefweb, 2015).

Frente a esta problemática, los pobladores se abastecen del recurso hídrico, a través de la recolección en pozos y en la captación de aguas lluvias, impacto que se incrementa en tiempos de sequías, lo cual obliga a los pobladores a hacer uso de las fuentes como quebradas y ríos, aun sabiendo de la contaminación presente (Figura 4-1).



Figura 4-1. Protección frente a la contaminación por hidrocarburos ubicada en la fuente de captación de la comunidad indígena Unipa.

Al ser analizados los criterios de priorización, se determinó que la población que presenta mayor viabilidad para el desarrollo del proyecto es la comunidad indígena Camawari, quienes cumplen con la totalidad de los criterios, como se mencionó en la Tabla 4-1.

Dentro de los diferentes resguardos pertenecientes a la comunidad indígena Camawari, las poblaciones que cumplieron con los criterios mencionados, fueron Resguardo Cuaiquer Viejo, Resguardo Alto Cartagena y Resguardo El Palmar (Tabla 4-2):

Tabla 4-2. Matriz de priorización de comunidades.

Resguardo	Criterios U. de Nariño				Criterios PDA		Beneficiaria de proyectos similares
	Cercanía casco urbano		Fácil acceso		Sin sistema de agua potable		
	C	NC	C	NC	C	NC	
<b>Alto Cartagena</b>	X		X		X		NO
<b>Cuaiquer Viejo</b>	X		X		X		SI
<b>El Palmar</b>	X		X		X		SI
<b>Isipú</b>		X		X	X		
<b>Palbí Guatal- Zaragoza</b>		X		X	X		SI

Convenciones Cumple (C) - No cumple (NC)

Se seleccionó la comunidad de Alto Cartagena, como la población beneficiada con el proyecto por cumplir con el 100% de los criterios; además, que esta comunidad estuvo dispuesta a participar, y este grupo no había sido beneficiado con proyectos similares.

#### 4.1.2 Características de la población encuestada

En la Figura 4-2 se describe porcentualmente, el género de los pobladores del Resguardo indígena Alto Cartagena.

El género predominante en el Resguardo indígena Alto Cartagena, es el femenino.

En la Figura 4-3, se describe porcentualmente la edad y el género de los pobladores del Resguardo indígena Alto Cartagena.

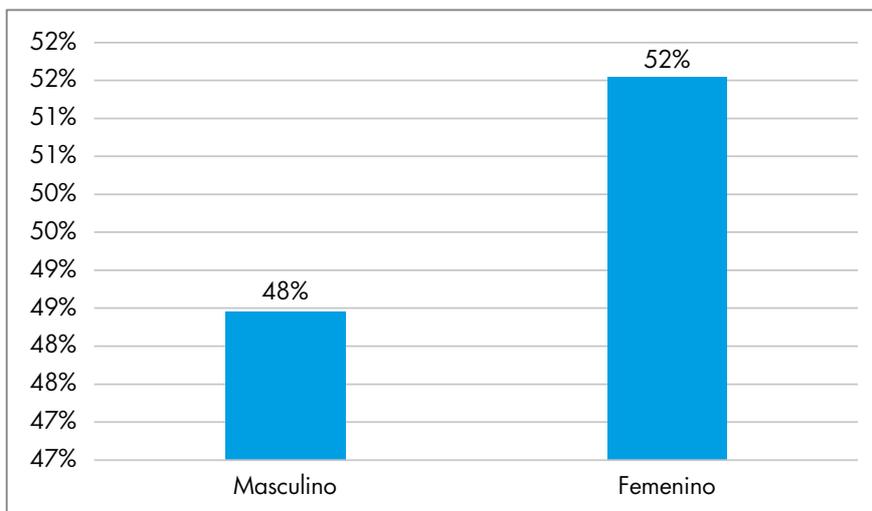


Figura 4-2. Distribución porcentual del género de la población del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

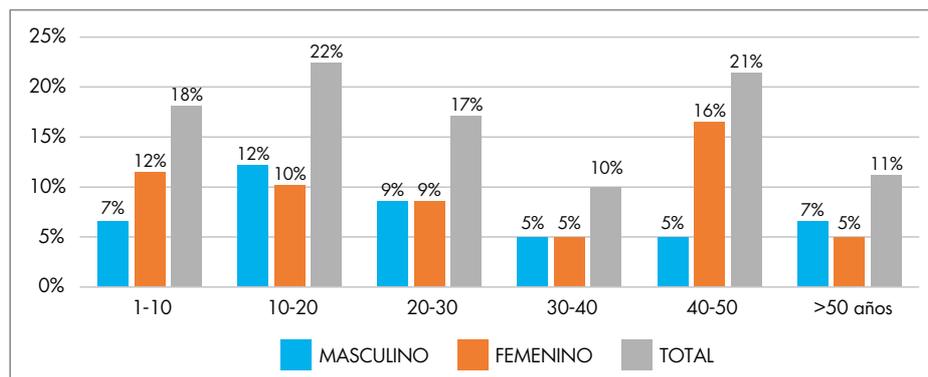


Figura 4-3. Distribución porcentual de la edad y género de la población del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

La mayor distribución porcentual de la edad en el Resguardo indígena Alto Cartagena según la Figura 4-3 se encuentran entre los diez a veinte años y 40 a 50 años; indicando un buen número de población en edad laboral.

El estado civil de la población del Resguardo indígena Alto Cartagena, se caracteriza porque en su mayoría son solteros (51%) o viven en unión libre (33%); lo cual se explica, porque en la ma-

yoría de las viviendas el jefe del hogar es la mujer, quien hace las veces de papá y mamá; tan solo el 10% son casados, el 2% son viudos y el 3% tiene otras formas de convivir.

En la Figura 4-4, se describe porcentualmente, la ocupación de la población del Resguardo indígena Alto Cartagena.

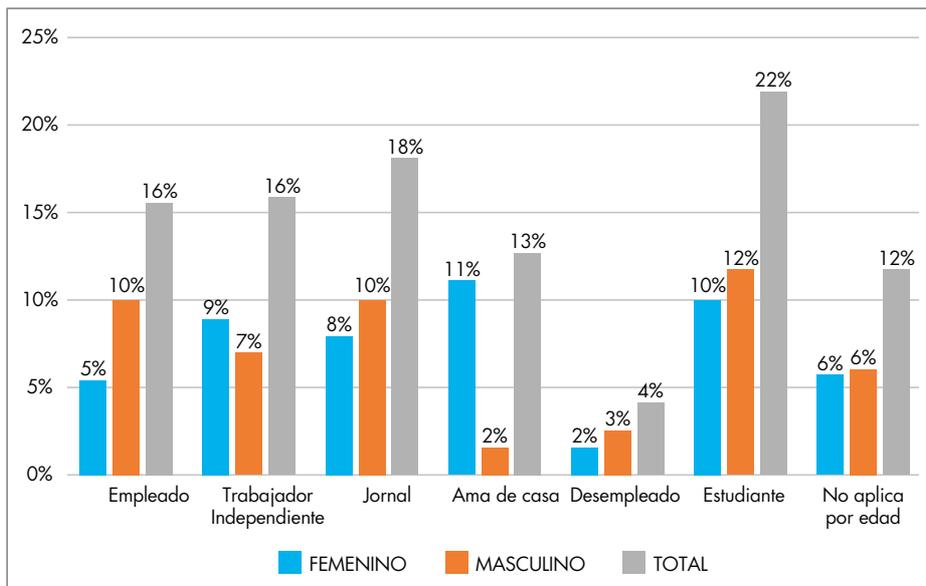


Figura 4-4. Distribución porcentual de la ocupación de la población del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

La mayor distribución porcentual de la ocupación de la población del Resguardo indígena Alto Cartagena, según la Figura 4-4, es la estudiantil y la de jornaleros, y el género masculino es el que presenta mayor porcentaje de ocupación y el que aporta la mayoría de los ingresos del hogar; aunque a las madres cabezas de familia por obligación les ha tocado conseguir trabajos de jornaleras, que antes era una actividad exclusiva de los hombres.

En la Figura 4-5, se muestra el nivel de escolaridad de la población del Resguardo indígena Alto Cartagena.

La mayor distribución porcentual del nivel de escolaridad de la población del Resguardo indígena Alto Cartagena, según la

Figura 4-5, no cuenta con nivel escolar, o cuentan con primaria completa, lo cual se ha convertido en una de las limitaciones que contribuyen a los bajos ingresos del núcleo familiar que se ha estimado por debajo de un salario mínimo mensual vigente para Colombia (menos de \$737,717 para el año 2017; del cual, depende en promedio de 5 a 6 personas).

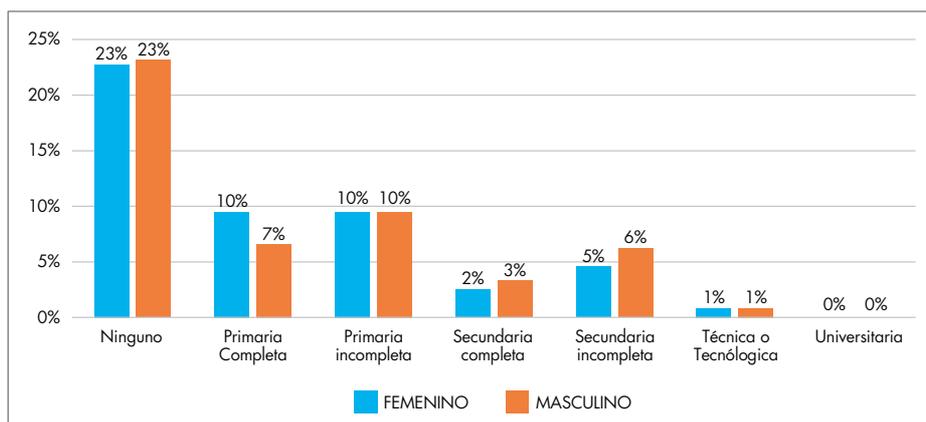


Figura 4-5. Nivel de escolaridad de la población del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

#### 4.1.3 Caracterización físico-espacial, socioeconómico y cultural de los centros poblados en lo referente al abastecimiento y consumo de agua

Las comunidades indígenas Awá, conservan una concepción del espacio territorial, la cual se constituye en el pilar básico de su existencia como grupo étnico y las costumbres y el carácter están influenciados por su territorio. La relación armónica que guarda el Awá con su territorio, se establece en elemento integrador y cohesionador del grupo o comunidad, ya que en el territorio se instauran diversas relaciones mediante las cuales se apropia, utiliza y piensa dicho espacio (Camawari, 2012:5).

Los centros poblados pertenecientes a la comunidad indígena Awá, dentro de su perspectiva de territorio y como importancia frente a las diferentes actividades planteadas en el proyecto, acoge los diferentes aspectos socioculturales, físico espaciales y económicos de las comunidades indígenas.

Como se describe en el plan de vida, la tradición oral se constituye en el elemento fundamental de la educación no formal, ya que a través de ella, se asimilan y socializan los conocimientos, valores y costumbres relacionadas con la cotidianidad material, cosmogónica, espiritual, social y de manejo del entorno ecológico, esto agrega un valor adicional con relación a la protección de los recursos naturales, y en especial el recurso hídrico, el cual es suministrado por fuentes hídricas de importancia para las comunidades dentro de su aspecto cultural.

Diferentes entidades que trabajan proyectos que mejoran las condiciones de vida de estas poblaciones, aportan de manera gradual al desarrollo dentro de la comunidad Awá, casos como Oxford Committee for Famine Relief (Oxfam), quienes en proyectos anteriores han dotado de sistemas no convencionales a algunas familias del pueblo Awá, proyectos que han cumplido satisfactoriamente con el objetivo planteado; pero, el aspecto económico ha dificultado el acceder a repuestos y materiales, y se ha convertido en el agravante para que los sistemas implementados no cumplan su objetivo y su vida útil.

