



UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS  
DE LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE  
URACCAN

**Tesis**

**Calidad del agua para consumo humano y potable  
en la comunidad indígena de Kamla y su efecto en  
la salud.**

Para optar al grado de:

Máster en Desarrollo con Identidad, con mención en  
Gobernabilidad, Territorialidad y manejo de Bosque

**AUTOR: Allan Ray Taylor Tórrez**

**TUTOR: PhD. Enrique Cerdón Suarez**

**Puerto Cabezas, Nicaragua, Marzo del 2011**

UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS  
DE LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE  
URACCAN

**Tesis**

**Calidad del agua para consumo humano en la  
comunidad indígena de Kamla y su efecto en la  
salud**

Para optar al grado de:

Máster en Desarrollo con Identidad, con mención en  
Gobernabilidad, Territorialidad y manejo de Bosque

AUTOR: Allan Ray Taylor Tórrez

TUTOR: PhD. Enrique Cordón Suarez

Puerto Cabezas, Nicaragua, Marzo del 2011

**A mi querida madrecita, Gladys Tórréz**

Por sus consejos, su apoyo y su amor incondicional

**A mi amada Esposa, Joyce Baquedano**

Como una fuente inagotable de cariño e incansable apoyo

**A mis hijos,**

**Elgin, Abraham David, Gladys Elizabeth, Allan Ray y  
Marion Susana**

Su alegría me da fortaleza para librar las diferentes batallas de la vida.

**A mis hermanas y hermanos,**

Su cariño y apoyo han sido importantes para la familia

**A la memoria de mi padre,**

Estará orgulloso donde sea que se encuentre...

**Allan Ray Taylor Tórréz**

## AGRADECIMIENTO

A Jehová Dios todopoderoso, por permitirme retomar el camino correcto y brindarme sabiduría, paciencia y perseverancia en todo momento.

A mi tutor y consejero principal el **PhD. Enrique Cordón**, por su dedicación, conocimientos, paciencia y apoyo incondicional para culminar el presente trabajo.

A **Don Albert St´ Clair**, por todo el apoyo recibido de su persona.

Al **MSc. William Jefferson Watler Reyes** y **MSc. Abner Figueroa**, por los consejos y la confianza depositada en mi persona.

A los compañeros del grupo de Maestría, por sus aportes, sus críticas y vivencias que formarán parte de los conocimientos adquiridos en el continuo proceso de la Enseñanza-Aprendizaje.

A los docentes de todos los módulos por compartir con nosotros sus valiosos conocimientos y enfoques.

## **Biografía**

El autor nació en la ciudad de Bilwi el día 17 de noviembre del año 1961. Estudió en el colegio Moravo JAC y recibió su diploma de Bachiller en el año de 1978.

Se graduó como Ingeniero Químico en la Escuela de Ingenieros Químicos “Justus von Liebig”, ciudad de Magdeburgo, Alemania en 1985. Trabajó como Jefe del Laboratorio de Control de Calidad y posteriormente como Gerente de Producción en la Industria Resinera de la Costa Atlántica (INRECASA), anteriormente llamada ATCHEMCO, ubicada en la Tronquera (río Likus, municipio de Waspam Río Coco).

Posteriormente trabajó en el Gobierno Regional Autónomo, en el INRA, Proyecto WANGKI, Proyecto Tasba Raya, la Empresa Generadora de Energía Eléctrica (PCP) y actualmente en el Instituto de Ciencias Forenses y Criminalística de la Policía Nacional de la ciudad de Bilwi. El Ingeniero A. Taylor, tiene más de 10 años de brindar su apoyo a la universidad URACCAN, como docente en las asignaturas: de Química General, Química Orgánica, Bioquímica y Biofísica.

## NDICE GENERAL

CONTENIDOS	Páginas
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO .....	II
BIOGRAFIA.....	III
INDICE DE CUADROS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT .....	X
1.INTRODUCCIÓN.....	18
2. OBJETIVOS.....	22
2.1 Objetivo general .....	22
2.2 Objetivos específicos .....	23
2.3 Preguntas de Investigacion.....	23
3. MARCO TEÓRICO .....	25
3.1 Definicion del agua .....	25
3.2 Calidad del agua .....	25
3.3 Contaminación del agua.....	27
3.4 Agua y Saneamiento .....	29
3.5 Agua y Salud.....	32
3.6 Agua para consumo humano y potable.....	35
3.6.1 Calidad del agua para consumo humano.....	36
3.6.2 Vigilancia del agua para consumo humano .....	45
3.7 Monitoreo de la calidad del agua .....	47
3.7.1 El Índice de calidad del agua (ICA).....	48

3.7.2 Índice biológico de la calidad del agua .....	51
3.8 Importancia del bosque ribereño en la protección de las fuentes de agua .....	55
3.9 Medidas de prevención y mitigación .....	58
3.9.1 Medidas de prevención .....	59
3.9.2 Medidas de mitigación.....	59
4. METODOLOGÍA .....	61
4.1 Área de estudio .....	61
4.1.1 Macrolocalizacion del área de estudio .....	61
4.1.2 Microlocalizacion del área de estudio .....	62
4.2 Fundamentacion epistemologica.....	65
4.3 Universo y muestra.....	65
4.4 Proceso metodologico.....	67
4.5 Proceso metodologico por objetivo especifico.....	68
4.5.1 Diagnóstico ambiental de laa comunidad, en relacion a las fuentes de agua para el consumo humano y potable .....	68
4.5.2 Estimacion de la calidad del agua superficial (rios), mediante el ICA y macroinvertebrados bentonicos.....	70
4.5.2.1 Selección de las metodologías .....	70
4.5.2.2 Selección de los sitios y épocas de muestreos.....	80
4.5.2.3 Trabajo de campo.....	82
4.5.2.4 Analisis de Laboratorio y comparacion de resultados.....	84
4.5.3 Análisis de la calidad del agua subterránea.....	85
4.5.3.1 Trabajo de campo.....	85

4.5.3.2 Análisis de Laboratorio y comparación de resultados con la normativa nacional.....	87
4.5.4. Valoración del efecto de la contaminación del agua superficial y subterránea en la salud de la población.....	88
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	91
5.1 Diagnóstico ambiental de la comunidad indígena de Kamla, con énfasis en las fuentes de agua para consumo humano y potable.....	91
5.1.1 Caracterización de la comunidad de Kamla.....	91
5.1.1.1 Características biofísicas del territorio.....	92
5.1.1.2 Caracterización socioeconómica.....	99
5.1.2 Diagnóstico ambiental de la comunidad.....	104
5.1.2.1 Evaluación de la cantidad de pozos existentes en la comunidad.....	105
5.1.2.2 Evaluación de las infraestructuras de Saneamiento y riesgo sanitario.....	106
5.1.2.3 Evaluación del estado de protección sanitaria de las fuentes de agua superficial y subterráneas utilizadas para el consumo humano.....	108
5.2 Estimación de la calidad del agua superficial (ríos), en las fuentes de agua para el consumo humano.....	117
5.2.1 Índice de Calidad del agua.....	117
5.2.2 Índice de bioindicadores de la calidad del agua (macro invertebrados bentónicos).....	124
5.2.3 Estructura de la vegetación ribereña.....	128
5.3 Análisis de la calidad del agua subterránea (pozos), utilizadas como agua potable.....	132



5.4 Valoración del efecto de la calidad del agua subterránea (pozos), en la salud de la población indígena de Kamla .....	135
5.5 Medidas de prevención y de mitigación para la protección del agua de consumo humano y potable .....	138
5.5.1 Medidas de prevención .....	139
5.5.2 Medidas de mitigación.....	141
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142
7. BIBLIOGRAFÍA.....	147
8. ANEXOS.....	153



## Índice de cuadros

Cuadro 1. Origen de los principales contaminantes del agua.....	28
Cuadro 2. Enfermedades causadas por patógenos contaminantes del .....	35
Cuadro 3. parámetros bacteriológicos para el agua .....	41
Cuadro 4. parámetros organolépticos del agua. ....	42
Cuadro 5. parámetros físicos-químicos del agua. ....	42
Cuadro 6. Parámetros de importancia para la salud.....	44
Cuadro 7. Parámetros y pesos relativos del ICA, según SNET .....	50
Cuadro 8. Valores asignados a las familias de macroinvertebrados bentónicos.....	54
Cuadro 9. Pesos relativos para cada parámetro del ICA.....	73
Cuadro 10. Solubilidad del oxígeno en agua dulce .....	76
Cuadro 11. Clasificación del ICA y su uso del agua .....	77
Cuadro 12. Hoja de cálculo para la estimación del ICA.....	77
Cuadro 13. Ingresos a la directiva de la comunidad de Kamla .....	104
Cuadro 14. Problemáticas de la comunidad de Kamla, relacionadas con las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano.....	110
Cuadro 15. Estimación del ICA para el río Slaubla laya. ....	118
Cuadro 16. Comparación de los parámetros ICA con las normas. ....	118
Cuadro 17. Estimación del ICA para el río 2 (Ayanbrich) .....	119
Cuadro 18. Comparación de los parámetros ICA con las normas .....	119
Cuadro 19. Estimación del ICA para el río 3 (Sahsing laya).....	120
Cuadro 20. Comparación de los parámetros ICA con las normas .....	120
Cuadro 21. Medidas de prevención ante la contaminación actual.....	139
Cuadro 22. Medidas de mitigación ante la contaminación actual.....	140

## Índice de figuras

Figura 1. Funciones generales de la vegetación ribereña .....	58
Figura 2. Muestreo para la valoración de la estructura de la vegetación riberena en los ríos de la comunidad de Kamla .....	80
Figura 3. Esquema general del proceso metodológico de la investigación .....	90
Figura 4. Porcentaje de pozos en la comunidad de Kamla.....	106
Figura 5. Infraestructura sanitaria expresada en % de la comunidad de Kamla, en relación con el riesgo sanitario.....	107
Figura 6. Porcentaje de riesgo sanitario que muestran las fuentes de agua para consumo humano .....	108
Figura 7. Conglomerado de las taxas en base a la presencia de macroinvertebrados en los tres ríos.....	127
Figura 8. Valoración porcentual de la continuidad longitudinal de la vegetación ribereña en los tres ríos.....	130
Figura 9. Valoración porcentual de la dimensión de la vegetación riberena en los tres ríos .....	131
Figura 10. Valoración porcentual de la composición y estructura de la vegetación ribereña en los tres ríos.....	131
Figura 11. Resultados del análisis de los parámetros coliformes fecales y E. Coli de los diez pozos.....	133
Figura 12. Resultado del análisis de los parámetros físico químicos de los diez pozos .....	134
Figura 13. Información estadística de los registros de atención médica a la población de Kamla.....	138

## **Índice de mapas**

Mapa 1. Territorio de Kamla .....	62
Mapa 2. Área de estudio: sitios de muestreos .....	84
Mapa 3. Afectación del huracán Félix .....	95
Mapa 4. Dirección del flujo hídrico superficial .....	97

## **RESUMEN**

El presente trabajo se llevó a cabo en la comunidad indígena de Kamla, ubicada a 6.4 km al noreste de la ciudad de Bilwi, municipio de Puerto Cabezas, Región Autónoma Costa Caribe Norte (RACCN), de Nicaragua; con el propósito de analizar la calidad del agua para consumo humano y potable de la comunidad indígena y su efecto en la salud de sus habitantes.