**Diagnóstico básico.** En la Figura 4-6, se determinan los porcentajes del origen del agua para consumo humano, que utilizan en el Resguardo indígena Alto Cartagena.

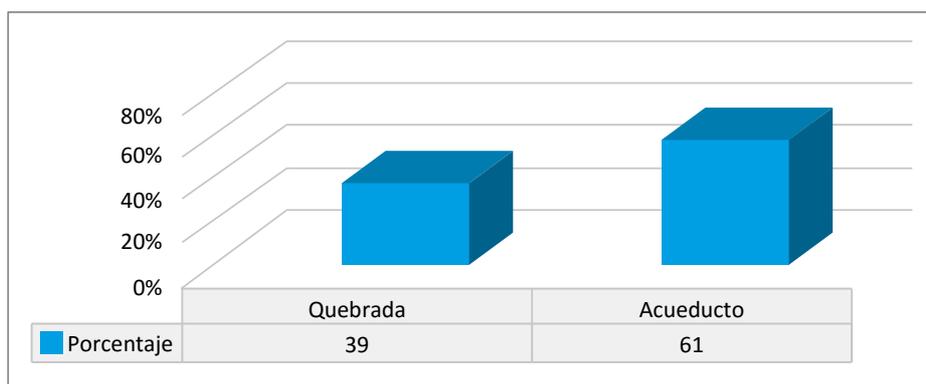


Figura 4-6. Origen del agua que consume la población del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

Las poblaciones rurales que poseen acueducto, gozan de los beneficios de abastecer su hogar con el valioso recurso, pero a su vez, son quienes adolecen las consecuencias de la baja calidad del mismo, ya que no poseen un control de los microorganismos patógenos presentes en las tuberías o en la fuente de captación; por lo tanto, en la población del Resguardo Alto Cartagena, el 61% de viviendas encuestadas poseen el servicio de acueducto gracias al trabajo conjunto de los pobladores con la Agencia de la ONU para los refugiados - Acnur y Corporación Opción Legal, quienes a través de mingas y trabajos colectivos en organización, lograron construir el sistema de abastecimiento rural.

En la Figura 4-7, se describe porcentualmente, las formas de almacenamiento del agua para el consumo de los pobladores del Resguardo indígena Alto Cartagena.

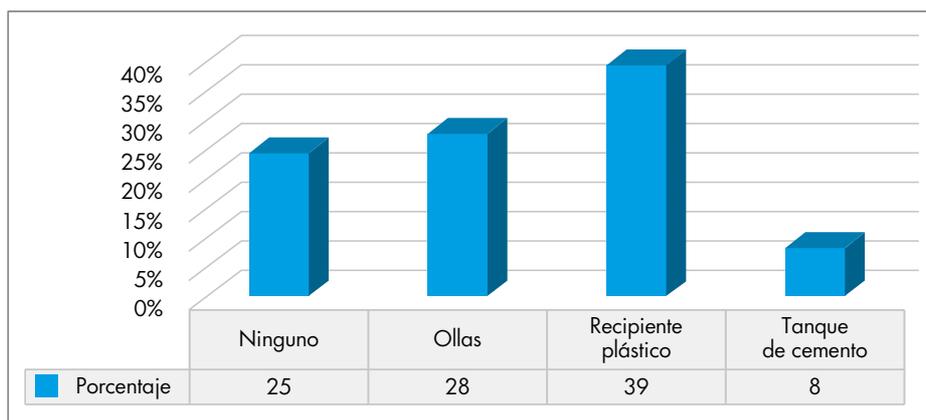


Figura 4-7. Formas de almacenamiento del agua para el consumo de los pobladores del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

El 39% de la población encuestada almacena el agua en recipientes de plástico y el 28% en ollas, de los cuales el 61% cubren estos elementos, para evitar que el polvo o insectos caigan en estos recipientes, previniendo así la contaminación con patógenos (cruzada). El 8% de la población almacena el agua en pocetas de cemento, sin ninguna protección, convirtiéndose en un riesgo sanitario, por la falta de control y presencia de vectores.

En la Figura 4-8, se describe los pre-tratamientos que la comunidad indígena del Resguardo Alto Cartagena le realiza al agua para su consumo.

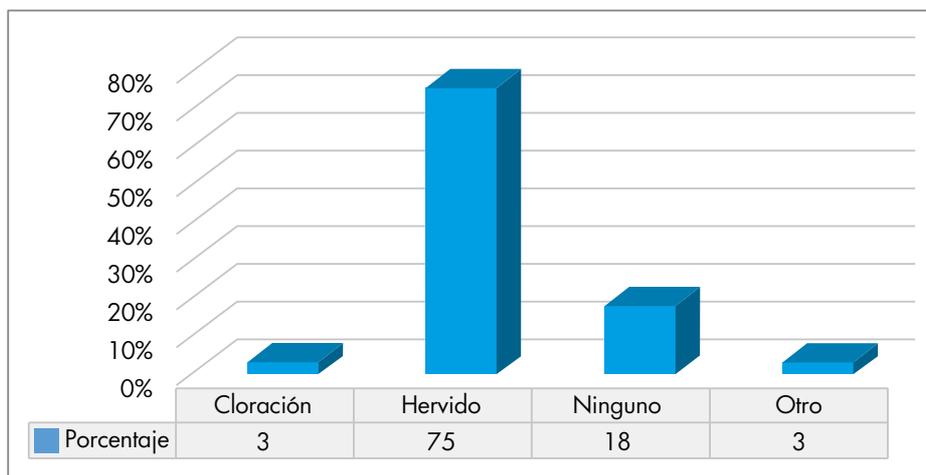


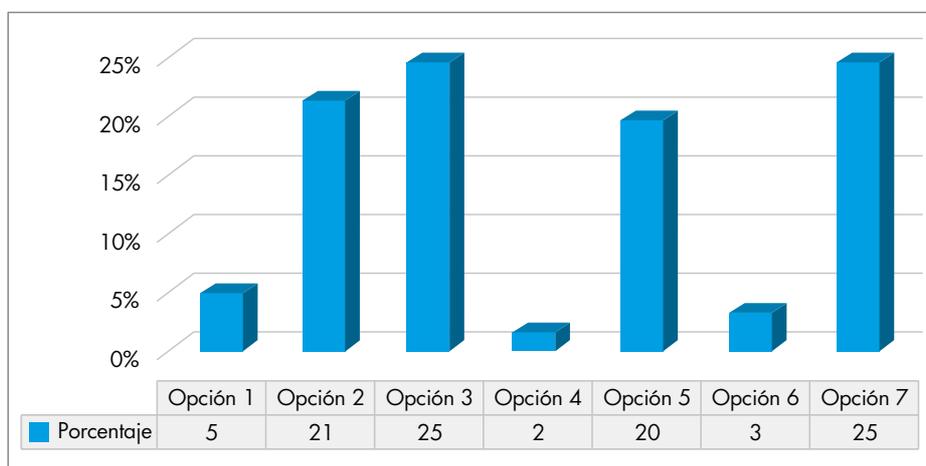
Figura 4-8. Tratamientos que realizan las comunidades del Resguardo indígena Alto Cartagena, al agua antes de ser consumida, 2016.

El método más utilizado dentro de la población encuestada es el hervido o ebullición (75%), dado que este tratamiento a escala doméstica, es uno de los más comunes en todo el mundo, porque no requiere químicos ni tecnología extra, además elimina a todos los organismos nocivos, pero requiere para su funcionamiento de combustible, además es un riesgo al manipular agua caliente y alta probabilidad de re-contaminación, por la inadecuada manipulación. Por otra parte, el 18% de la población no realiza ningún tratamiento al agua de consumo, aumentando así las probabilidades de contraer enfermedades por el consumo de agua contaminada.

En la Tabla 4-3, se listan las diferentes opciones por las cuales realizan tratamientos al agua que consume la población del Resguardo indígena Alto Cartagena y en la Figura 4-9, se distribuye porcentualmente de acuerdo a los resultados de la encuesta realizada.

**Tabla 4-3. Razones por las cuales la población del Resguardo indígena Alto Cartagena realiza tratamiento del agua para consumo, 2016.**

Razones para el tratamiento del agua de consumo	
Opción 1	Tener agua potable
Opción 2	Tener agua potable y prevenir enfermedades
Opción 3	Matar patógenos
Opción 4	Prevenir enfermedades
Opción 5	No sabe
Opción 6	Matar gérmenes y prevenir enfermedades
Opción 7	Tener agua potable y matar gérmenes



**Figura 4-9. Distribución porcentual de las razones por las cuales la población del Resguardo indígena Alto Cartagena realiza tratamiento del agua para consumo, 2016.**

El conocimiento sobre la importancia de realizar tratamientos para potabilizar el agua de consumo, implica conocer las razones para que las familias realicen esta actividad. Dentro de la población encuestada, el 20% afirma que no sabe las razones para realizar un tratamiento al agua que consume, mientras que el 21% y 25% respectivamente, reconocen que tratar el agua antes de consumirla la hace potable, matando los patógenos y previniendo futuras enfermedades.

En la Figura 4-10, se visualiza la disposición final de las aguas negras y grises, por parte de la comunidad indígena del Resguardo Alto Cartagena.

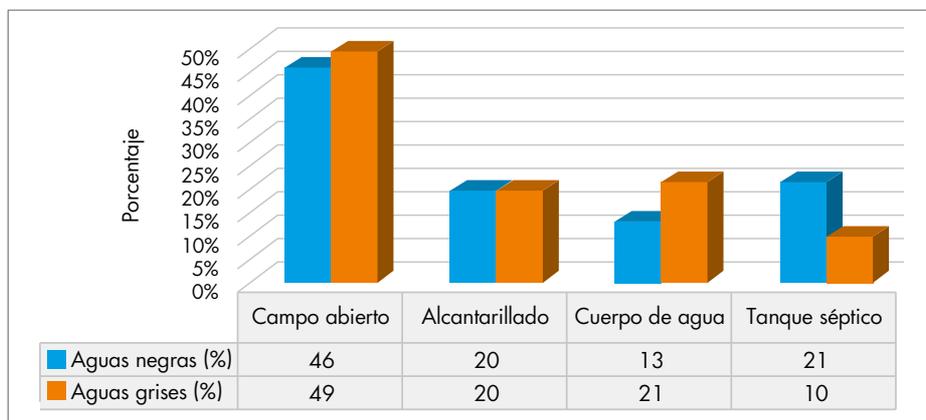


Figura 4-10. Distribución porcentual de la distribución de las aguas negras y grises, por parte de la comunidad indígena del Resguardo Alto Cartagena, 2016.

Debido a la dispersión de las viviendas dentro del resguardo, se hace difícil el funcionamiento de un sistema de disposición final convencional (alcantarillado) de aguas residuales domésticas; por lo tanto, gran parte de las viviendas vierten estas aguas a campo abierto (Figura 4-10), ocasionando problemas sanitarios que afectan a la misma comunidad, especialmente a la población infantil.