Para su estudio se tomaron muestras en 17 sitios, como los abastecedores de agua. En cada sitio se valoraron los parámetros físico-químicos: oxígeno disuelto (OD), pH, temperatura, turbidez, demanda bioquímica ( $DBO_5$ ), nitratos, fosfatos, sólidos totales disueltos (STD), entre otros; despuntando dos parámetros (pH y  $DBO_5$ ), como los que están alterando la calidad; y desde el punto de vista bacteriológico fueron; coliformes fecales y E. Coli, datos que presentan una contaminación alta del agua superficial, según las comparaciones con la norma Nicaragüense (NTON 09 001 99) y norma CAPRE.

En relación a los resultados del método ICA, clasificaron de regular la calidad del agua superficial (ríos), requiriendo, por tanto, de un tratamiento potabilizador adecuado. Además, se realizó una valoración de macro invertebrados bentónicos en los ríos seleccionados para poder establecer el índice de calidad de estas aguas y su relación con

la estructura de la vegetación ribereña (Banda 2), con resultados negativos.

Los resultados del agua subterránea (pozos), muestran que no son aptas para el consumo humano en las condiciones actuales, ya que presentan altos contenidos de bacterias de coliformes fecales y E. Coli, requiriendo de un tratamiento potabilizador con desinfección intensiva y controlada por especialistas del MINSA, antes de ser ingerida.

Los registros estadísticos del Puesto de Salud de la comunidad y del Policlínico municipal de Bilwi revelan una relación directa con el agua de beber, que se manifiesta en enfermedades diarreicas y parasitosis, con un 20.7% del total de las consultas, donde el restante 79.3% se trata de otras enfermedades que tiene relación directa o indirecta con el agua ingerida. Ante tal evidencia, se establecen medidas preventivas y de mitigación en el presente estudio, con el propósito de mejorar la calidad del recurso hídrico en la comunidad de Kamla, lo que redundará en mejorar la calidad de vida de los habitantes de la comunidad.

***Palabras claves:*** índice de calidad del agua, bioindicadores, macroinvertebrados bentónicos, saneamiento ambiental, parámetros físico-químicos y bacteriológicos, vegetación ribereña. Calidad del agua potable.

## **ABSTRACT**

The present work was done in the indigenous community of Kamla. This community is located in the municipality of Puerto Cabezas, at 6.4 Km Northeast from Puerto Cabezas in the Autonomous Region North Atlantic Caribbean Coast of Nicaragua.

The main objective of the present research was to evaluate the water quality for human consumption in Kamla's indigenous community and the negative effect on the Health of its population.

For the evaluation was necessary to take water samples from 17 points, which was previously identified as provider of water for human consumption. The following physicochemical parameters were analyzed on each water sample: DO, pH, BOD, COD, Nitrates, Phosphates and, TDS. These results show that the pH and BOD are responsible of water quality alteration.

The bacteriological screening provided that fecal coliforms and E. Coli are responsible for high contamination of superficial water sources, according to national water quality guidelines (NTON 09 001 99) and regional water quality guidelines (Normas CAPRE).

The water quality Index (ICA) method classified the rivers' water quality as "regular", they require disinfection. Also, there was a study of benthonic Macro invertebrates in the Tree Rivers to establish the quality Index of these sources and its relationship with the vegetation of river board structure, with negative results.



The analysis of underground water (wells) indicates that these are not suitable for human consumption under actual conditions and require an intensive and controlled disinfection, to be granted by specialist of the Health Ministry (MINSA).

The relationship between statistical information found in the community's Health Center and the municipal Polyclinic of Bilwi, related to water consumption, reveal a direct effect which appears as diarrhea, gastrointestinal disease, or parasitosis, with 20.7% of cases. Other 79.3 % of cases involved other disease, but has relationship direct or indirect with contaminated water consumption. With such evidences on hand, the present research establishes recommendations for prevention and mitigation of water resources.

*Keywords: Water Quality Index, bioindicators, benthonic Macroinvertebrates, environmental sanity, physicochemical and bacteriological parameters, river board vegetation. Drinking water quality.*

## **ABREVIATURAS Y SIGLAS**

Ha: Hectáreas

SNET: Servicio Nacional de Estudios Territoriales, San Salvador, El Salvador, CA

OMS: Organización Mundial para la Salud, WHO

OPS: Organización Panamericana para la Salud,

GIRH: Gestión Integral de los Recursos Hídricos

CAPRE: Comité Coordinador Regional de Instituciones para el agua potable  
y saneamiento de Centroamérica, Panamá y Rep. Dominicana

AWWA: American Water Work Association

USEPA: Agencia para la protección del Medio ambiente

CEE: Comunidad Económica Europea = EEC

DO: Oxígeno Disuelto (Dissolved Oxygen)

BOD: Biochemical Oxygen Demand

DBO<sub>5</sub>: Demanda Bioquímica de Oxígeno

COD: Chemical Oxygen Demand

DQO: Demanda química de oxígeno

pH: Concentración de Iones de Hidrogeno

TDS: Total Dissolved Solids

C.T.: Coliformes Totales

C.F.: Coliformes Fecales

E. Coli: Escherichia Coli

WEF: Water Environmental Federation

MED: Ministerio de Educación

MINSA: Ministerio de Salud

## **1. INTRODUCCIÓN**

El agua es un recurso natural clave para el desarrollo social y económico de todas las naciones del mundo. El acceso al agua mejorada y al saneamiento, constituyen factores importantes para promover una mayor inclusión social y contribuir en la reducción a la pobreza. De hecho, en ésta región del mundo en particular la RACCN, el combate contra la pobreza debe pasar tanto por una mejoría sustancial en la distribución del ingreso, como por un acceso más equitativo a los servicios ecosistémicos, entre ellos la provisión de agua, la descontaminación biológica de aguas residuales y la regulación de caudales.

Reciente informe del CEPAL (2005), menciona que la mayor parte de los países de la región muestran algún progreso en el acceso de la población al agua potable, pero en cambio un débil avance en el tema del saneamiento. Es evidente que, en cualquiera de los casos, se requerirán esfuerzos e inversiones sostenidas para alcanzar los objetivos de desarrollo del milenio. Además, de las necesarias inversiones en infraestructura física, son igualmente críticas y necesarias las inversiones en la infraestructura natural, vale decir, en la conservación del patrimonio natural y en la preservación de los servicios

ecosistémicos sobre los cuales se sustenta el bienestar humano.

En Centroamérica, se evidencian una estrecha relación entre el abastecimiento de agua para consumo humano y la salud de la población, es decir, en la medida que la población disponga de agua potable de buena calidad, en esa medida disminuirían los casos relacionados a las enfermedades diarreicas, parasitosis, gastrointestinales, entre otras. En ese sentido, la calidad del agua depende a su vez de las condiciones ambientales, aseo y del tratamiento de la basura, aguas residuales y excretas (Valle, 2002).

A nivel del municipio de Puerto Cabezas, existe un problema de escasez asociado a la mala gestión del recurso hídrico, mala calidad del agua para el consumo humano y falta de concientización en materia de saneamiento ambiental; en ese sentido, falta establecer pautas hacia una verdadera gobernanza del recurso hídrico, que incluya la protección integral de las fuentes de agua potable, reforestación y todas las medidas necesarias para su sostenibilidad.

Según Información del Departamento de Higiene y Salud Ambiental del MINSA-RACCN, la mayor preocupación está en la contaminación del agua de consumo humano y potable. El MINSA estima que el 60% de la población de la ciudad de Bilwi y

el 100% de los habitantes de las comunidades indígenas, consume agua que no cumplen con lo establecido en la normativa técnica Nicaragüense.

Ante dicho escenario, se plantea el presente estudio que tiene como propósito analizar la calidad del agua de consumo humano y su efecto en la salud de los comunitarios. Para dar cumplimiento al proceso de investigación, se desarrollaron cuatro etapas del proceso metodológico, la cuales se describen a continuación:

1. Diagnosticar el estado ambiental de la comunidad, en relación a las fuentes de agua de consumo humano.
2. Estimación de la calidad del agua superficial (ríos) a través del Índice de Calidad del Agua (ICA), bioindicadores acuáticos (macroinvertebrados bentónicos) y valoración de la vegetación ribereña.
3. Análisis de la calidad del agua subterránea (pozos), mediante la comparación de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos con la normativa técnica nicaragüense y norma CAPRE.
4. Sobre la base de los resultados, relacionar la calidad actual del agua de consumo humano y potable con el índice de enfermedades que tienen un efecto directo con el agua utilizada como potable.

Ante los argumentos descritos, es evidente la necesidad de encontrar medidas preventivas y de mitigación, desde una perspectiva de comunidades indígenas y con énfasis en la regulación del recurso hídrico superficial y subterráneo. Aunque, la investigación corresponde a una experiencia incipiente en la RACCN y comunidades indígenas, su construcción y resultados permitirá ir creando estrategias comunales ajustadas a una realidad local; realidad que estará en concordancia a la cosmovisión indígena en la gestión de sus recursos naturales.

Finalmente, se pretende que la comunidad indígena de Kamla y las autoridades de la RACCN, puedan tomar acciones y lograr de esta manera la sostenibilidad en la calidad y cantidad del agua proveniente de las fuentes de abastecimiento, lo que disminuiría en gran parte las enfermedades causadas por el consumo de agua contaminada.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Evaluar la calidad del agua superficial y subterránea para consumo humano<sup>1</sup> y potable<sup>2</sup> y su efecto en la salud humana, para la definición de medidas preventivas y de gestión del recurso hídrico en la comunidad indígena de Kamla, RACCN, Nicaragua, 2011.

### **2.2 Específicos**

1. Diagnosticar el estado ambiental de la comunidad, en relación a las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano y potable.
2. Estimar la calidad del agua superficial (ríos), mediante el índice de calidad del agua (ICA) y bioindicadores acuáticos (macroinvertebrados bentónicos).
3. Analizar la calidad del agua subterránea (pozos) utilizada como potable, mediante la comparación de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos con la normativa nacional.

---

<sup>1</sup>Agua que puede ser utilizada como: potable, para cocinar, limpiar sus viviendas, lavar sus ropas, asearse, etc.

<sup>2</sup> Es el agua utilizada netamente para la ingesta o para ser bebida.

4. Valorar el efecto de la contaminación del agua para consumo humano y potable en la salud de la población de Kamla, para el establecimiento de medidas de prevención y de mitigación.

### **2.3 Preguntas de investigación**

El presente trabajo investigativo fue encausado en las siguientes preguntas, establecidas por cada objetivo específico:

#### **Objetivo 1:**

- ⇓ ¿Cuál es la situación actual del saneamiento ambiental y agua potable de la comunidad de Kamla?
- ⇓ ¿En qué condiciones de riesgo a la salud humana, se encuentran las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano y potable de la comunidad?

#### **Objetivo 2:**

- ⇓ ¿Cuál es el estado actual de la calidad del agua superficial de mayor importancia para el consumo humano en la comunidad?
- ⇓ ¿En qué condición se encuentra la vegetación ribereña de los ríos del presente estudio y cuáles son sus perspectivas a mediano plazo?

#### **Objetivo 3:**



- ⇓ ¿Será potable el agua subterránea obtenida de los pozos, utilizada para el consumo humano por la población de Kamla?
- ⇓ ¿Qué problemas se vislumbran en un futuro, relacionado con la calidad y disponibilidad de las fuentes de agua subterránea (pozos)?
- ⇓ ¿Cuál es el riesgo para la salud humana generado por el consumo de agua de los pozos en correspondencia a su estado actual?

**Objetivo 4:**

- ⇓ ¿Cómo relacionamos los problemas de la salud de la población de Kamla con el consumo del agua en las condiciones actuales?
- ⇓ ¿Qué tipos de medidas de preservación y de mitigación ambiental deben implementarse en la comunidad, para proteger y preservar el recurso hídrico superficial y subterráneo?

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Definición del agua**

Concepto de agua

El agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido, tiene un color matiz azul, que sólo puede detectarse en capas de gran profundidad y a una presión atmosférica de 760 mm de mercurio. Su punto de congelación es de 0°C y de ebullición de 100°C., alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4°C y se expande al congelarse. Se compone de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno que forman una molécula de agua (H<sub>2</sub>O). Está presente en la naturaleza en cualquiera de sus tres estados físicos: gaseoso (en la atmósfera en forma de vapor de agua), líquido (en todos los ríos, océanos, lagos, y agua subterránea) y sólido (en forma de hielo en los polos, en los grandes icebergs, etc).

Desde el punto de vista natural, es un recurso indispensable para toda forma de vida existente en la tierra. De ella depende la vida humana, la seguridad alimentaria y la salud de los ecosistemas. Si bien el agua ocupa aproximadamente tres cuartas partes de la superficie del planeta, sólo cerca del 3% corresponde a agua dulce, de ese porcentaje, el 79% está localizado en los polos; el 20% bajo la superficie o en estado de

humedad y solamente el 1.0% conforman los ríos (Jiménez, 1999).

Los parámetros utilizados para medir la calidad del agua se derivan de sus características físicas, químicas, biológicas y radiológicas que permiten determinar cuál es el grado de alteración del agua en un sitio específico o en una muestra obtenida de una fuente de agua.

### **3.2. Calidad del agua**

Existe una preocupación creciente sobre el tema de la calidad del agua para consumo humano y de saneamiento ambiental. En el marco de los objetivos del Desarrollo del Milenio, descritos por Naciones Unidas en el año 2005, numeral 7, hace referencia a “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”; en relación con el acceso al agua potable y saneamiento, propone reducir a la mitad la cantidad de personas que carecen de acceso al agua potable y saneamiento para el año 2015. (PNUD, 2005).

Mendoza (2010), publicó un informe denominado RADWQ (Rapid Assessment of Drinking Water Quality in the Republic of Nicaragua), auspiciado por la OMS y UNICEF. Los resultados fueron alarmantes debido a que determinó que de los 46 municipios estudiados, 42 presentaron contaminación de origen

fecal con valores muy altos, resaltando las bacterias E. Coli y coliformes fecales. Asimismo, demostró que el 81.5% de los pozos analizados en la zona Central Norte mostraron éste tipo de contaminación y en el caso de la zona Central Sur, el porcentaje de contaminación por heces fecales fue de 98.6%.

En el caso de la región Atlántica, la contaminación de origen fecal fue del 100% del total de muestras. En definitiva, el diagnóstico debe ser un campanazo de alerta al Gobierno de Nicaragua y en particular, a las autoridades de nuestra región.

### **3.3. Contaminación del agua**

Se define como cualquier modificación natural o artificial, que directa o indirectamente cambia la calidad original y perturbe o destruye los recursos naturales (FAO, 1993). Puede causar riesgos sanitarios, reducir el bienestar del hombre y de las faunas acuáticas y perjudicar el mejor uso o potencial para el que está destinada (Miador, 1993).

La contaminación de aguas superficiales y subterráneas, puede ser ocasionada por agentes como bacterias, virus y microorganismos, la materia orgánica, metales pesados, detergentes, insecticidas, fungicidas, plaguicidas, entre otros (Rueda, 2000). Entre los principales contaminantes se

mencionan: las aguas residuales de origen urbano, metales pesados, herbicidas, pesticidas, desechos y productos industriales, sustancias radioactivas, petróleo y sus derivados (Rosegrant et al. 2002). El cuadro 1 muestra algunos de los principales contaminantes del agua y su origen.

*Cuadro 1. Origen de los principales contaminantes del agua*

<b>Contaminantes</b>	<b>Origen</b>
Sustancias orgánicas, biodegradables	Organismos en descomposición, heces fecales humanas y de animales.
Sustancias orgánicas tóxicas producidas por el hombre	En general no son biodegradables. Ejemplo: biocidas, anilinas, hidrocarburos, etc.
Sustancias inorgánicas tóxicas	Originadas por las industrias y la minería. Ejemplo; el cianuro, metales pesados, dispersantes (en la explotación petrolera) y otros.
Sólidos en suspensión	Sedimentos que llegan por escorrentía proveniente de la construcción, industrias, malas prácticas agrícolas, pastoreo, etc.
Agentes patógenos	Se refiere a los desechos de unidades sanitarias no esterilizados.
Térmicos	Vertidos de agua a temperaturas superiores a las del cuerpo de agua receptor. Se destacan como contaminantes las industrias, centrales nucleares, explotación de petróleo y otros.

Fuente: (FAO, 1996)

### 3.4. Agua y saneamiento

Inicialmente, el concepto de saneamiento del agua estaba definida, como: recoger, transportar y darle un tratamiento tecnificado al agua residual y los subproductos generados en el curso de esas actividades, de manera tal, que su deposición cause el mínimo impacto al medio ambiente.

En relación a las modificaciones que han experimentado los objetivos del saneamiento, desde el inicio de su práctica moderna hasta la situación actual, en función de las necesidades sociales se distinguen tres etapas:

1. **Protección sanitaria:** en ésta primera etapa, el objetivo del saneamiento se centra en la protección de la salud pública frente a las impurezas presentes en el agua de abastecimiento, debido a los vertidos producidos por las actividades humanas y, se complementa con la eliminación de las molestias olfativas y visuales que originan aquéllos en los cursos del agua producto de patógenos externos.

Consecuentemente, cuando se introduce el concepto de contaminación (*pollution*), su definición se basa en su potencial para producir enfermedades y la creación de condiciones ofensivas.

2. **Protección de otros usos del agua:** en los años cincuenta, el reconocimiento de los enormes cambios experimentados por la sociedad supone el inicio del reemplazo del concepto anterior de contaminación por el de calidad del agua.

Efectivamente, una serie de factores, tales como el crecimiento de la población y su concentración en los centros urbanos, así como el mayor consumo per cápita de agua y, consecuentemente, el aumento de los vertidos de agua residual y la importancia de la industria como gran emisor de contaminación, tanto en cantidad como por la introducción de una amplia gama de compuestos químicos en sus vertidos, tuvieron como consecuencia que el concepto de control de la contaminación, evolucionara en el objetivo de protección de la salud pública. Todo esto llevó a catalogar el concepto de contaminación en función de sus usos y a establecer el concepto moderno de control de la calidad de agua.

3. **Protección del medio ambiente:** en la medida que la población toma consciencia del daño que se le ha hecho a la naturaleza y al medio ambiente, en esa medida, se establece la necesidad de revertir la destrucción, sanear y recuperar aquellas áreas contaminadas, reforestar aquellos espacios donde los árboles fueron talados

indiscriminadamente y preservar la calidad del agua, debido a que permite el mantenimiento de las condiciones ambientales necesarias para la conservación del medio natural en todas sus manifestaciones de vida.

Esta actitud ha supuesto anteponer el control de la naturaleza del recurso al del agente causante de su degradación, produciéndose un desplazamiento del objetivo de protección del uso al de protección del propio recurso.