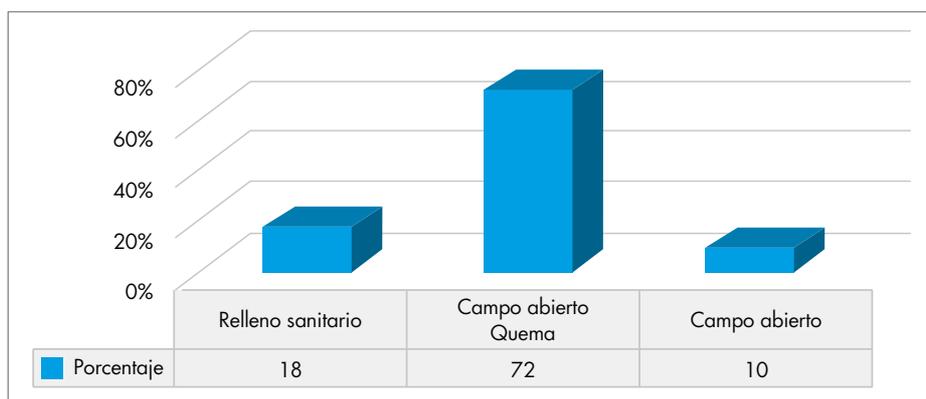


Figura 4-11. Distribución porcentual de la forma como los habitantes del Resguardo Indígena Alto Cartagena hacen la disposición final de residuos sólidos, 2016.

En la Figura 4-11, se visualiza la forma cómo la comunidad indígena del Resguardo Alto Cartagena, realiza la disposición final de los residuos sólidos.

Los resultados obtenidos en la figura anterior, indican que la mayoría de las personas encuestadas (72%) queman los residuos sólidos (plásticos) y los residuos orgánicos son dispuestos a campo abierto, el 18% de las familias, por su cercanía al casco urbano entregan sus residuos al recolector, que finalmente lo lleva al relleno y sólo el 10% desechan totalmente sus residuos directamente a campo abierto.

El 25% de la población ha presentado casos de diarrea en los últimos 6 meses. Las condiciones ambientales y de alimentación podrían desencadenar este tipo de enfermedad infecciosa, sin embargo, no se debe descartar los procesos de tratamiento, manipulación y almacenamiento del agua de consumo.

Diversas enfermedades infecciosas en el mundo son causadas por la contaminación del agua de consumo humano y la falta de saneamiento (Torres, Cruz y Patiño, 2009:81 y Peláez, Guzmán, Rodríguez, Acero y Nava, 2016:170). Diversos factores hacen que la presencia de virus en el agua tenga gran relevancia para la salud pública. Los virus entéricos pueden sobrevivir y mantener su capacidad infecciosa en el agua durante periodos prolongados, y se ha reportado su presencia hasta durante 120 días en agua dulce y 130 días en agua de mar, dependiendo de las condiciones ambientales a las que se sometan (Fong 2005 citado por Peláez *et al.*, 2016:170-171).

#### *4.1.4 Caracterización de las fuentes de abastecimiento asociadas con el suministro de agua en el centro poblado*

Se obtuvieron los siguientes resultados del Mapa de Riesgo, para el Resguardo Alto Cartagena, Ricaurte (Nariño), de acuerdo a los lineamientos de la Resolución 4716 de 2010.

**Departamento:** Nariño; **Municipio:** Ricaurte; **Localidad:** Vereda Santa Clara, resguardo indígena Alto Cartagena. **Fuente abastecedora:** Quebrada Sin Nombre; **Coordenadas pun-**

**tos en donde se tomaron las muestras:** Bocatoma Punto 1,  $1^{\circ}13'23.18''N$  y  $77^{\circ}59'24.74''O$ ; Aguas Arriba Punto 2,  $1^{\circ}13'24.23''N$  y  $77^{\circ}59'24.20''O$ .

Aguas arriba de la bocatoma, no se observó ningún tipo de impacto, esto se debe a que el predio pertenece a un integrante de la comunidad quien no hace uso de las tierras, la comunidad menciona que el propietario brindó las tierras para recuperación de biodiversidad, convirtiendo el lugar en el sitio propicio para la captación del recurso hídrico que abastece a la vereda Santa Clara. No se observaron plantaciones de ninguna especie, el uso de las tierras está dispuesto para la vegetación y fauna propias de la zona.

En la Figura 4-12, se visualiza el registro fotográfico de la inspección ocular realizada en el Resguardo indígena Alto Cartagena.



Figura 4-12. Registro fotográfico de los recorridos de campo realizados en el Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

No se encontraron cultivos por encima de la bocatoma o captación de agua, ni en las riberas de las fuentes de abastecimiento; pero si, protección con bosque ripario caracterizado por vegetación nativa, lo que permitió definir el análisis de los siguientes parámetros para determinar la calidad del agua y con ello, calcular el IRCA: pH, color aparente, turbiedad, alcalinidad total, hierro, sulfatos, cloruros, cloro residual, dureza total, coliformes totales *Escherichia coli*.

**LOCALIZACIÓN BOCATOMA DE LA QUEBRADA SIN NOMBRE EN EL MUNICIPIO DE RICAURTE**

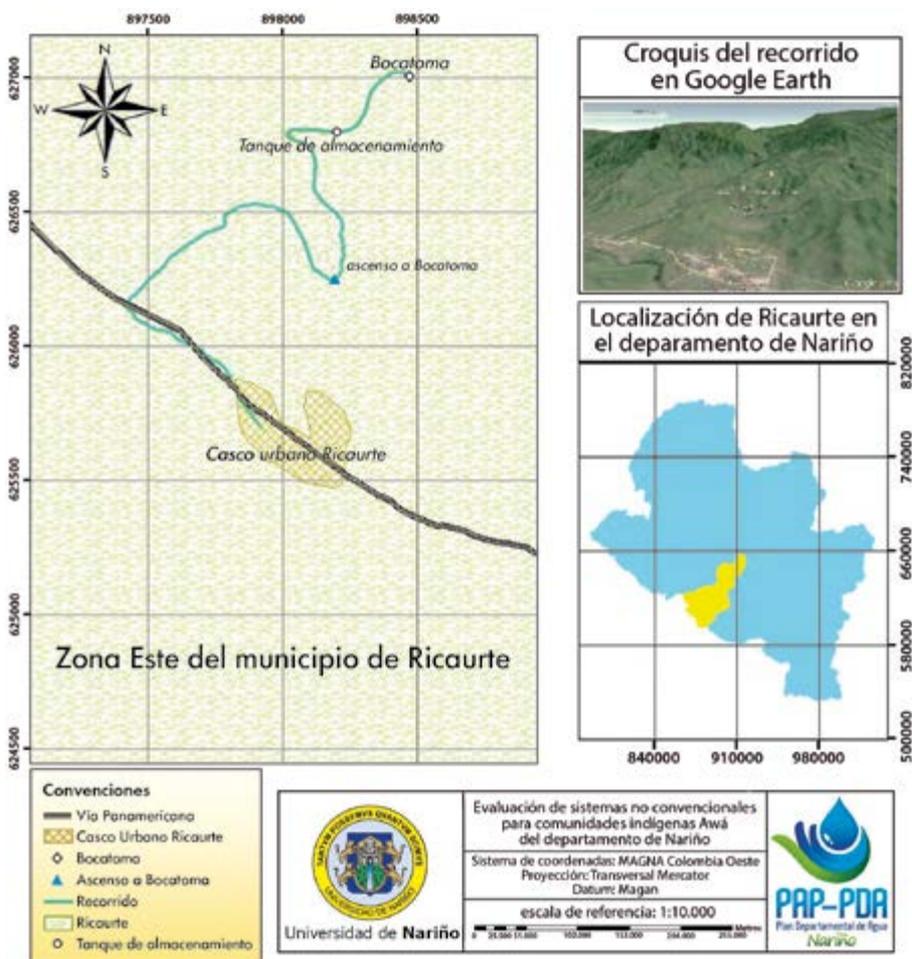


Figura 4-13. Mapa de riesgo para el Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

## Resultados del análisis de calidad del agua

En la Tabla 4-4, se reportan los resultados de calidad de agua cruda y en la Tabla 4-5, resultado de la calidad de agua en vivienda.

**Tabla 4-4. Reporte de resultados de la calidad de agua cruda, Resguardo Indígena Alto Cartagena- Q. Sin Nombre (Punto de muestreo-bocatoma), 2016.**

Parámetro	Unidades	Resultado	Valores aceptables	Diagnóstico
pH	pH	6,8	6,5-9	CUMPLE
Color Aparente	UPC	3	15	CUMPLE
Turbiedad	NTU	0,35	2	CUMPLE
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	60	200	CUMPLE
Hierro	mg Fe/L	0,14	300	CUMPLE
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /L	1	250	CUMPLE
Cloruros	Mg Cl-/L	10	250	CUMPLE
Cloro residual	Mg Cl <sub>2</sub> /L	0,02	200	CUMPLE
Dureza total	Ppm CaCO <sub>3</sub>	32	300	CUMPLE
Coliformes totales	NMP/100 ml	17	0	NO CUMPLE
<i>Escherichia Coli.</i>	NMP/100 ml	Menor a 1	0	NO CUMPLE

**Tabla 4-5. Reporte de resultados de calidad de agua en el Resguardo Indígena Alto Cartagena- Q. Sin Nombre (punto de muestreo-vivienda), 2016.**

Parámetro	Unidades	Resultado	Valores aceptables	Diagnóstico
pH	pH	7,0	6,5-9	CUMPLE
Color Aparente	UPC	5	15	CUMPLE
Turbiedad	NTU	0,49	2	CUMPLE
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	62	200	CUMPLE
Hierro	mg Fe/L	0,01	300	CUMPLE
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /L	1	250	CUMPLE
Cloruros	Mg Cl-/L	13,3	250	CUMPLE
Cloro residual	Mg Cl <sub>2</sub> /L	0,09	200	CUMPLE
Dureza total	Ppm CaCO <sub>3</sub>	60	300	CUMPLE
Coliformes totales	NMP/100 ml	79	0	NO CUMPLE
<i>Escherichia Coli.</i>	NMP/100 ml	49	0	NO CUMPLE

Se pudo determinar que, en los puntos de muestreo, se cumplen con la mayoría de los parámetros físico-químicos de calidad de agua; sin embargo, microbiológicamente no cumplen con la normatividad, por tanto, los sistemas de tratamiento no convencionales, se convierten en una alternativa adecuada.

La Tabla 4-6, indica los valores reportados por los análisis de laboratorio, y los valores de puntaje de riesgo determinados por la Resolución 2115 de 2007 para el análisis del IRCA, aguas arriba de la bocatoma.

**Tabla 4-6. Análisis IRCA, muestra de agua cruda, punto de muestreo aguas arriba-bocatoma, Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.**

Parámetro	Unidades	Valor Admisible	Valor Reportado	Puntaje de Riesgo	Puntaje IRCA
pH	pH	6,5-9,0	6,8	1,5	0
Color Aparente	UPC	15	3	6	0
Turbiedad	NTU	2	0,35	15	0
Alcalinidad total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	200	60	1	0
Hierro	mg/l Fe	0,3	0,14	1,5	0
Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub>	250	1	1	0
Cloruros	mg/l Cl-	250	10	1	0
Cloro residual	mg/l Cl <sub>2</sub>	0,2-0,3	0,02	15	0
Dureza total	ppm CaCO <sub>3</sub>	300	32	1	0
Coliformes totales	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	0	17	15	15
Escherichia Coli.	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	0	menor a 1	25	25
<b>Total Puntaje de Riesgo</b>				<b>83</b>	<b>40</b>

Teniendo en cuenta los resultados del IRCA por muestra (48,2%), se define un Nivel de Riesgo Alto del agua suministrada para el consumo humano. López, Martínez y Almarino (2016:74), reportan para los municipios Ambalema y Planadas, departamento del Tolima, un IRCA de 41,26% para el 2012 y 37,55% para el 2013, relativos a nivel de Riesgo Alto en ambos años, similar a los

resultados calculados para el Resguardo indígena Alto Cartagena. Además, manifiestan que existen muestras con información inconsistente en el reporte del Sivicap que alteran significativamente el resultado del IRCA. Por otra parte, Pérez, Díaz, Salamanca y Rojas (2016:277), manifiestan que, por el riesgo para la salud, es necesario considerar opciones de abastecimiento y tratamiento de agua de bajo costo, simples y de fácil aceptación social.