A finales del siglo XIX, los gobiernos reconocieron que las enfermedades asociadas al agua y al saneamiento no se podían confinar a los inquilinatos más pobres de las ciudades y que había que adoptar medidas por el interés público. En el Reino Unido, Estados Unidos y otros lugares, se realizaron grandes inversiones en sistemas de desagüe cloacal y en la purificación de las fuentes de suministro de agua con una importante repercusión. Ningún otro período en la historia de Estados Unidos presenció, por ejemplo, una reducción tan rápida en la tasa de mortalidad. (Hinrichsen et al. 1998)

En Nicaragua existe cierta experiencia alrededor del tema de agua potable y saneamiento ambiental. La norma técnica Nicaragüense para el saneamiento básico rural NTON 09 002 99



establece algunas regulaciones sobre el tipo de letrinas, distancia de los pozos y la servidumbre de aguas grises, todo con el fin de reducir la contaminación.

Además, en el transcurso de la década de los años 90 y la década del 2000-2010, Nicaragua ha sido objeto de varios diagnósticos y estudios con el interés de obtener información acerca del estado de saneamiento rural y urbano y sobre el acceso al agua potable. Estos estudios, han sido realizados por organismos internacionales, como la UICN, WSP, OMS/OPS, el BM, y otros.

### **3.5. Agua y salud**

Las causas de más muertes por año en comunidades son las enfermedades transmitidas por el consumo de agua, entre estas, se mencionan: el cólera, la fiebre tifoidea, shigella, poliomielitis, meningitis y hepatitis A y E.

Los seres humanos y los animales pueden actuar de huéspedes de bacterias, virus o protozoos que causan estas enfermedades. Millones de personas tienen poco acceso a servicios sanitarios de evacuación de desechos o a agua limpia para la higiene personal (Hinrichsen et al. 1998).

Las sustancias tóxicas que van a terminar al agua dulce son otra causa de enfermedades transmitidas por el consumo del agua. Cada vez más, se encuentran en los suministros de agua dulce productos químicos para la agricultura, fertilizantes, plaguicidas y desechos industriales. Productos químicos, que aún en bajas concentraciones, ocasionan con el tiempo enfermedades crónicas como cánceres; por ejemplo, los problemas de salud derivados de los nitratos presentes en el agua se está convirtiendo en una preocupación en casi todas partes, ya que causan trastornos sanguíneos. Además, los altos niveles de nitratos y fosfatos en el agua estimulan el crecimiento de algas verde-azules, que llevan a la eutrofización, de allí que la cantidad de oxígeno contenida en el agua se constituye en un indicador clave de la calidad del mismo (Hinrichsen et al. 1998).

Las enfermedades con base en el agua incluyen el gusano de guinea, la paragonimiasis, la clonorquiasis y la esquistosomiasis. Estos organismos pueden prosperar tanto en aguas contaminadas como no contaminadas. Como parásitos, generalmente toman forma de gusanos y se valen de vectores animales intermediarios como los caracoles para desarrollarse y luego infectan al hombre, penetrando a través de la piel o al ser ingeridos por éste. Las causantes de estas enfermedades son una variedad de gusanos tremátodos, tenias, lombrices

intestinales y nemátodos del tejido denominados helmintos que infectan al hombre (UNESCO, 2003).

Enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua, son aquellas transmitidas por los mosquitos y las moscas tse tsé, que se crían y viven cerca de aguas contaminadas y no contaminadas. Millones de personas en el mundo padecen infecciones transmitidas por estos vectores que infectan al hombre con malaria, fiebre amarilla, dengues, enfermedad del sueño y filariasis (UNESCO, 2003).

Enfermedades vinculadas a la escasez de agua, se incluyen el tracoma y la tuberculosis, que se propagan en condiciones de escasez de agua dulce y sanidad deficiente. Estas enfermedades avanzan sin parar a través del mundo, pero pueden controlarse fácilmente con una mejor higiene, para lo cual es imprescindible disponer de suministros adecuados de agua potable (UNESCO, 2003). El mejoramiento del saneamiento público y la provisión de agua limpia son las dos acciones necesarios para prevenir la mayoría de las enfermedades transmitidas por el agua. Es importante que el suministro de agua potable se brinde simultáneamente con las instalaciones sanitarias apropiadas, puesto que estos dos servicios se refuerzan mutuamente y limitan la propagación de infecciones (Hinrichsen et ál. 1998). En el cuadro 2, se brinda la

información sobre los tipos de organismos que afectan a la salud, los tipos de enfermedades y síntomas que se manifiestan en los pacientes una vez ingerida agua contaminada.

*Cuadro 2. Enfermedades causadas por patógenos contaminantes del agua*

<b>Tipo de Enfermedad (microorganismo)</b>	<b>Síntomas</b>
Bacterias Cólera:	Diarreas y vómitos intensos. Deshidratación. Frecuentemente es mortal si no se trata adecuadamente
Bacterias Tifus:	Fiebres. Diarreas y vómitos. Inflamación del bazo y del intestino
Bacterias Disentería:	Diarrea. Raramente es mortal en adultos, pero produce la muerte de muchos niños en países poco desarrollados
Bacterias Gastroenteritis:	Náuseas y vómitos. Dolor en el sistema digestivo. Poco riesgo de muerte
Virus Hepatitis:	Inflamación del hígado e ictericia. Puede causar daños permanentes en el hígado
Virus Poliomielitis:	Dolores musculares intensos. Debilidad. Temblores. Parálisis. Puede ser mortal
Protozoos Disentería amebiana:	Diarrea severa, escalofríos y fiebre. Puede ser grave si no se trata
Gusanos Esquistosomiasis:	Anemia y fatiga continuas

### **3.6. Agua para consumo humano y potable**

De acuerdo a Vargas (1996), el agua para consumo humano ha sido definida en la guía de calidad del agua potable de la OMS del año 1985, como la “adecuada para todo uso domestico habitual, incluyendo la higiene personal” y el agua potable, como

“aquella que no debe presentar ningún tipo de riesgo para la salud humana, es decir, no debe causar intoxicaciones o infecciones microbiológicas a la salud humana al ser ingerida”.

Por ejemplo, en la Unión Europea, la normativa de agua potable **98/83/EU** establece valores máximos y mínimos para el contenido en los minerales y en diferentes iones como cloruros, nitratos, nitritos, amonio, calcio, magnesio, fosfato, arsénico, entre otros; además de los gérmenes patógenos. La razón suele ser el uso masivo de abonos minerales, la filtración de agroquímicos, el petróleo, lixiviados de minas<sup>3</sup>, entre otros.

### **3.6.1 Calidad del agua para consumo humano**

En el marco de la definición de calidad del agua, se contemplan factores de acuerdo al uso que puede dársele. La calidad de agua es definida como una lista de concentraciones, especificaciones y particiones físicas de sustancias orgánicas e inorgánicas, así como, la composición y estado de la biota acuática encontrada en el cuerpo de agua. Esta calidad muestra la variación temporal y espacial de los factores tanto internos como externos de los cuerpos de agua (Chapman, 1992).

---

<sup>3</sup> Existen evidencias, según estudios realizados en Brasil, se ha podido constatar altas concentraciones de mercurio hasta en sitios tan distantes (800 km río abajo) del sitio donde se practica la minería, (Minería del Trópico pág. 20, UICN-CM-CH).

La definición de calidad del agua se basa en el uso al que se destina, donde la suma de las características físicas, químicas y biológicas de las aguas superficiales (quebradas, ríos y lagos) y las subterráneas cumplan con los requerimientos establecidos para cada uso, como consumo humano, industrial, abrevaderos, agricultura, etc., (Batram & Ballance, 1992).

Al evaluar la calidad de agua es importante identificar las actividades que ejercen influencia directa o indirecta, identificar las características geográficas del área (uso de la tierra, clima, hidrología), usos del agua (canales, embalses, abastecimiento para ciudades, industrias, agricultura, navegación, recreación, etc.); además de las fuentes contaminantes incluyendo domésticas, industriales y agricultura (Chapman,1992). A esto se le suma considerar las facilidades para manejar la contaminación y tratamiento de las aguas (Cisneros, 2005).

Existen muchos métodos y procedimientos para establecer la calidad del agua en cualquier sitio del mundo. Los diferentes gobiernos de las naciones en el mundo entero han desarrollado métodos, normas y procedimientos para establecer en todo momento, la calidad de sus cuerpos de agua ó el estado de la contaminación, el tipo de contaminación y hasta la concentración y el tipo contaminantes.

Los métodos de análisis para examinar la calidad del agua más conocidos, divulgados y aceptados en todo el mundo están recopilados en el manual “Standards Methods for Examination of Water and Wastewater”. Este manual fue publicado por primera vez en el año 1905, incluyendo las técnicas analíticas y procedimientos para la determinación de la calidad del agua (APHA, AWWA, WEF, 1997).

En el transcurso de los años las naciones han llegado a un consenso sobre los diferentes parámetros que deben ser analizados para poder decidir sobre la calidad del agua de bebida o para el consumo humano. Un ejemplo, de esto es que organismos internacionales como la WHO, USEPA, CEE, Canadá, Japón y la FDA<sup>4</sup>, han unificado criterios alrededor de los parámetros del agua potable y agua embotellada.

En la región centroamericana, los gobiernos se han afiliado al “CAPRE”, que es: “El Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana, también llamado el “Organismo Técnico Regional” con sede permanente en San José, Costa Rica. Sus principales funciones conforme con sus

---

<sup>4</sup> WHO es la OMS, organización Mundial para la Salud, USEPA es la Agencia para la Protección del Medio ambiente, de los EEUU, CEE La Comunidad Económica Europea, y la FDA es la Administración Federal de Drogas de los EEUU.

estatutos, Art. 14. “Dictar Normas Regionales Técnicas de Estandarización de equipos, repuestos y materiales, para facilitar el intercambio entre los miembros afiliados” y Art.15. “Dictar Normas Técnicas de Control de Calidad de Productos en materia de agua potable y saneamiento entre los países miembros y afiliados” (Norma Regional CAPRE, 1993).

Nicaragua, a través del ministerio de Salud adopta las normas de calidad del agua para el consumo humano del CAPRE, según acuerdo ministerial No. 65-94, publicada el 21 de abril del año 1994 (MINSAL, 1994).

En el año 1999, el Comité Técnico de la Comisión Nacional de Normalización y Calidad, del Ministerio de Fomento, Industria y Comercio publica la “Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 09 001 99 de Diseño de Abastecimiento de Agua en Medio Rural”. La norma técnica nicaragüense, establece sobre la calidad del agua para consumo humano lo siguiente:

- a. A la fuente de agua a utilizarse en el proyecto, se le deberá efectuar al menos un análisis físico, químico y bacteriológico antes de su aceptación como tal.
- b. Los parámetros mínimos de control para el sector rural serán: coliformes totales, coliformes fecales, olor, sabor, color, turbiedad,



temperatura, concentraciones de iones de hidrógeno (pH) y conductividad.

- c. El análisis de las fuentes de agua tales como manantiales, pozos perforados, pozos excavados a mano, deberán cumplir con las normas de calidad del agua vigentes aprobadas por el INAA”.

Además en ese mismo año se publicó la “Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 09 003 99” para el “Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua”, el cual también hace relación a la calidad del agua con los parámetros a ser considerados por el NTON 09 001 99 (Comisión de Normalización Técnica y Calidad, 1999).

Todos los proyectos de agua y saneamiento que se realizan en Nicaragua, deberán cumplir con estas normativas técnicas (NTON 09 001 99 y NTON 09 003 99), las cuales establecen los diferentes parámetros físicos-químicos y bacteriológicos que se deben monitorear y preservar para garantizar la calidad del agua para el consumo humano en Nicaragua. Los siguientes cuadros, muestran los parámetros de importancia al sector urbano y rural en la norma (NTON09 001 99) y norma CAPRE.

Cuadro 3: *Parámetros bacteriológicos (a)*

Origen	Parámetro(b)	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de Bebida	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	---
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme total	Negativo	Negativo	---
	Coliforme fecal	Negativo	≤4	En muestras no consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución	Coliforme total	Negativo	≤4	En muestras puntuales No debe ser detectado en el 95 % de las muestras anuales (c)
	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	

...

*Cuadro 4: Parámetros Organolépticos*

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Color Verdadero	mg/L(Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor Factor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C

*Cuadro 5: Parámetros Físico - Químicos*

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
pH	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	µS/cm	400	
Dureza	mg/L CaCO <sub>3</sub>	400	

Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/LCaCO <sub>3</sub>	100	
Cobre	mg/L	1.0	2.0
Magnesio	mg/L	20	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sólidos disueltos totales	mg/L		1000
Zinc			3.0

En seguida se describen los parámetros de mayor importancia en la salud humana al estimar la calidad del agua para consumo humano (Cuadro 5).

Cuadro 6. Parámetros de importancia para la salud

Parámetro	Importancia para la salud
<b>Parámetros bacteriológicos</b>	
Bacterias coliformes total	<b>No</b> es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento. Muestran la cantidad de coliformes presentes y a la vez indican contaminación por heces de animales o del suelo
Bacterias Coliformes fecal	Estas bacterias son consideradas <b>como indicadores de</b> contaminación del agua en general, es una prueba de confirmación de la contaminación con heces fecales de origen humano.
Escherichia Coli (E. Coli)	Considerada el indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal de origen humano y de otras especies de mamíferos, se relaciona directamente a los riesgos de la salud como la diarrea y otras infecciones gastrointestinales. Es una especie de bacteria que habita normalmente en el intestino humano y animales de sangre caliente
<b>Parámetros físico-químicos</b>	
pH	El pH indica el estado de acidez o alcalinidad del agua, un rango óptimo de pH en el agua para el consumo humano oscila entre 6.5 y 8.5; un pH muy bajo puede causar vómitos y problemas estomacales especialmente a los niños, mientras que un pH arriba de 10 ocasiona irritación en la boca, garganta, ojos, piel y mucosa. El agua tendrá espuma y un sabor anormal
Dureza total	la dureza del agua indica la cantidad de sales de calcio y magnesio en el agua, a mayor cantidad de estas sales en el agua, más dura será el agua
Nitratos y nitritos	La presencia de nitratos y nitritos revela contaminación del agua, causados por fertilización del suelo, heces de animales, entre otras
Cloruros	Los cloruros están presentes en el suelo, especialmente en suelos que anteriormente estuvieron sumergidos en el mar
Cloro libre residual (CLR)	Es el indicador de que el agua ha sido objeto de desinfección y que ha quedado un remanente como garantía de la desinfección del agua. Por lo general se determina el CLR en el agua de una red de distribución urbana de agua para el consumo humano
Fosfatos	Las aguas naturales contienen fosfato disuelto proveniente del suelo, pero también las actividades antropogénicas (detergentes, fertilizantes agrícolas, etc.) contribuyen constantemente en la contaminación del agua, lo que puede ocasionar el crecimiento acelerado de la flora acuática. Eutrofización <sup>5</sup>

<sup>5</sup>Eutrofización: un río, lago o un embalse sufren eutrofización cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes. Podría parecer a primera vista que es bueno que las aguas estén bien repletas de nutrientes, porque así podrían vivir más fácil los seres vivos. Pero la situación no es tan sencilla. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros

Hierro	La contaminación del agua con hierro causa problemas en el sabor del agua y en la ropa lavada
Cobre	El cobre causa sabor amargo en el agua potable y en grandes cantidades causa gastroenteritis
Aluminio	No se considera nocivo o peligroso para la salud, pero su presencia es un indicador de acidez en el agua, produciendo pH menores de 6.5 en el agua
Amonio	Los iones amonio tienen una escasa acción tóxica por sí mismo, pero su existencia aún en bajas concentraciones, puede significar un alto contenido de bacterias fecales, patógenas y otros. La formación de amonio se debe a la descomposición bacteriana de urea y proteínas, siendo la primera etapa del proceso de naturaleza inorgánica. Su concentración máxima en las aguas potables de consumo público es de 0.5 mg/L
Temperatura	La temperatura influye de forma muy significativa en las especies acuáticas determinando su metabolismo, productividad primaria, respiración y descomposición de materia orgánica. Para efecto de los estudios es importante determinar la temperatura del agua al momento del muestreo así como la temperatura del aire
Sólidos totales disueltos	Son todas las sustancias que se encuentran disueltas en el agua
Turbidez	La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos

### 3.6.2 Vigilancia del agua para consumo humano

La vigilancia de la calidad del agua de consumo puede definirse como la «evaluación y examen, de forma continua y vigilante, desde el punto de vista de la salud pública, de la inocuidad y aceptabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo» (OMS, 1976).

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de

---

organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad.

captación hasta al consumidor, para evitar la contaminación y reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad del agua, se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento y la gestión de los sistemas de distribución para mantener y proteger la calidad del agua tratada. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos.

Las posibles consecuencias para la salud por la contaminación microbiana son tales que su control debe ser siempre un objetivo de importancia primordial y nunca debe comprometerse. Para garantizar sistemáticamente la inocuidad del agua de consumo y proteger la salud pública, se debe prestar atención a la aplicación de un marco de seguridad del agua y a los planes de seguridad del agua. Para gestionar la inocuidad microbiana del agua de consumo es preciso:

- ✓ Evaluar el conjunto del sistema y determinar los posibles peligros a los que están expuestos.
- ✓ Determinar las medidas de control necesarias para reducir y/o eliminar los peligros y realizar un monitoreo operativo con el fin de garantizar la eficacia de las barreras del sistema.

- ✓ Elaborar planes de gestión que describan las acciones a adoptarse en circunstancias normales y de producirse incidentes.

### **3.7. Monitoreo de la calidad del agua**

El monitoreo de un cuerpo de agua para detectar su grado de contaminación, conduce a obtener una inmensa cantidad de datos de varios parámetros, incluso dimensionalmente distintos que hace difícil detectar sus patrones de contaminación. Debido a esto, se han desarrollado diferentes metodologías con diferentes herramientas para el proceso de evaluación y monitoreo de la calidad de los cuerpos de agua. Estas metodologías pueden clasificarse en tres categorías:

**La primera**, concierne a la metodología tradicional y tiene que ver con la toma de muestras de agua en sitios críticos y su posterior análisis en el laboratorio guiados por un manual de procedimientos analíticos, como: la Standard Test Methods for the Examination of Water and Wastewater y la AWWA-Standards). Los resultados analíticos obtenidos permiten ser comparados con las normativas de calidad existentes para finalmente conocer en qué condiciones de calidad o de contaminación se encuentran las muestras analizadas.

**La segunda** metodología es similar a la anterior, ya que en ésta también se analizan parámetros físico-químicos y



bacteriológicos, pero con la diferencia que los resultados obtenidos se someten a un procedimiento matemático que relaciona todos los parámetros a un nivel adimensional, con técnicas multiplicativas y de ponderación exponencial, tales como el Índice de Calidad del Agua (ICA).

**La tercera** categoría es relativamente “nueva” y ha sido validada en varios países en base a sus propias realidades. Ésta metodología se basa en el estudio de especies acuáticas, cuya presencia o ausencia brinda información sobre la calidad del agua en las que éstas especies viven, al final se obtiene el índice biológico o índice biótico.

### **3.7.1 El Índice de calidad del agua (ICA)**

El ICA indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así que el agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en tanto que en agua con excelentes condiciones el valor del índice será cercano a 100% (Watler, 2010).

De acuerdo a Watler (2010), la metodología para los cálculos del ICA fue propuesta por BROWN, como una versión mejorada del Water Quality Index (WQI), que fue desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional (NSF) en los Estados Unidos,

través de un esfuerzo por idear un sistema y poder comparar la calidad del agua en diferentes puntos de los ríos en Estados Unidos, la cual fue establecido en 1970 para monitorear el cambio de calidad en los ríos a través del tiempo<sup>6</sup>.

Posteriormente con trabajos de mayor envergadura, la Fundación Nacional de Saneamiento de los EEUU, (NSF por sus siglas en inglés), realizó un estudio para evaluar el ICA con base en nueve parámetros. Otros estudios como el de Pratti (1971), presenta un trabajo con trece parámetros y Dinius (1972) con once.

El ICA fue desarrollado base a las siguientes etapas: 1) consistió en crear una escala de calificación de acuerdo con los diferentes usos del agua; 2) involucró el desarrollo de la calificación de cada parámetro, de tal forma, que se estableciera una correlación entre los diferentes parámetros y su influencia con el grado de contaminación; y finalmente 3) la formulación de los modelos matemáticos, los cuales convierten los datos físicos en índices de calidad por parámetro ( $Sub_i$ ).