En la Tabla 4-7, se indican los valores reportados por los análisis de laboratorio, y los valores de puntaje de riesgo determinados por la Resolución 2115/07 para el análisis del IRCA, punto de muestreo vivienda.

**Tabla 4-7. Análisis IRCA, muestra de agua, punto de muestreo vivienda vereda Santa Clara, Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.**

Parámetro	Unidades	Valor admisible	Valor reportado	Puntaje de riesgo	Puntaje IRCA
pH		6,5-9,0	7	1,5	0
Color Aparente	UPC	15	5	6	0
Turbiedad	NTU	2	0,49	15	0
Alcalinidad total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	200	62	1	0
Hierro	mg/l Fe	0,3	0,01	1,5	0
Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub>	250	1	1	0
Cloruros	mg/l Cl <sup>-</sup>	250	13,3	1	0
Cloro residual	mg/l Cl <sub>2</sub>	0,2-0,3	0,09	15	0
Dureza total	ppm CaCO <sub>3</sub>	300	60	1	0
Coliformes totales	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	0	79	15	15
Escherichia Coli.	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	0	49	25	25
<b>Total</b>				<b>83</b>	<b>40</b>

Teniendo en cuenta los resultados del IRCA por muestra (48,2%), se define un nivel de Riesgo Alto del agua suministrada para el consumo humano, según lo establecido en la Resolución 2115 de 2007, se determina que el agua proveniente de la quebrada

Sin Nombre, no es apta para consumo humano, disponiendo de manera inmediata gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional, con la respectiva información del hecho a la persona prestadora, al Comité de Vigilancia Epistemológica (COVE), Alcalde, Gobernador, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), Instituto Nacional de Salud (INS), Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MADS), Contraloría General y Procuraduría General.

Con lo señalado, se ve la necesidad de implementar nuevas estrategias de planeación con hechos que involucran a autoridades, población y el sector educativo con el fin de concertar acciones que permitan el mejoramiento de la calidad de vida de las personas, y relaciones armónicas con su medio ambiente, a través del fortalecimiento participativo que pueden coadyuvar con la construcción social de una realidad, basada en acciones de diálogos, decisiones y consensos (Leonel *et al.*, 2010:269).

#### ***4.1.5 Caracterización de los sistemas comunitarios e individuales de abastecimiento de agua en el centro poblado***

El sistema de abastecimiento comunitario, cuenta con: captación de agua y un tanque de almacenamiento. La captación es realizada directamente en el nacimiento de la quebrada Sin Nombre, a una altura de 1393 m.s.n.m., construida en concreto reforzado, con una rejilla de captación de 0,6 m y una cajilla de inspección con válvula de 2", construida en mayo de 2015 por ACNUR. La conducción se realiza en manguera diámetro 2" en una longitud total de 500 m y el tanque de almacenamiento, está construido en concreto reforzado, sus dimensiones son 2 x 2 x 1.50 m; la salida se realiza en manguera diámetro 1½" que conduce el agua hacia el resguardo.

#### ***4.1.6 Determinación de las condiciones higiénicas locativas de las viviendas en el centro poblado***

El 84% de la comunidad posee vivienda propia, el 11% vive en arriendo y el 5% en vivienda prestada, generalmente por los familiares más cercanos.

De acuerdo a las condiciones climáticas, el acceso a materiales en la zona de estudio y la capacidad económica de las familias, la vivienda se caracteriza por tener construcciones en madera y cubiertas en zinc, están construidas distantes del piso, con el fin de contrarrestar los efectos de la humedad y evitar el acceso de animales. El porcentaje de tipo de vivienda que posee la comunidad y los materiales con los cuales se encuentran construidas se detallan en la Tabla 4-8, Tabla 4-9 y Tabla 4-10, descritas a continuación:

Tabla 4-8. Tipo de vivienda según materiales utilizados por los pobladores del resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

Rancho	Tipo de vivienda			
	Casa de madera	Casa de madera mejorada	Casa en material	Casa en material mejorada
4%	59%	9%	11%	18%

Tabla 4-9. Materiales utilizados por los pobladores del resguardo indígena Alto Cartagena, para la construcción de las viviendas, 2016.

Material de construcción de la vivienda								
Techo			Piso			Pared		
Zinc	Concreto	Otros	Cemento, Baldosa	Madera	Tierra	Cemento, Ladrillo	Madera	Otros
92,86%	3,57%	3,57%	44,64 %	53,57%	1,79%	35,71%	60,71%	3,57%

Tabla 4-10. Separación de ambientes en las viviendas del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

Ambientes de la vivienda	Separación de ambientes	
	Si	No
Cocina	88%	13%
Dormitorio adultos	75%	25%
Sanitario	82%	18%
Lavadero techado	84%	16%

Aunque existe una división o separación para cada actividad que se realiza dentro de la vivienda como se indica en la Tabla 4-10, la inspección visual permite evidenciar problemas de hacinamiento, deterioro en las construcciones, los espacios son reducidos y escasa iluminación y ventilación.

En general, las viviendas cuentan con los servicios de sistema de abastecimiento de agua y energía, pero estos son precarios, y debido a la dispersión de las mismas, no existe un adecuado sistema de disposición final de aguas residuales domésticas. Por esto, es necesario, promover la estrategia de vivienda saludable, propuesta por la Organización Panamericana de la Salud -OPS (2011), en conjunto con el Instituto Departamental de Salud de Nariño (IDSN), líderes y gestores de esta estrategia en el departamento.

En la Figura 4-14 y Figura 4-15, se visualizan los materiales y tipo de vivienda usada por la comunidad indígena del Resguardo Alto Cartagena.

Los principales factores de riesgo que afectan la salud humana en la vivienda son, entre muchos otros, los materiales inadecuados de construcción, el almacenamiento inadecuado del agua y su consecuente contaminación, la inadecuada manipulación de alimentos, la falta de higiene y cuidado en la tenencia de animales domésticos, el uso y manipulación de químicos sin precaución, el manejo y eliminación inadecuado de excretas y basura; que pueden ocasionar enfermedades diarreico agudas, gastroenteritis, cólera y salmonelosis entre otras (Alzate, Vélez y López, 2012:42).

#### **4.1.7 Organización comunitaria**

El resguardo Alto Cartagena cuenta con su cabildo legalmente constituido; compuesto por un gobernador, suplente del gobernador, tesorero, fiscal y varios alguaciles, desempeñando funciones administrativas, legislativas y judiciales dentro del territorio; también ofrecen toda la información de la comunidad, sus habitantes y del territorio que habitan. Cuando es necesario realizar mantenimientos a las diferentes estructuras que se encuentran dentro del territorio, el cabildo llama a la comunidad para que participe en mingas en pro del desarrollo de su resguardo. Para el manejo del sistema de abastecimiento, no cuentan con un fontanero, ni con personal que lo administre.



Figura 4-14. Vivienda en madera y techo de zinc, Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.



Figura 4-15. Vivienda en ladrillo y techo de zinc, Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

En el 2012, World Health Organization (WHO) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Unicef) citados por Bernal, Rivas y Peña (2014:161), manifiestan que es deseable que los gobiernos nacionales y locales apoyen la gestión comunitaria desde los diferentes niveles de gobierno, contribuyendo a la sostenibilidad del recurso hídrico y al acceso al agua potable y saneamiento en áreas rurales. Por otra parte, el reconocimiento de los valores comunitarios desde la perspectiva conceptual y empírica, promueve la gestión comunitaria como escenario para el desarrollo, y numerosas estrategias de acceso al agua enfocadas en el fortalecimiento de la gestión local y el estímulo a la participación colectiva (Bernal *et al.*, 2014:163).

#### 4.2 Formulación y diseño de una estrategia para mejorar las condiciones de calidad en el abastecimiento de agua.

En la Tabla 4-11, se muestran los indicadores de cada análisis, mostrándonos el cumplimiento o no de los criterios previamente establecidos:

Tabla 4-11. Resultados del análisis de criterios con la metodología Seltec ajustada, para tecnologías no convencionales, Resguardo indígena Alto Cartagena, Nariño, 2016.

Método no convencional	Institucionalización de la tecnología	Aspectos socioculturales de la localidad	Disponibilidad de recursos y materiales	Riesgo sanitario y eficiencia de las tecnologías	Análisis de costos	Capacidad y disponibilidad de pago
A	NC	NC	NC	NC	NC	NC
B	NC	SC	SC	NC	SC	SC
C	NC	NC	NC	NC	NC	NC
D	NC	NC	NC	NC	NC	NC
E	SC	SC	SC	SC	SC	SC
F	SC	SC	SC	SC	SC	SC
G	SC	SC	SC	SC	SC	SC

Convenciones: NC: no cumple, SC: si cumple

A: Sistema de Filtración Residencial AP Easy LC; B: Filtro multicapas Max Power; C: Pimag Pi Water; D: Aquaphor Modern; E: Filtros de vela filtrante; F: Filtron (filtro de cerámica para agua potable) y G: Tecnología de membranas ultrafiltración.

De acuerdo con el análisis anterior, se determinó que el sistema con mayor opción para ser implementado en el Resguardo indígena Alto Cartagena, es el de tecnología de membranas ultrafiltración, que garantizan una mayor remoción de patógenos que afectan la salud de las personas y son de fácil manipulación y manejo.

Dentro del mercado colombiano, se escogieron dos sistemas con tecnologías de ultrafiltración los cuales se describen en la Tabla 4-12.

**Tabla 4-12. Costos aproximados de los sistemas no convencionales seleccionados**

<b>Filtro</b>	<b>Empresa distribuidora</b>	<b>Valor aproximado * COP</b>
LifeStraw Family	Iwana Green	\$180.000
Sawyer PointONE	Sawyer Colombia	\$200.000

\* Valor sujeto a variación en el precio del dólar.

## **CARACTERÍSTICAS DE LOS FILTROS SELECCIONADOS**

LifeStraw® Family y LifeStraw® Community son los dos únicos tratamientos domésticos de agua del mundo con la máxima calificación (tres estrellas) otorgada por la Organización Mundial de la Salud en el grado de Protección Exhaustiva contra los tres tipos de patógenos presentes en el agua no tratada; retiene mínimo 99,9999% bacterias ( $>6 \log_{10}$ ), 99,999% virus ( $>5 \log_{10}$ ), 99,99% parásitos ( $>4 \log_{10}$ ), elimina la turbidez mediante la filtración de partículas (bacterias, parásitos y virus), pero su manejo no es seguro (Figura 4-16).

Los LifeStraw® Family se caracterizan por: TDA de Membrana de Ultrafiltración de tecnología suiza, máxima Calificación de tres estrellas por parte de la OMS en el grado de protección exhaustiva contra los tres tipos de patógenos presentes en el agua no tratada, excede los requerimientos de la OMS para la alta protección a la Salud, cumple con las regulaciones EPA del agua potable, no requiere pilas ni energía eléctrica, no necesita repuestos, no requiere de un flujo de agua adicional para operar,

puede funcionar con aguas turbias, Todas las materias primas cumplen con los requisitos de la FDA o equivalentes, no requiere de mantenimiento adicional, tanto el pre-filtro como el cartucho de ultrafiltración son fáciles de limpiar, y es fácil de empacar, transportar y almacenar.



< Figura 4-16. Filtro Life Straw Family, instalado en vivienda tipo del resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.