Debido a que ciertos parámetros son más significativos que otros en su influencia sobre la calidad del agua, se modeló los parámetros introduciendo pesos relativos de ponderación ( $w_i$ ),

---

<sup>6</sup>Horton (1965) y Liebman (1969), son pioneros en el intento de generar una metodología unificada para el cálculo del ICA.

según su orden de importancia. Finalmente, los parámetros fueron promediados a fin de obtener el ICA de la muestra de agua (Watler, 2010).

El cálculo del ICA en el presente trabajo se realizó utilizando como ejemplo y guía la propuesta del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET<sup>77</sup>) de la República de El Salvador y la tesis de maestría (Watler, 2008). Para el cálculo del ICA, se utilizan los 9 parámetros físico-químicos y bacteriológicos, los que se presentan en el siguiente cuadro.

*Cuadro 7. Parámetros y pesos relativos del ICA, según SNET*

<b>I</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>Unidades</b>	<b>w<sub>i</sub></b>
1	Coliformes fecales	NMP/100 mL	0.15
2	pH	valor de pH	0.12
3	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	DBO <sub>5</sub> mg/L	0.10
4	Nitrato	NO <sub>3</sub> mg/L	0.10
5	Fosfato	PO <sub>4</sub> mg/L	0.10
6	Temperatura	°C	0.10
7	Turbidez	UNT	0.08
8	Sólidos disueltos totales (SDT)	mg/L	0.08
9	Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	0.17

La evaluación numérica del método ICA, las técnicas multiplicativas y de ponderadas, así como la asignación de los pesos específicos, se debe a Brown et al. (1973), obteniéndose a partir de una media geométrica.

<sup>77</sup> SNET Servicio Nacional de Estudios Territoriales, San salvador, El Salvador.

### 3.7.2 Índice biológico de la calidad del agua

Mediante los índices biológicos se obtiene un valor numérico que expresa el efecto de la contaminación sobre una comunidad biológica y se basan en la capacidad de los organismos de reflejar las características o condiciones ambientales del medio en el que se encuentran. La presencia o ausencia de una especie o familia, así como su densidad o abundancia es la que se utiliza como indicador de la calidad.

La mayor diferencia entre los índices físico-químicos y los índices biológicos, es que estos últimos, permiten indicar el estado del agua en un periodo prolongado de tiempo, definido por la duración del ciclo vital de cada individuo, pero su debilidad es que es imposible identificar los agentes contaminantes existentes, por lo que su utilización debe ser complementaria y no sustitutiva a los índices físico-químicos.

Los índices biológicos pueden ser de dos tipos:

1. Índices bióticos: suelen ser específicos para un tipo de contaminación y/o región geográfica y, se basa en el concepto de organismo indicador. Permiten la valoración del estado ecológico de un ecosistema acuático afectado por un proceso de contaminación. Para ello, a los grupos de invertebrados de una

muestra se les asigna un valor numérico en función de su tolerancia a un tipo de contaminación. Los más tolerantes reciben un valor numérico menor y los más sensibles un valor numérico mayor, la suma de todos los valores indica la calidad de ese ecosistema acuático.

2. Índices de diversidad: miden la abundancia y biodiversidad de especies de un sitio, a mayor biodiversidad mayor puntuación. Asimismo, reflejan alteraciones en el número total de comunidades de organismos. Como ventajas de estos índices respecto a los bióticos, se destaca la no necesidad de la identificación de especies o familias, que no muestra información sobre la tolerancia a la contaminación y que no muestra síntomas a la contaminación.

Como ejemplo universal del Índice Biótico se conoce la BMWP, Biological Monitoring Working Party, la cual se basa en la asignación a las familias o taxas de macroinvertebrados bentónicos valores de tolerancia a la contaminación comprendidos entre 1 (familias muy tolerantes) y 10 (familias intolerantes). La suma de los valores obtenidos para cada familia detectada nos da el grado de contaminación del sitio estudiado.

Se consideran macroinvertebrados bentónicos a aquellos organismos invertebrados que desarrollan alguna fase de su

ciclo vital en el medio acuático y cuyo tamaño es superior a los 2 mm. Abarca insectos, moluscos, crustáceos, turbelarios y anélidos principalmente. La FAO (1992) enumera las principales razones para su uso como indicadores biológicos:

- ⇓ Sensibilidad y rapidez en la reacción ante distintos contaminantes con una amplia gradación en la respuesta frente a un variado espectro de clases y grados de estrés.
- ⇓ Ubicuidad, abundancia y facilidad de muestreo. Tamaño adecuado para su determinación en laboratorio.
- ⇓ Carácter relativamente sedentario, reflejando las condiciones locales de un tramo fluvial.
- ⇓ Fases del ciclo de vida suficientemente largas como para ofrecer un registro de la calidad medioambiental.
- ⇓ Gran diversidad de grupos faunísticos con numerosas especies, entre las cuales siempre habrá alguna que reaccione ante un cambio ambiental.

Una de las últimas adaptaciones para la Península Ibérica es la Iberian Biological Monitoring Working Party (IBMWP), de Alba-Tercedor et al. (2002), creada tras acuerdo obtenido en el III Congreso Ibérico de Limnología. Las puntuaciones asignadas a cada familia de macroinvertebrados, según el BMWP' se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Valores asignados a las familias de macro invertebrados bentónicos

Puntuación de las familias de macroinvertebrados para obtener BMWP	
Familias	Puntuación
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capnidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Athericidae, Blephariceridae	10
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae	8
Ephemereidae, Nemouridae, Rhyacophiliidae, Polycentropodidae, Limnephilidae	7
Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophidae, Gammaridae, Platycnemididae, Coenagruidae	6
Oligoneuridae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesidae	5
Baetidae, Caenidae, Halipidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sialidae, Piscicolidae, Hidracarina	4
Mesovelidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Pleidae, Notonectidae, Corixidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dysticidae, Gyrinidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Sphaeridae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae, Ostracoda	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Thaumaleidae, Ephydriidae	2
Oligochaeta (todas las clases), Syrphidae	1

¿Que son los macroinvertebrados? Son invertebrados con tamaño relativamente grande, visibles al ojo humano, (< 0,5 y > 3 mm). Están comprendidos por artrópodos, arácnidos, crustáceos e insectos, considerados entre los más abundantes, sobre todos en sus formas larvarias). También, se encuentran oligoquetos, hirudíneos y moluscos (detalles Anexos 4 y 5).

Los macroinvertebrados bentónicos son uno de los grupos biológicos más ampliamente utilizados como indicadores de calidad del agua, debido a algunas características peculiares, como:

- ✓ *Gran diversidad de especies* con diferente tolerancia a los niveles de contaminación.
- ✓ *Escasa movilidad.* Normalmente los macro invertebrados, en sus formas acuáticas, suelen vivir siempre “en el mismo lugar”.
- ✓ *Su muestreo e identificación* es relativamente sencillo.
- ✓ *Duración de sus vidas es en torno a un año*, por lo que proporciona una información de lo ocurrido en el río, mientras que los análisis físico-químicos, brindan información momentánea.

### **3.8. Importancia del bosque ribereño en la protección de las fuentes de agua**

Un bosque ribereño es un área que se encuentra junto o directamente influenciada por un cuerpo de agua. Ripario significa “perteneciente al banco de un río” por lo tanto, está referida a comunidades bióticas que viven a ambos lados de los ríos, quebradas, lagos e incluso en algunos humedales (Robins&Caín, 2002).

De acuerdo a Quevedo (2008), estas zonas pueden ser descritas como largas franjas lineales de vegetación adyacentes a riachuelos, ríos, lagos, embalses, y otros sistemas acuáticos, incluyendo sus bancales y los pantanos que se encuentran en las llanuras de inundación. Dichas franjas pueden estar constituidas por combinaciones de árboles, arbustos, gramíneas, dicotiledóneas y estructuras de bioingeniería adyacentes o



dentro de un río, diseñadas para mitigar el impacto del uso de la tierra sobre el río o riachuelo.

Los suelos de las franjas ribereñas ayudan a que se realicen los procesos de desnitrificación. Por lo que las vegetaciones ribereñas pueden ayudar a remover los herbicidas y eliminar el exceso de nitrógeno utilizado en el manejo de los cultivos agrícolas. Igualmente, Quevedo (2008), menciona que una franja ribereña puede estar constituida por tres zonas de manejo:

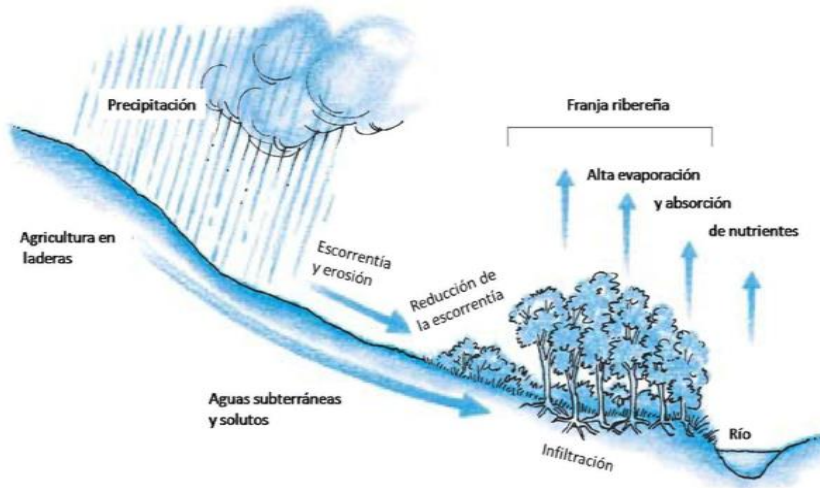
Zona 1: una zona estrecha y cercana a la orilla del río que a menudo incluye una mezcla de árboles nativos, arbustos, dicotiledóneas que se adaptan a las llanuras de inundación hidrológica. La principal función de esta zona es estabilizar las orillas del río y proporcionar desechos de maderas para hábitats acuáticos.

Zona 2: es un área adyacente a la zona 1, pero mucho más amplia, en esta área existen árboles de rápido crecimiento y arbustos que pueden tolerar inundaciones periódicas. Su principal función es la calidad del agua, absorbiendo y almacenando los nutrientes.