^  
Figura 4-17. Filtro Sawyer PointONE, instalado en una vivienda tipo del Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

El filtro de agua biológico Sawyer PointONE, tiene una tasa de extracción de 0,1 micrones absolutos. Con un registro de tasa de 7 log (99,99999%), este filtro supera todas las recomendaciones de la EPA y la NSF; sirve como kit de preparación y de emergencias de agua para sitios aislados en zonas urbanas, rurales y periurbanas. El filtro de membrana de fibra robusta hueca, elimina el 99,99999% de todas las bacterias como la salmonela, *E. coli* y cólera; elimina el 99,9999% de todos los protozoos como la *giardia* y *cryptosporidium* (Sawyer Colombia S.A.S, 2015:3).

Este filtro (Figura 4-17), tiene la capacidad de utilizarse conectado a un balde estándar de 20 litros o conectándolo a cualquier grifo (llave, canilla, ducha) de rosca universal. Adaptable a la llave de ganso (Adaptador no incluido). Este sistema de filtración puede producir desde 100 hasta 500 litros de agua limpia al día desde cualquier fuente de agua dulce (dependiendo de la turbiedad del agua y la presión). Su instalación tarda solo unos minutos, no necesita químicos, ni electricidad para su funcionamiento. Funciona con la gravedad, pero también es resistente a la presión del agua (40 psi); puede durar por décadas, siempre y cuando se le haga mantenimiento regular y adecuado (Sawyer Colombia S.A.S., 2015:3).

#### **4.3 Seguimiento de la implementación de la estrategia diseñada con énfasis en el mejoramiento de la calidad del agua para el centro poblado seleccionado**

A través del trabajo de los talleres participativos, se determinaron las necesidades fundamentales que se relacionan directamente con el concepto de agua, con el fin de profundizar en los siguientes talleres de formación:

- Diagnóstico participativo
  - Organización comunal
  - Abastecimiento de agua y saneamiento
- Agua y salud
  - Identificar la contaminación ambiental que existe en la comunidad y sus implicaciones negativas con relación al agua.
  - Conocer las medidas necesarias para evitar la contaminación del agua.
  - La importancia del agua en la salud de la comunidad
- Contaminación del agua
  - Consecuencias del consumo de agua sin tratar, enfermedades de origen hídrico.
- Formulación de proyectos



Figura 4-18. Participantes en talleres de formación para el manejo y potabilización de agua, Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

Los talleres priorizados se llevaron a cabo teniendo en cuenta las necesidades y afectaciones que con respecto al recurso hídrico se tienen en la comunidad, de una forma dinámica, incluyente y participativa (Figura 4-18).

### **Evaluación de los talleres**

El 95% de los participantes evaluaron su apreciación sobre la metodología, los facilitadores, la animación y el grupo de trabajo con una calificación excelente, el 5% restante con una calificación buena. Finalmente, el 90% de los participantes afirmó que su aprendizaje se enriqueció de manera significativa con las actividades desarrolladas en el taller. De igual modo, la comunidad manifestó su conformidad con el grupo de trabajo y el proyecto, expresándose de manera muy positiva y colaborativa en el transcurso de la totalidad de las actividades, considerando

que las actividades adelantadas a través de los juegos, facilitó la aprehensión y comprensión de las temáticas tratadas.

Leonel, Rivas y Luna (2013:224), manifiestan que es necesaria la implementación de herramientas didácticas innovadoras, que permitan o faciliten la formación de individuos reflexivos, críticos y autónomos; lo cual conlleva a su vez, a la generación de un enfoque pedagógico con la lúdica, como estrategia facilitadora de los procesos de educación. Con las comunidades de las veredas Marqueza Alta, municipio de Tangua, Cariaco Alto, municipio de Consacá y San Felipe, municipio de Pasto, concluyeron que, con la utilización del juego, el aprendizaje se facilita y se fomenta la creatividad, el respeto por los demás, desarrollo de competencias ciudadanas orientadas a atender y cumplir reglas, desarrollos individuales en términos de autonomía y autovaloración (Leonel, *et al.*, 2013:230).

#### **4.4 Seguimiento a la eficiencia de la tecnología y a la adopción social por parte de la comunidad**

La Tabla 4-13, muestra los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados a cada muestra tomada, al igual que el tipo de sistema no convencional utilizado.

Como se puede evidenciar en la Tabla 4-13, los valores arrojados en el 100% de los parámetros analizados, se encuentran dentro de los límites admisibles, según la Resolución 2115 del 2007, lo cual refleja el cumplimiento de las expectativas presentes al momento de la selección de los sistemas implementados, garantizando agua de calidad para los beneficiarios de los sistemas no convencionales, debido a que con el monitoreo, se verifica que no presentan contaminación.

En la Tabla 4-14 continuación, se presenta el IRCA para aguas tratadas con sistema no convencional tipo Sawyer y LifeStraw.

Tabla 4-13. Resultados pruebas de calidad de agua para los sistemas no convencionales de potabilización, un día después de implementados, Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

Vi- vien- da	Tipo de sistema no con- vencional	pH	Parámetros Físicoquímicos					Parámetros Microbiológicos					
			Límite admisible/ unidades	Color apa- rente	Límite admisible/ unidades	Turbidez admisible/ unidades	Límite admisible/ unidades	Nitritos	Límite admisible/ unidades	Coli- formas Totales	Límite admisible/ unidades	<i>Escheri- chia coli</i>	Límite admisible/ unidades
1	Sawyer	7,47	6,5-9,0	< 1	< 15 UPC	0,07	< 2,0	0,004	< 0,1	< 1	< 1,0	< 1	< 1,0
2	Sawyer	7,8	6,5-9,0	< 1	< 15 UPC	0,07	< 2,0	0,002	< 0,1	< 1	< 1,0	< 1	< 1,0
3	Sawyer	7,82	6,5-9,0	1	< 15 UPC	0,08	< 2,0	0,04	< 0,2	< 1	< 1,0	< 1	< 1,0
4	Sawyer	7,87	6,5-9,0	1	< 15 UPC	0,13	< 2,0	0,08	< 0,2	< 1	< 1,0	< 1	< 1,0
5	Sawyer	7,82	6,5-9,0	1	< 15 UPC	0,13	< 2,0	0,003	< 0,3	< 1	< 1,0	< 1	< 1,0
6	Sawyer	7,86	6,5-9,0	1	< 15 UPC	0,08	< 2,0	0,003	< 0,3	< 1	< 1,0	< 1	< 1,0
9	Iwana Green	7,46	6,5-9,0	< 1	< 15 UPC	0,06	< 2,0	0,009	< 0,4	< 1	< 1,0	< 1	< 1,0
10	Sawyer	7,3	6,5-9,0	< 1	< 15 UPC	0,08	< 2,0	0,003	< 0,4	< 1	< 1,0	< 1	< 1,0
11	Iwana Green	7,48	6,5-9,0	2	< 15 UPC	0,10	< 2,0	0,005	< 0,5	< 1	< 1,0	< 1	< 1,0
12	Sawyer	7,37	6,5-9,0	< 1	< 15 UPC	0,09	< 2,0	0,004	< 0,5	< 1	< 1,0	< 1	< 1,0
13	Sawyer	7,26	6,5-9,0	1	< 15 UPC	0,11	< 2,0	0,004	< 0,6	< 1	< 1,0	< 1	< 1,0

**Tabla 4-14. Cálculo índice de riesgo de calidad de agua para los sistemas no convencionales de potabilización implementados en el Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.**

Parámetro	Unidades	Valor Admisible	Valor Reportado	Puntaje de Riesgo	Puntaje IRCA
pH		6,5-9,0	Dentro de los límites	1,5	0
Color Aparente	UPC	< 15	Dentro de los límites	6	0
Turbiedad	NTU	2	Dentro de los límites	15	0
Nitritos	Mg/l NO <sub>2</sub>	< 0.1	Dentro de los límites	1	0
Coliformes totales	NMP en 100 cm <sup>3</sup>	<1	Dentro de los límites	15	0
Escherichia coli.	NMP en 100 cm <sup>3</sup>	<1	Dentro de los límites	25	0
<b>Total</b>				<b>63.5</b>	<b>0</b>

Teniendo en cuenta los resultados del IRCA, para el total de las once muestras de las viviendas beneficiarias, tanto con sistema no convencional tipo Sawyer como tipo LifeStraw, se determinó que no presentan riesgo para consumo humano, según lo establecido en la Resolución 2115/2007, evidenciándose que las tecnologías implementadas, cumplen con las necesidades de la población de proveer de agua segura, contribuyendo a garantizar mejor calidad de vida de las familias beneficiadas, disminuyendo el riesgo de contraer enfermedades que se presentan por el consumo de agua no apta.

En la Tabla 4-15, se muestran los resultados del segundo muestreo de calidad de agua, realizado a algunas familias beneficiadas (quince) con la implementación de los sistemas no convencionales, de las cuales ocho con tecnología de ultrafiltración de tipo LifeStraw y siete familias con tecnología tipo Sawyer.

Los valores asociados a las pruebas fisicoquímicas, realizadas al 100% de las muestras tomadas tanto para sistemas no convencionales Sawyer como LifeStraw, están dentro de los límites admisibles establecidos por la normativa colombiana vigente; para el caso de los parámetros microbiológicos, en lo relacionado a coliformes totales, en el sistema no convencional tipo LifeStraw, tres de ellas arrojaron valores de 1600 NMP/100ml, y cinco valores de 2400 NMP/100ml, donde de acuerdo con la normativa vigente el límite admisible para este parámetro es de <1 NMP/100ml,

Tabla 4-15. Resumen resultados de análisis del segundo muestreo.

Casa	Tipo de TDA	PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS						PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS				
		pH	Límites Admisibles	Color Aparente UPC	Límites Admisibles	Turbidez NTU	Límites Admisibles	Nitritos mg/NO2	Límites Admisibles	Coliformes Totales NMP en 100 ml	Límites Admisibles	<i>Escherichia</i> <i>Coli</i> NMP en 100 ml
7	LifeStraw	7.51	6.5-9.0	<1	<15	0.16	<2.0	0.004	<0.1	1600	<1	<1
8	LifeStraw	6.82	6.5-9.0	<1	<15	0.11	<2.0	0.009	<0.1	2400	<1	<1
9	LifeStraw	7.5	6.5-9.0	<1	<15	0.89	<2.0	0.009	<0.1	1600	<1	<1
18	LifeStraw	7.67	6.5-9.0	<1	<15	0.43	<2.0	0.005	<0.1	2400	<1	<1
19	LifeStraw	7.54	6.5-9.0	<1	<15	0.30	<2.0	0.003	<0.1	2400	<1	<1
26	LifeStraw	8.2	6.5-9.0	2	<15	0.11	<2.0	0.005	<0.1	2400	<1	<1
34	LifeStraw	7.4	6.5-9.0	<1	<15	0.22	<2.0	0.004	<0.1	1600	<1	<1
36	LifeStraw	7.9	6.5-9.0	2	<15	0.08	<2.0	0.004	<0.1	2400	<1	<1
10	Sawyer	7.9	6.5-9.0	<1	<15	0.14	<2.0	0.005	<0.1	2400	<1	<1
11	Sawyer	7.7	6.5-9.0	<1	<15	0.10	<2.0	0.004	<0.1	1600	<1	<1
12	Sawyer	7.77	6.5-9.0	<1	<15	0.24	<2.0	0.003	<0.1	1600	<1	<1
13	Sawyer	7.8	6.5-9.0	<1	<15	0.09	<2.0	0.003	<0.1	2400	<1	<1
39	Sawyer	7.9	6.5-9.0	2	<15	0.35	<2.0	0.006	<0.1	2400	<1	<1
41	Sawyer	7.8	6.5-9.0	<1	<15	0.08	<2.0	0.005	<0.1	1600	<1	<1
55	Sawyer	6.82	6.5-9.0	2	<15	0.008	<2.0	0.008	<0.1	2400	<1	<1

lo cual indicó que se presenta algún factor que está causando la contaminación del agua por agentes microbiológicos.

En lo relacionado a los resultados arrojados para el análisis de *Escherichia coli*, el total de las muestras analizadas para sistemas no convencionales tipo LifeStraw, están dentro de los límites admisibles establecidos por la normatividad vigente.

Los resultados arrojados por los análisis microbiológicos llevados a cabo a las muestras tomadas en las viviendas beneficiadas con el sistema no convencional tipo Sawyer, evidenciaron que cuatro de ellas presentaron valores de 2400 NMP/100 ml, y tres valores de 1600 NMP/100 ml para coliformes totales; en lo relacionado a *Escherichia coli*, del total de las muestras tomadas a sistemas tipo Sawyer, solo en uno de los siete muestreos se presentó un valor de 2 NMP/100 ml, valor que está por encima del límite admisible por la norma en relación a la calidad del agua para consumo.

El cálculo del IRCA que se presenta en la Tabla 4-16, es válido para las catorce muestras que presentaron valores por encima de los límites admisibles establecidos por la norma vigente, resaltando que el total de estas muestras presentan valores dentro de los límites establecidos por la normativa, para *Escherichia coli*, valores que no sobrepasan la unidad NMP/ 100ml.

Tabla 4-16. Cálculo IRCA para el muestreo dos en sistemas no convencionales de potabilización de agua implementados en viviendas para el Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

Característica	Unidades	Valor Admisible	Valor Reportado	Puntaje de Riesgo	Puntaje IRCA
pH		6,5-9,0	Dentro de los límites	1,5	0
Color Aparente	UPC	< 15	Dentro de los límites	6	0
Turbiedad	NTU	2	Dentro de los límites	15	0
Nitritos	Mg/l NO <sub>2</sub>	< 0.1	Dentro de los límites	1	0
Coliformes totales	NMP en 100 cm <sup>3</sup>	<1	1600 o 2400	15	15
Escherichia Coli.	NMP en 100 cm <sup>3</sup>	<1	Dentro de los límites	25	0
<b>Total</b>				<b>63,5</b>	<b>15</b>

Teniendo en cuenta los resultados del IRCA para el total de las catorce muestras realizadas en las viviendas beneficiarias, se determinó un riesgo medio, lo cual puede obedecer a una inadecuada manipulación de estos; las viviendas presentan hacinamiento de cuatro a cinco personas por habitación; manejo de los residuos ordinarios y orgánicos dentro de las viviendas, sin una disposición adecuada, y la presencia de vectores transmisores de contaminantes.

Vidal (2010:12), infiere que el agua de buena calidad, cantidad y regularidad en las comunidades rurales y urbanas es parte fundamental para el mejoramiento de las condiciones de vida, pero puede verse comprometida cuando bacterias, virus o parásitos dañinos pueden contaminar el agua potable; entonces se hace evidente la necesidad del tratamiento del agua en el sitio de consumo, debido a que las condiciones, la inadecuada manipulación, el mal estado de las tuberías y la contaminación cruzada hace que el agua se vuelva insalubre y afecte directamente la salud del consumidor.

Dentro del tercer muestreo realizado, se encontró que el 33% de las muestras arrojaron resultados que se encuentran dentro de los límites admisibles de la Resolución 2115/07, dos correspondientes al sistemas tipo LifeStraw, y uno al sistema tipo Sawyer, lo cual determinó que no hay riesgo según el cálculo del IRCA; sin embargo el 25% tuvo presencia de *E. coli* y coliformes totales (Tabla 4-17), significando que no hay una adecuada operación y mantenimiento de los sistemas, en consecuencia, se hizo necesario reforzar con talleres el tema de viviendas saludables.

En el proceso de seguimiento, el 89,4% de familias localizaron los sistemas en la cocina, el 15,3% en el dormitorio y el 4,3% en la sala.

En la Tabla 4-18 se resumen los resultados del cuarto seguimiento en la calidad de agua con relación a los parámetros físico-químicos y microbiológicos, de los sistemas no convencionales

implementados en la comunidad indígena del Resguardo Alto Cartagena.

Tabla 4-17. Resultados del tercer muestreo en sistemas no convencionales de potabilización de agua implementados en el Resguardo indígena Alto Cartagena, 2016.

Viviendas	Tipo de sistemas	Parámetros fisicoquímicos				Parámetros microbiológicos	
		pH	Color Aparente/ UPC	Turbidez/ NTU	Nitritos	Coliformes Totales	<i>Escherichia Coli</i>
22	LifeStraw	6,5	3	0,13	0,004	<1	<1
25	LifeStraw	6,7	8	0,13	0,039	2400	15
27	LifeStraw	6,65	9	0,12	0,005	<1	<1
21	Sawyer	6,75	12	0,10	0,005	2400	15
24	Sawyer	6,52	6	0,28	0,006	2400	32
30	Sawyer	6,7	2	0,08	0,004	540	<1
31	Sawyer	6,65	2	0,17	0,004	<1	<1
32	Sawyer	6,7	<1	0,10	0,005	2400	<1
33	Sawyer	6,55	1	0,18	0,005	540	<1
40	Sawyer	6,81	4	0,15	0,005	2400	240
Límites Permisibles		6,5-9	<15	<2,0	<0,1	<1	<1

En el cuarto seguimiento, se encontró que siete de las muestras arrojaron resultados que se encuentran dentro de los límites admisibles definidos en la Resolución 2115/07, de las cuales, seis pertenecían a sistemas tipo Sawyer y una al tipo LifeStraw, por lo tanto, el índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) arroja valores de cero (0), indicando que el agua es apta para consumo y que no representa riesgo alguno para los consumidores.

Una de las muestras tomada de un sistema tipo Sawyer, arrojó un valor por encima de los límites admisibles en lo relacionado al parámetro fisicoquímico nitritos, siendo la única muestra que se encuentra con valores altos en este parámetro; por otra parte, una de las muestras arrojó valores por encima de los estándares

Tabla 4-18. Resultados del cuarto muestreo de los parámetros, físico-químicos y microbiológicos, de los sistemas no convencionales implementados en la comunidad indígena del Resguardo Indígena Alto Cartagena, 2016.

Casa	Tipo de TDA	Parámetros físico-químicos					Parámetros microbiológicos						
		pH	Límites Admisibles	Color aparente/UPC	Límites Admisibles	Turbidez/NTU	Límites Admisibles	Nitritos Admisibles	Límites Admisibles	Coliformes totales	Límites Admisibles	<i>Escherichia coli</i> Admisibles	Límites Admisibles
15	Sawyer	7,1	6,5-9,0	<1	<15	0,25	<2,0	0,004	<0,1	2400	<1	<1	<1
17	Sawyer	6,9	6,5-9,0	8	<15	0,27	<2,0	0,003	<0,1	2400	<1	1600	<1
20	Sawyer	7,0	6,5-9,0	5	<15	0,19	<2,0	0,004	<0,1	2400	<1	220	<1
43	Sawyer	7,0	6,5-9,0	7	<15	0,16	<2,0	0,005	<0,1	2400	<1	220	<1
46	Sawyer	7,1	6,5-9,0	12	<15	0,32	<2,0	0,006	<0,1	2400	<1	<1	<1
48	Sawyer	6,7	6,5-9,0	2	<15	0,13	<2,0	0,004	<0,1	2400	<1	<1	<1
50	Sawyer	6,7	6,5-9,0	14	<15	1,16	<2,0	0,006	<0,1	2400	<1	220	<1
52	LifeStraw	6,81	6,5-9,0	23	<15	1,11	<2,0	0,006	<0,1	2400	<1	1600	<1
53	Sawyer	7,1	6,5-9,0	5	<15	0,46	<2,0	0,004	<0,1	2400	<1	1600	<1
14	Sawyer	7,0	6,5-9,0	8	<15	0,8	<2,0	0,006	<0,1	<1	<1	<1	<1
16	Sawyer	6,99	6,5-9,0	2	<15	0,11	<2,0	0,006	<0,1	<1	<1	<1	<1
23	Sawyer	6,8	6,5-9,0	3	<15	0,14	<2,0	3	<0,1	<1	<1	<1	<1
44	Sawyer	7,0	6,5-9,0	1	<15	0,11	<2,0	0,006	<0,1	<1	<1	<1	<1
47	Sawyer	6,9	6,5-9,0	<1	<15	0,7	<2,0	0,007	<0,1	<1	<1	<1	<1
49	Sawyer	6,9	6,5-9,0	4	<15	0,20	<2,0	0,005	<0,1	<1	<1	<1	<1
51	Sawyer	6,6	6,5-9,0	24	<15	2,06	<2,0	0,003	<0,1	<1	<1	<1	<1
54	Sawyer	6,9	6,5-9,0	7	<15	0,17	<2,0	0,004	<0,1	<1	<1	<1	<1
57	LifeStraw	6,8	6,5-9,0	11	<15	0,30	<2,0	0,005	<0,1	<1	<1	<1	<1
58	Sawyer	7,1	6,5-9,0	6	<15	0,38	<2,0	0,005	<0,1	<1	<1	<1	<1
59	Sawyer	6,7	6,5-9,0	1	<15	0,31	<2,0	0,005	<0,1	<1	<1	<1	<1

en parámetros como color aparente y turbidez, posiblemente por la alta pluviosidad.

Dentro de los análisis arrojados se pudo observar que nueve de las muestras recogidas, presentan valores por encima de la norma en los parámetros microbiológicos, se encontró que tres viviendas muestreadas indicaron la presencia de coliformes totales, cinco con presencia de coliformes totales y *Escherichia coli*, y tan solo una, valores por encima de los límites admisibles con relación al color aparente, coliformes totales y *Escherichia coli*.

El cálculo del IRCA indicó un nivel de riesgo bajo del agua suministrada para el consumo humano; lo cual puede obedecer a los refuerzos en los talleres sobre la importancia del manejo, manipulación adecuada de los sistemas, así como el de mantener viviendas saludables.



## 5. LECCIONES APRENDIDAS

La inclusión de variables sociales, económicas, culturales, ambientales y técnicas, permitió la selección de las tecnologías implementadas en la comunidad indígena del Resguardo Alto Cartagena, de manera adecuada, pertinente a su realidad territorial; considerando que, con la participación activa y permanente de los beneficiarios, se facilitó la ejecución de las diferentes etapas metodológicas propuestas.

La metodología aplicada a través de procesos participativos y de enseñanza-aprendizaje, con el uso de estrategias didácticas como: títeres, socio-dramas, construcción de mandalas y juegos entre otros, facilitó la comprensión de las temáticas tratadas y la comunicación entre la comunidad y los investigadores, potencializó la consolidación del tejido social, fortaleció el respeto por los otros y por la naturaleza, y aseguró la adopción social de las tecnologías implementadas.

A pesar de que las dos tecnologías implementadas en la zona de estudio (Sawyer y LifeStraw), poseen características similares y cumplieron con el objetivo de suministrar agua segura, la comunidad beneficiada (100 familias) se inclinó por la tecnología tipo Sawyer, por su fácil uso, limpieza y almacenamiento, además de ocupar menos espacio y ser más rápidos en la tasa de filtración.

Las tecnologías implementadas, contribuyeron con la disminución del riesgo de la calidad de agua para consumo humano; sin embargo, en unas pocas viviendas se encontró contaminación cruzada microbiológica, por la presencia de coliformes totales y

fecales, lo cual demostró, que es fundamental e importante los procesos de formación para la operación y mantenimiento de las tecnologías, así como el mantener las viviendas en condiciones higiénicas, en tanto, la metodología desarrollada de entornos saludables facilitó este proceso.