Zona 3: son zonas adyacentes a campos de cultivo o tierras con pastos que proporcionan una alta infiltración, filtración de

sedimentos, absorción de nutrientes y puede ayudar a dispersar la concentración de la escorrentía. Los pastos nativos y arbustos, son normalmente preferidos por sus múltiples beneficios y adaptabilidad.

Estas zonas proveen de hábitat a gran cantidad de especies silvestres, a la vez que actúan como corredores para el movimiento entre parches de vegetación en el paisaje fragmentado. Por lo general, son ecosistemas fértiles y productivos, con mejor calidad de suelos y es la última línea de defensa para la protección de la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos (Robins&Caín, 2002). Otra de las características importantes de las zonas ribereña es la influencia marcada sobre la organización de la diversidad y la dinámica de las comunidades asociadas con ecosistemas acuáticos y terrestres (Robert et al. 2000). Complementando sus valores ecológicos al brindar un amplio rango de valor económico y social, ofreciendo a las comunidades y productores recursos maderables y no maderables, además de servicios ecosistémicos (Robins&Caín, 2002). La siguiente figura muestra las funciones de la vegetación ribereña.



*Figura 1. Funciones generales de la vegetación ribereña*  
 Fuentes: Quevedo (2008)

### 3.9 Medidas de prevención y mitigación

Estamos viviendo la época de constantes variaciones del clima, traducida en fuerte y prolongadas lluvias, intensos calores, mayor frecuencia de huracanes, generalmente llamados “la niña” y “el niño”, pero todo tiene que ver con el fenómeno del cambio del clima a nivel global.

Esta realidad por si sola constituye para las autoridades un enorme desafío, debido a que cada año surgen diferentes problemas relacionados a la variación climática, lo que implicará mayores esfuerzos que se traducirán en medidas de prevención y de mitigación al clima.

### **3.9.1 Medidas de prevención**

Según la Ley Creadora del Sistema Nacional para Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRE); Ley No. 337, define como medidas de prevención al conjunto de actividades y acciones de carácter técnico y legal, que se deben establecer durante el proceso de planificación del desarrollo socio-económico, con el fin de evitar pérdidas de vidas humanas y daño a la economía, como consecuencias de algún desastre natural.

Con el fin de efectuar las acciones de común acuerdo, cuyo destino es la reducción del riesgos que se derivan de los desastres naturales y antropogénicos, la finalidad es la de proteger a la sociedad en general, sus bienes materiales y los del Estado.

### **3.9.2 Medidas de mitigación**

Las medidas de mitigación, es toda acción orientada a disminuir el impacto de los desastres naturales en la población y en la economía (Ley No. 337). De acuerdo a Maskrey (1993), la mitigación se define, como: "*Medidas de intervención dirigidas a reducir o atenuar el riesgo*".

En ese sentido, la mitigación es el resultado de la decisión a nivel político de un nivel de riesgo<sup>8</sup> aceptable obtenido de un análisis extensivo del mismo y bajo el criterio de que dicho riesgo es imposible reducirlo totalmente.

Ampliando un poco este concepto, se podría asegurar que la mitigación debe considerarse como un proceso de transformación de las condiciones de vida y las relaciones económicas, territoriales, ecológicas, políticas, sociales y culturales que determinan las condiciones de vidas. En este proceso, los actores principales de la mitigación son la población y sus organizaciones locales, que debe estrechar coordinación con el poder político y económico para tener resultados positivos (Thomas, 2010).

En resumen, se debe trabajar organizadamente formando pequeñas estructuras que se han capacitado y empoderado de la importancia que resulta el organizarse, capacitarse y tomar acciones en función de la preservación de los recursos naturales, medio ambiente y la salud de sus habitantes.

La forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de

---

<sup>8</sup>Riesgo: es la relación entre la frecuencia y las consecuencias de la ocurrencia de un evento determinado.

consumo es aplicando un planteamiento integral de evaluación de riesgos y gestión que abarque todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la cuenca de captación hasta su distribución al consumidor<sup>9</sup>, esto se traduce en establecer las medidas de prevención y de mitigación más objetivas, según la problemática ambiental, social, cultural y económica.

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 Área de estudio**

#### **4.1.1 Macro localización del área de estudio**

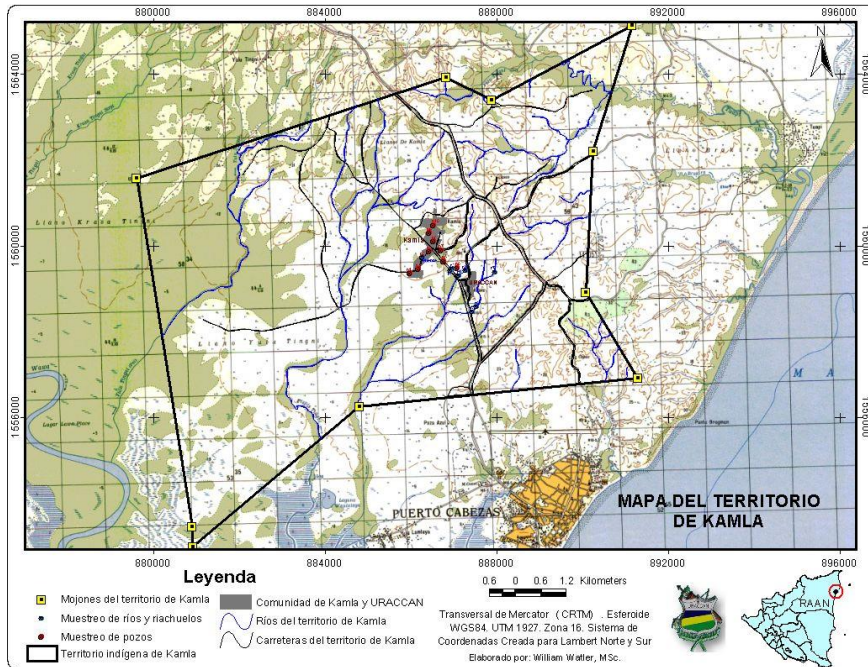
El territorio de la comunidad indígena Kamla conocido como “*territorio de Kamla*” se localiza en el municipio de Puerto Cabezas, Región Autónoma Costa Caribe de Nicaragua (RACCN), a 9.4 kilómetros en dirección noroeste de la ciudad de Bilwi, cabecera municipal de Puerto Cabezas. Tiene una extensión aproximada de 12,300 hectáreas (ha) y una población de 1,395 habitantes, en su totalidad de la etnia Miskita.

Colinda al Norte con la comunidad indígena de Yulu Tingni, al Sur con la comunidad de Lamlaya, al Este con la comunidad de Tuapí y al Oeste con el río Wawa. Administrativamente, se ubica en el territorio del bloque de las Diez Comunidades Indígenas de la RAAN y espacialmente presenta las siguientes coordenadas

---

<sup>9</sup> Guías de la OMS para la calidad del agua potable, tercera edición, 2004.

geográficas que conciernen a los mojones no titulados del territorio de Kamla (Mapa 1, Anexo 1).



*Mapa 1. Territorio de Kamla*

#### 4.1.2 Micro localización del área de estudio

En lo que concierne al área seleccionada para el presente estudio, ésta, se localiza en los ríos, riachuelos y pozos circundantes a la comunidad indígena de Kamla y de la universidad URACCAN (Mapa 2). Es importante poner de manifiesto, que la selección del área de muestreo contó con la

aprobación de la comunidad dueña del territorio, respetando de esta manera, el principio del derecho libre, previo e informado.

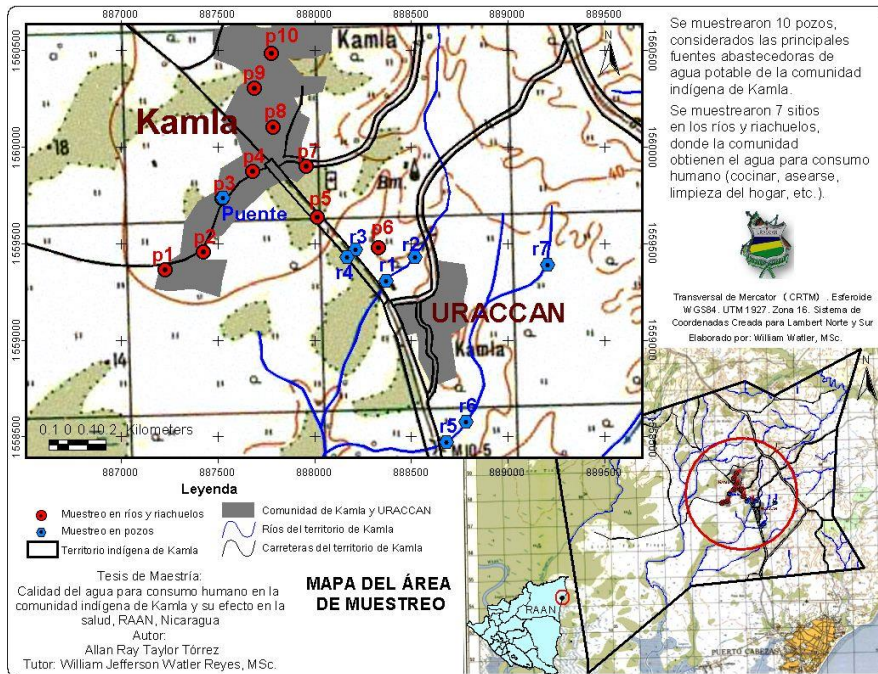
La elección del área circundante a la comunidad o área de estudio, obedeció a tres factores; el primero, se debió a la similitud de las causas y efectos del problema de agua para consumo humano y potable, en relación a las características biofísicas, socioeconómicas y culturales con las demás comunidades indígenas de la RACCN, por lo que no se requirió abarcar grandes extensiones del territorio o estudiar varias comunidades para llegar a resultados ó conclusiones representativas de la RACCN. El segundo factor, estuvo relacionado a su accesibilidad en todo momento del año, debido a que existe un transporte terrestre a cargo de la universidad URACCAN que hace recorridos de lunes a sábado. El tercer y último factor, obedeció a dos momentos: 1) a la existencia de resultados analíticos previos y 2) la cercanía de los sitios de muestreo con el laboratorio de la universidad URACCAN, la que reduciría la alteración o manipulación de las muestras recopiladas en campo.