Se ratifica la necesidad de continuar con la implementación de estrategias que permitan el suministro de agua segura para consumo, con tecnologías no convencionales seleccionadas, para esto, las visitas de seguimiento y control a las familias reforzó la importancia de una correcta manipulación, un adecuado uso y mantenimiento de los sistemas, disminuyéndose el riesgo por contaminación cruzada.

Con los resultados de esta investigación, se demuestra que cuando se fortalecen los procesos participativos y el trabajo articulado entre la comunidad y las diferentes instituciones, para este caso, Resguardo indígena Alto Cartagena, Gobernación de Nariño, Instituto Departamental de Salud y Universidad de Nariño, se facilita el logro de los objetivos y las metas propuestas, se disminuyen costos de operación y se generan lazos que contribuyen a la consolidación del tejido social, desarrollo local y el fortalecimiento de los procesos de gobernanza ambiental y de gobernabilidad, así como contribución a los proceso de paz en Colombia, al dar solución adecuada y pertinente al conflicto socio-ambiental de la insuficiencia al acceso de agua potable o segura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, P. (2014). “Culturas tradicionales y cambios contemporáneos: el pueblo indígena Kokonuco y las tecnologías de la información y la comunicación”. *Desafíos*, Vol. 26(2), 153-179.

AGENCIA DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (USAID). “Una guía para facilitadores de talleres participativos con ONGs/OBCs que trabajan en VIL/SIDA” [Guía en internet]; s.l; s.e; marzo de 2002; disponible en: [https://www.aidsalliance.org/assets/000/001/048/fgs0302\\_Facilitators\\_guide\\_sp\\_original.pdf?1413459083](https://www.aidsalliance.org/assets/000/001/048/fgs0302_Facilitators_guide_sp_original.pdf?1413459083); acceso el 20 de octubre de 2017. 17p.

ALZATE, E.; VÉLEZ, M. y LÓPEZ, Y. (2011). “Vivienda nueva rural enmarcada en la estrategia de vivienda saludable: Copacabana, Antioquia (Colombia)”, *Hacia la Promoción de la Salud*. Vol. 17(2), pp. 40-59.

ARNAL, J.; GARCÍA, B.; SANCHO, M.; LORA, J.; VERDÚ, G. & ANTOLÍ, A. (2006). *Aquapot: Descripción del centro de investigación de Náquera (CIN). Apoyo en la aplicación de instalaciones de potabilización mediante tecnología de membranas*. X Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, p. 1430-1440. Disponible en: [http://www.aeipro.com/files/congresos/2006valencia/ciip06\\_1430\\_1440.980.pdf](http://www.aeipro.com/files/congresos/2006valencia/ciip06_1430_1440.980.pdf); acceso el 19 de octubre 2017.

BERNAL, A.; RIVAS, L. y PEÑA, P. “Propuesta de un modelo de co-gestión para los pequeños abastos comunitarios de agua en Colombia”. *Perf. latinoam*, México, v. 22, n. 43, p. 159-184, jun. 2014. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-76532014000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-76532014000100007); acceso el 19 de octubre 2017.

CAMAWARI (2012). *Actualización Plan de Salvaguarda Étnica Awá-Ricaurte*. 167 p.

CLASEN, T.; GARCÍA, G.; BOISSON, S. & COLLIN, S. (2005). Household-based ceramic water filters for the prevention of diarrhea: A randomized, controlled trial of a pilot program in Colombia. *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 73(4), 790-795 p. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu>.

edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.317.1050&rep=rep1&type=pdf; acceso el 20 de octubre de 2017.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 9 de 1979. Por el cual se dictan medidas Sanitarias [Normatividad en internet]. Disponible en: <http://www.redlactea.org/wp-content/uploads/decretos/L9.pdf>; acceso el 19 de octubre de 2017.

COMITÉ DE DERECHOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y CULTURALES (2003). “Cuestiones sustantivas que se plantean en la aplicación del pacto internacional de derechos económicos, sociales y culturales”. 19p. Disponible en: <http://www.acnur.org/t3/fileadmin/Documentos/BDL/2012/8789.pdf?view=1>; acceso el 19 de octubre de 2017.

CORTE CONSTITUCIONAL. Actualizada con los Actos Legislativos a 2015. Constitución Política de Colombia [Normatividad en internet]. Disponible en: <http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia%20-%202015.pdf>; acceso el 19 de octubre de 2017.

CORTE CONSTITUCIONAL. Sentencia T-740/11. Municipio de Guarne (Antioquia), [Sentencia en internet] 2011. 59p Disponible en: <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2011/T-740-11.htm>; acceso el 19 de octubre de 2017.

DAVINI, M. (2008). Métodos de enseñanza: Didáctica general para maestros y profesores. Buenos Aires: Santillana. 239 p. Disponible en: <https://elegirladocencia.files.wordpress.com/2014/09/davini-maria-cristina-etodos-de-ensenanza.pdf>; acceso el 19 de octubre de 2017.

FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE SOCIEDADES DE LA CRUZ ROJA Y DE LA MEDIA LUNA ROJA. Sistemas domésticos de tratamiento y almacenamiento de agua en situaciones de emergencia [Manual en internet]; s.l; s.e; diciembre 2010, 40p. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/texcom/desastres/ficrtaad.pdf>; acceso el 19 de octubre de 2017.

GALVIS, A. y VARGAS, V. (2003). “Modelo de selección de tecnología y análisis de costos en el tratamiento de agua para consumo humano, SELTEC” [Artículo en internet]. Seminario Internacional La hidro-informática en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. 9p. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/agua2003/seltec.pdf>; acceso el 19 de octubre de 2017.

GOBERNACIÓN DE NARIÑO (2015). Diagnóstico sanitario base para la realización de estudios y diseños para la construcción de los sistemas de abastecimiento y mejoramiento de la calidad de agua recolección, evacuación y tratamiento de aguas residuales para los centros poblados de los resguardos de las organizaciones Camawari y Unipa del departamento de Nariño. Plan Departamental de Agua, Gobernación de Nariño. 153p.

GRISALES, D. (2010). Sistemas no convencionales de tratamiento de aguas superficiales para comunidades de desplazados en estado de emergencia (caso

Villa-Clarín). [Trabajo de grado Ingeniero Civil en internet]. Bogotá, Universidad Militar Nueva Granada, 2010, 114 p. Disponible en: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/494/2/GrisalesPenagosDayana2010.pdf>; acceso el 20 de octubre de 2017.

GUTIÉRREZ, J.; ANGARITA, A.; MORALES, E.; TARAZONA, A.; VALDE-RRAMA, A.; MEJÍA, S. & SOLANO, L. (2014). “Conocimiento sobre vivienda saludable en dos barrios de Bucaramanga, Colombia - 2012”. Revista de la Universidad Industrial de Santander 46 (2), 169-176 p. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/suis/v46n2/v46n2a08.pdf>

HERNÁNDEZ, A.; TEJERINA, F.; ARRIBAS, J.; MARTÍNEZ, L.; MARTÍNEZ, F. (1990). Microfiltración, ultrafiltración y osmosis inversa, Murcia, 140 p. <https://books.google.com.co/books?id=jZ0Z9-G8YdoC&printsec=frontcover&dq=Microfiltraci%C3%B3n,+ultrafiltraci%C3%B3n+y+osmosis&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKewiR49KaQf7WAhUBzSYKHc8hBd0Q6wEIjAA#v=onepage&q=Microfiltraci%C3%B3n%2C%20ultrafiltraci%C3%B3n%20y%20osmosis&f=false>; acceso el 20 de octubre de 2017.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). “Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento del Agua” [Protocolo en Internet]. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia, 2007, 162 p. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021172/Protocolo-para-el-monitoreo-y-seguimiento-del-agua.pdf>; acceso el 20 de octubre de 2017.

IWANA GREEN GROUP (2016). LifeStraw: Agua segura inmediata. Bogotá [sitio internet]. Disponible en: <http://iwanagreen.com/lifestrawcommunity-1.html>; acceso el 12 octubre de 2017.

LANTAGNE, D. (2001). Investigation of the potters for peace colloidal silver impregnated ceramic filter. Report 1: Intrinsic effectiveness. 79 p. Disponible en: <http://web.mit.edu/watsan/Docs/Other%20Documents/ceramicpot/PFP-Report1-Daniele%20Lantagne,%2012-01.pdf>; acceso el 12 de octubre de 2017.

LEONEL, H. (2011). Gestión participativa de cuencas hidrográficas: El caso de la cuenca del río Valles, Oriente de México. Tesis doctoral en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México. 390p. Disponible en: <http://ninive.uaslp.mx/jspui/handle/i/3578>; acceso el 10 de octubre de 2017.

LEONEL, H.; AGUILAR, M. y HERNÁNDEZ, H. (2010). “Factores sociodemográficos y niveles de participación en la gestión de la cuenca hidrográfica del río Valles, oriente de México”. Prospectiva, No. 15, octubre. 263-293. Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/6305/4/Prospectiva%2015%2C%202010-263-293%20Factores%20sociodemogr%C3%A1ficos.pdf>; acceso el 10 octubre de 2017.

LEONEL, H. y LUNA, G. (2016). Herramientas didácticas para la formación agroforestal. San Juan de Pasto: Editorial Universitaria, Universidad de Nariño, Grupo de Investigación PIFIL, Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales. 124p. Disponible en: <http://editorial.udenar.edu.co/?p=2307>

LEONEL, H.; RIVAS, H. y LUNA, C. (2013). El juego como herramienta para la educación ambiental, pp. 219-231. En: Agua para la vida, Memoria de la IV semana Nacional de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Nariño. Universidad Mariana. 478 p. Disponible en <http://www.umariana.edu.co/CatalogoLibros/publicaciones/AguaParaVida/files/assets/basic-html/index.html#page219>; acceso el 12 de octubre de 2017.

LERMA, D. (2012). Filtros cerámicos, una alternativa de agua segura. Tesis de grado. Maestría Ecotecnología. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Tecnológica de Pereira. 58 p. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2710/6281683L616.pdf;jsessionid=51D140F76B1E771C75B9A596D0A27FC0?sequence=1>; acceso el 20 de octubre de 2017.

LITTER, M. & MANSILLA, H. (2003). Desinfección solar de aguas en comunidades rurales de América Latina. Proyecto OEA AE 141/2001. 86 p. Disponible en: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/investigacion-y-tecnologia-en-salud/inventarios/inventario-tecn-de-agua-de-consumo-humano/tratamiento-y-desinfeccion-del-agua-para-consumo-h/documento-tecnico-8/2020-desinfeccion-solar-de-aguas-en-comunidades-rurales-de-america-latina/file>; acceso el 20 de octubre de 2017.

LÓPEZ, V.; MARTÍNEZ, J. y ALMARIO, D. (2016). “Análisis del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano -IRCA- y su relación con variables meteorológicas y ubicación geográfica para el departamento del Tolima en los años 2012-2013”. Publicaciones e Investigación, [S.l.], v. 10, p. 69-81, marzo. ISSN 2539-4088. Doi: <http://dx.doi.org/10.22490/25394088.1588>. Disponible en: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1588/1920>; acceso el 19 octubre de 2017.

MACEIRA, D.; KREMER, P. y FINUCANE, H. (2007). “El desigual acceso a los servicios de agua corriente y cloacas en la Argentina”. Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Desarrollo. Buenos Aires, Argentina, 1-15 [Artículo en internet]. Disponible en: [http://www.revistamedicos.com.ar/opinion/n39\\_aguas1.pdf](http://www.revistamedicos.com.ar/opinion/n39_aguas1.pdf); acceso el 19 de octubre de 2017.

MARINOF, N.; PESANTE, M.; CARRILLO, C. y CENTURIÓN, C. (2001). Metodologías participativas en educación sanitaria, una adaptación de PHAST para comunidades rurales andinas del Perú. Lima, Perú, 124p.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto No. 1575 de 9 de mayo 2007. Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec\\_1775\\_2007.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1775_2007.pdf); acceso el 20 de octubre de 2017.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución No. 4716 de 2010. Por medio de la cual se reglamenta el parágrafo del artículo 15 del Decreto 1575 de 2007. 1-12 [Normatividad en internet]. Disponible en: [http://www.ins.gov.co/sivicap/Normatividad/2010%20Resoluci%C3%B3n%204716%20Mapa%20de%20riesgo.pdf?Mobile=1&Source=%2Fsivicap%2F\\_layouts%2Fmobile%2Fdispform%2Easpx%3FList%3Ddc462e4b%252D5de8%252D4a2f%252Dbe3a%252D08ad1c837db7%26View%3D0ac5f5c5%252D4988%252D442d%252Dbc0e%252D2c07af4f66a5%26ID%3D105%26CurrentPage%3D1](http://www.ins.gov.co/sivicap/Normatividad/2010%20Resoluci%C3%B3n%204716%20Mapa%20de%20riesgo.pdf?Mobile=1&Source=%2Fsivicap%2F_layouts%2Fmobile%2Fdispform%2Easpx%3FList%3Ddc462e4b%252D5de8%252D4a2f%252Dbe3a%252D08ad1c837db7%26View%3D0ac5f5c5%252D4988%252D442d%252Dbc0e%252D2c07af4f66a5%26ID%3D105%26CurrentPage%3D1); acceso el 19 de octubre de 2017.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 de 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. 36p. [Normatividad en internet]. Disponible en: <http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/c46bea38-2c19-4942-8b74-6475d1a36625Resoluci%C3%B3n+2115+de+2007.pdf?MOD=AJPERES>; acceso el 19 de octubre de 2017.

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, Subdirección Ambiental, en el informe nacional de calidad del agua INCA (2015) para consumo humano, 2016. Sin paginación. Disponible en: [https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/inca-2015\\_reducido.pdf](https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/inca-2015_reducido.pdf); acceso el 20 de octubre de 2017.

MORATÓ, J.; SUBIRANA, A.; GRIS, A.; CARNEIRO, A. y PASTOR, R. “Tecnologías sostenibles para la potabilización y el tratamiento de aguas residuales”. [Artículo en internet]; Revista Lasallista de Investigación, Colombia, 2006, 19-29. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/695/69530105.pdf>; acceso el 20 de octubre de 2017.

OBSERVATORIO INTERNACIONAL DE CIUDADANÍA Y MEDIO AMBIENTE SOSTENIBLE (CIMAS). “Metodologías participativas y cooperación para el desarrollo” [Documento en internet]; s.l. CIMAS; abril 2011. Disponible en: [http://www.democraciaycooperacion.net/IMG/pdf/CIMAS\\_Met\\_participativa\\_Coop.pdf](http://www.democraciaycooperacion.net/IMG/pdf/CIMAS_Met_participativa_Coop.pdf); acceso el 20 de octubre de 2017.

ORDÓÑEZ, J., y FRECHEN, F. (2014). Aplicación de la tecnología de filtración por membranas como solución para el abastecimiento de agua potable en comunidades rurales de países en desarrollo. Lecciones aprendidas con el uso del filtro “Waterbackpack Paul” en Colombia, retos y desafíos. Revista Ambiental 5 (1), 8 p. Disponible en: <file:///C:/Users/dicam/Downloads/463-1024-1-PB.pdf>; acceso el 19 de octubre de 2017.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (2011). “Hacia una vivienda saludable ¡Que viva nuestro hogar! Cartilla educativa para la familia” [Cartilla en internet]. 31p. Disponible en: <http://www.paho.org/col/index>.

php?option=com\_docman&view=download&category\_slug=publicaciones-ops-oms-colombia&alias=1260-hacia-una-vivienda-saludable-cartilla-educativa-para-la-familia&Itemid=688; acceso el 19 de octubre de 2017.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD - OPS (2005). Tecnologías para abastecimiento de agua en poblaciones dispersas. Lima. 64 p. Disponible en: <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%201%20Sistemas%20de%20agua%20en%20general/Tecnolog%C3%ADas%20para%20abastecimiento%20de%20agua%20en%20poblaciones%20dispersas.pdf>; acceso el 19 de octubre de 2017.

PELÁEZ, D.; GUZMÁN B.; RODRÍGUEZ, J. y NAVA, G. (2016). “Presencia de virus entéricos en muestras de agua para el consumo humano en Colombia: Desafíos de los sistemas de abastecimiento”. En: *Biomédica*, v. 36. pp. 169-178; agosto. ISSN 0120-4157. Doi: <https://doi.org/10.7705/biomédica.v36i0.2987>. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bio/v36s2/v36s2a18.pdf>; acceso el 18 de octubre de 2017.

PÉREZ, V.; DÍAZ GÓMEZ, A.; SALAMANCA ROJAS, J.; KAREN, L. y ROJAS-TORRES, L. (2016). “Evaluación del tratamiento de agua para consumo humano mediante filtros Lifestraw® y Olla Cerámica”. *Revista de Salud Pública*, 18(2), 275-289. <https://dx.doi.org/10.15446/rsap.v18n2.48712>; acceso el 17 de octubre de 2018.

PORTAL DE ALCALDES Y GOBERNADORES DE COLOMBIA. Manual de Oferta Institucional del Gobierno Nacional hacia las Entidades Territoriales. Programa Agua y Saneamiento para la Prosperidad - PAP-PDA [Sitio en internet], Portal Territorial, 2017, disponible en: <http://www.portalterritorial.gov.co/moi.shtml?apc=I-xx-73487&x=84583>; acceso el 19 de octubre de 2017.

RELIEFWEB. “Colombia Informe Flash Mira. Derrame de crudo en ríos Mira y Caunapí en Tumaco (Nariño) 01/07/2015” (2015). [Sitio en Internet]. Disponible en: <https://reliefweb.int/report/colombia/colombia-informe-flash-mira-derrame-de-crudo-en-r-os-mira-y-caunap-en-tumaco-nari-o>; acceso el 20 de octubre de 2017.

SANABRIA, J. y MORA, L. (2007). Tecnologías alternativas para la desinfección de aguas. En I. Restrepo, L. Sánchez, A. Galvis, J. Rojas, & I. Sanabria, *Avances en investigación y desarrollo en agua y saneamiento para el cumplimiento de las metas del milenio*. Santiago de Cali: Universidad del Valle. 580 p. Disponible en: [https://books.google.com.co/books?id=vpFqgpfHBmYC&printsec=frontcover&dq=Avances+en+investigaci%C3%B3n+y+desarrollo+en+agua+y+saneamiento+para+el+cumplimiento+de+las+metas+del+milenio&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi9zc3d\\_P3WAhXB2yYKHQTPDzwQ6AEIJTAA#v=snippet&q=tecnolog%C3%ADas%20alternativas&f=false](https://books.google.com.co/books?id=vpFqgpfHBmYC&printsec=frontcover&dq=Avances+en+investigaci%C3%B3n+y+desarrollo+en+agua+y+saneamiento+para+el+cumplimiento+de+las+metas+del+milenio&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi9zc3d_P3WAhXB2yYKHQTPDzwQ6AEIJTAA#v=snippet&q=tecnolog%C3%ADas%20alternativas&f=false); acceso el 20 de octubre de 2017.

SAWYER, COLOMBIA (2015). Agua limpia. Cambia una vida, cambia una comunidad [Recurso en internet]. 4p. Disponible en: <https://sawyer.com/wp-content/uploads/2017/06/water-filtration-spanish.pdf>; acceso el 19 de octubre de 2017.

TORRES, P.; CRUZ, C. H. y PATIÑO, P. J. (2009). “Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano: Una revisión crítica”. *Rev. Ing. Univ. Medellín* [online]. 2009, vol. 8, n. 15, suppl. 1, pp. 79-94. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>; acceso el 18 de octubre de 2017.

UNIVERSIDAD MARIANA. Agua potable para las familias del Motilón [Portal de Noticias U. Mariana en internet]. Universidad Mariana, s.e, s.f. Disponible en: <http://www.umariana.edu.co/Noticias/index.php/la-u/967-agua-potable-para-familias-del-motilon>; acceso el 20 de octubre de 2017.

VIDAL, S. (2010). Evaluación de la efectividad del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medida por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira 76p. [Tesis de grado en internet]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2086/628352V648.pdf;jsessionid=CAB422BD3FEB98F16BC6D8F0ACBE63CB?sequence=1>; acceso el 17 de octubre de 2017.

VILLEGAS, P.; LARA, J.; MÉNDEZ, S.; OBREGÓN, N. (2007). Sistema de selección de alternativas de saneamiento básico para el trapezio amazónico colombiano, utilizando sistemas expertos. Instituto biofísico. Bogotá, D.C. 8 p. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/documentosdigitales/bvsde/texcom/cd051488/villegas.pdf>; acceso el 20 de octubre de 2017.

WEBER, JR. (2003). Control de la calidad del agua. Procesos fisicoquímicos, Barcelona: Reverté, S.A. 645 p. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=TLpzh5HQYvgC&printsec=frontcover&dq=Control+de+la+calidad+del+agua.+Procesos+fisicoqu%C3%ADmicos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjTm7i1qf7WAhUBQSYKHQikA64Q6AEIJTAA#v=onepage&q=Control%20de%20la%20calidad%20del%20agua.%20Procesos%20fisicoqu%C3%ADmicos&f=false>; acceso el 19 de octubre de 2017.

WITT, V. y REIFF, F. (1993). La desinfección del agua a nivel casero en zonas urbanas marginales y rurales [Publicación en internet], mayo 1993. Disponible en: [http://bvsper.paho.org/bvsair/e/repindex/rep155\\_56/desaguca/desaguca.html](http://bvsper.paho.org/bvsair/e/repindex/rep155_56/desaguca/desaguca.html); acceso el 19 de octubre de 2017.

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas) (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París: Unesco. 184 p. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647s.pdf>; acceso el 20 de octubre de 2017.



**El autor- Hugo Ferney Leonel** es Ingeniero Forestal de la Universidad del Tolima con especialización en Ecología con énfasis en Gestión Ambiental de la Universidad de Nariño; Magister en Planificación y Manejo Ambiental de Cuencas Hidrográficas de la Universidad del Tolima y Doctor en Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Profesor investigador, líder de la línea de investigación en gestión ambiental del Grupo de Investigación PIFIL, decano de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, Pasto Colombia. Autor y coautor de diversas publicaciones de artículos científicos nacionales e internacionales y dos libros.

**La autora - Diana Carolina Morales Pabón** es Ingeniera Sanitaria y Ambiental de la Universidad Mariana; Magister en Ingeniería de la Universidad del Valle. Profesora investigadora, líder de la línea de investigación sistemas no convencionales del Grupo de Investigación PIFIL, del Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

**El autor- Nelson Orlando Narváez Mora** es Ingeniero Sanitario de la Universidad del Valle, especialista en Gestión Ambiental Local y Magister en Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira; Profesional Universitario de la Secretaria de Planeación de la Gobernación de Nariño, Estructurador de la Estrategia de Intervención Rural con Sistemas No Convencionales para Mejorar la Calidad de Agua en el Departamento de Nariño, docente investigador de los programas de Ingeniería Ambiental de las Universidades de Nariño y Mariana Pasto. Autor y coautor de manuales y libros relacionados con el Agua Potable y el Saneamiento Básico.

Se terminó de imprimir  
en el mes de abril de 2019,  
en Graficolor Pasto sas  
Calle 18 No. 29-67  
Tels. 7310652 - 7311833  
[graficolorpasto@hotmail.com](mailto:graficolorpasto@hotmail.com)