De los factores señalados, el último (cercanía del área de muestreo con el laboratorio) se considera elemental, debido a que garantizó en más de un 90% los resultados del laboratorio y se debió a su escasa manipulación y tiempo transcurrido desde



el momento del muestreo en campo hasta su análisis en el laboratorio.

Un factor social también considerado en la selección del área de estudio, está referido a la población universitaria de URACCAN, que se contabilizan en casi mil estudiantes anuales entre temporales y permanentes, quienes se abastecen de agua para consumo humano y potable de fuentes subterráneas (pozos). En



Mapa 2. Área de estudio: sitios de muestreos

En el mapa 2 se exponen los 10 sitios de muestreo realizados al agua subterránea (pozos; puntos de color rojo) y los 7 sitios efectuados al agua superficial (ríos; puntos de color azul).

## **4.2 Fundamentación epistemológica**

El estudio está estructurado sobre una metodología cuantitativa de tipo exploratorio, porque recoge, procesa, encausa, analiza y enlaza únicamente datos cuantitativos en un mismo estudio; y además, porque tiene poco a nulo involucramiento de la conversión de datos cuantitativos a cualitativos o viceversa. El paradigma investigativo empleado es naturalista entrelazado en resultados técnicos interpretativos de una realidad causal.

## **4.3 Universo y muestra**

El universo corresponde al territorio de Kamla y las unidades de muestreo, a los ríos y pozos circundantes al área de la comunidad indígena de Kamla y universidad URACCAN. En relación a la selección de los 10 pozos, las muestras seleccionadas, están referidas al siguiente argumento:

⇓ De los 43 pozos que cuenta la comunidad, los 10 seleccionados conciernen a las principales fuentes de abastecimiento de para consumo humano y potable, y se debe a que fueron recientemente construidos y certificado

para tal fin, por parte de la ONG<sup>10</sup> llamada ALISTAR con fondos de la cooperación Japonesa. Además, por facilitar su abastecimiento, debido a que están repartidos de forma tal que facilitan el suministro a la comunidad.

- ⇓ En teoría, los 10 pozos representan el 100% de las fuentes de agua potable no así para consumo humano, debido a que también la obtienen de otras fuentes como los ríos y riachuelos situados en los alrededores de la comunidad.

De los nueve ríos que posee el territorio de Kamla, siete corresponden a los más significativos en términos de escurrimientos superficiales. De estos siete ríos, solamente tres fueron seleccionados para el muestreo, que equivalen al 42.8% de las muestras representativas; ya que figuran entre las principales fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano. Los tres ríos, corresponden a los nombres: Sahsing Laya, Slaubla Laya y el Ayan Brich, donde se efectuaron las siete muestras.

Para la selección de los sitios de muestreo se consideraron los siguientes argumentos locales.

- ⇓ Como resultado de la encuesta efectuada en el mes de noviembre del 2010; los comunitarios y líderes marcaban claramente como los sitios

---

<sup>10</sup> Organismo no gubernamental

donde recurren para abastecerse de agua para consumo humano, no así como agua potable.

- ⇓ En segundo lugar, porque los entrevistados mostraban y declaraban su interés en conocer el estado actual de las fuentes de agua, en términos de calidad para agua potable.

#### **4.4 Proceso metodológico**

El proceso metodológico fue desarrollado en cuatro etapas, las cuales corresponden a una secuencia lógica en el planteamiento de cada objetivo específico, como son: 1) el diagnóstico del estado ambiental de la comunidad, relacionado con las fuentes de agua para consumo humano; 2) la estimación de la calidad del agua superficial (ríos y riachuelos) a través del método ICA y bioindicadores biológicos (macroinvertebrados bentónicos); 3) el análisis de la calidad de las aguas subterráneas (pozos) destinados como agua potable, mediante la comparación de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos con la normativa establecida para Nicaragua y Centro América (norma CAPRE) y finalmente, 4) en base a los resultados, poder establecer una relación del efecto de la contaminación del agua superficial y subterráneas con la salud de la población indígena de Kamla, para establecer medidas preventivas y de mitigación ante la contaminación actual.

## **4.5 Proceso metodológico por objetivos específicos**

### **4.5.1 Diagnóstico ambiental de la comunidad, en relación a las fuentes de agua para consumo humano y potable**

Corresponde al objetivo primero del estudio;

Para realizar el diagnóstico del estado ambiental en la comunidad, relacionado con sus fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, se elaboró una encuesta o matriz diseñada de tal manera, que permitiera desarrollar entrevistas a los hogares de la comunidad, sin sesgo alguno y al mismo tiempo, poder aplicarla con la presencia o sin la presencia del comunitario.

**Objetivo específico 1.** Diagnosticar el estado ambiental de la comunidad, en relación a las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano

A manera de inventario, se plasmaron los siguientes elementos en la encuesta y/o matriz. Aspectos generales del territorio: cobertura vegetal existente, número de afluentes o ríos, afectación de las actividades de extracción de grava y arena, número de familias y población total, forma organizacional, servicios públicos, actividades económicas y productivas, ingresos percibidos por la comunidad. Aspectos específicos: tipo de viviendas, número de habitantes, existencia de pozos (agua subterránea) y fuentes de agua superficial (ríos y riachuelos)

destinadas al consumo humano y/o potable, existencias de letrinas, distancias entre los pozos y las letrinas (estimado), descargas de las aguas negras o grises (residuales), limpieza, disposición de la basura (residuos sólidos y líquidos), principales actividades económicas que generan contaminaciones (taller de reparación de motores, residuos de mariscos, granjas de animales, entre otros), uso que le dan al agua del pozo, tratamiento al agua potable y otros (Anexo 2, inciso a y b).

Datos que fueron agrupados en una tabla de Excel, para facilitar su almacenamiento, procesamiento y análisis. A la par se realizó en cada sitio un análisis de riesgos sanitarios; esta actividad tuvo como guía el estudio realizado por Mendoza en el año 2010, para todo el país denominado RADWQ.

Finalmente, se estableció un cuadro de interrelaciones, con el propósito de conocer el apoyo percibido por la comunidad y el apoyo proveído por parte de las instituciones (Anexo 2, inciso c y d). Los resultados fueron procesados en el programa con matrices de la plataforma UCINET 6.85 y NETDRAW 1.48, las cuales se componen de tres elementos básicos: nodos o

actores<sup>11</sup>, vínculos o relaciones<sup>12</sup> y flujo<sup>13</sup> direccional o procedencia del apoyo (Gráfico 4).

#### **4.5.2 Estimación de la calidad del agua superficial (ríos), en las fuentes de agua para consumo humano, mediante el ICA y macroinvertebrados bentónicos**

Corresponde al objetivo segundo del estudio;

**Objetivo específico 2.** Estimar la calidad del agua superficial (ríos), mediante el índice de calidad de agua (ICA) y bioindicadores acuáticos (macro invertebrados bentónicos).

El proceso metodológico del objetivo dos se desarrolló en diferentes fases, las cuales correspondieron a una sucesión de actividades que dieron cumplimiento al objetivo, en seguida se detallan las fases del objetivo.

##### **4.5.2.1 Selección de metodologías**

Las metodologías seleccionadas para estimar la calidad del agua superficial (ríos) en la comunidad indígena de Kamla, correspondió al: 1) Índice de Calidad de Agua (ICA), que tiene

---

<sup>11</sup> Nodos o actores: son los actores que se encuentran directa e indirectamente en la cuenca y que están ejerciendo una acciones alguna acción dentro del SE. Están representado por círculos de color rojo.

<sup>12</sup> Vínculo: son los lazos que existen entre dos o más nodos. En la red de interrelaciones, un actor muestra un vínculo directo con otro actor. Los vínculos o relaciones se representan con líneas

<sup>13</sup> El flujo: indicad la dirección del flujo o relación. Cuando un actor no tiene ningún tipo de flujo, lo que a su vez implica ningún vínculo se dice que este actor esta suelto dentro la Red.

como propósito facilitar la interpretación de los datos físicos, químicos y biológicos de los sitios muestreados (ríos), donde la comunidad obtiene agua para consumo humano, la cual mediante una expresión matemática que representa 9 parámetros, permite estimar su calidad hídrica superficial; y 2) la metodología de bioindicadores acuáticos de los macroinvertebrados bentónicos, como un índice que se calcula sumando las puntuaciones asignadas a las distintas familias de macroinvertebrados identificados en los sitios muestreados, según su grado de sensibilidad al agua contaminada.

El puntaje se asigna una sola vez por familia, independientemente de la cantidad de individuos o géneros encontrados, siendo la suma del puntaje de todas las familias identificadas en el sitio de muestreo, el valor final que estima el índice de la calidad del agua, según las categorías establecidas. Como complemento, se valoró la estructura de la vegetación ribereña con la finalidad de poder relacionar la contaminación actual estimada con el estado actual del bosque o vegetación ribereña.

En seguida se detallan las actividades del proceso metodológico: ICA, bioindicadores acuáticos bentónicos y la valoración de la estructura de la vegetación ribereña, que estimaron la calidad del agua superficial o ríos.



a. Actividades del método ICA. Paso 1. Consistió en la *Selección de las variables o parámetros*: de acuerdo a la propuesta de Brown citado por SNET (2002), conciernen a 9 parámetros, las cuales son: coliformes fecales (NMP/100 mL), pH (unidades o valor de pH), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub> mg/L), nitrato (NO<sub>3</sub> mg/L), fosfato (PO<sub>4</sub> mg/L), temperatura (°C), turbidez (UNT), sólidos disueltos totales (mg/L) y oxígeno disuelto (OD en mg/L). Datos que fueron obtenidos en campo y analizados en el Laboratorio de agua y suelo de la universidad URACCAN.

Paso 2. Se basó en la *selección de la fórmula matemática de agregación y en la determinación de los subíndices para cada parámetro*: para la estimación se utilizó la ecuación del promedio multiplicativo ponderado ( $ICA_m$ ); esta ecuación es superior a la aritmética, porque, estima con mayor efectividad las variaciones mínimas del valor de los nueve parámetros, reflejando una mayor precisión en el cambio en la calidad del agua. A continuación, se muestra la ecuación matemáticamente empleada:  $ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i})$ .

Donde:  $ICA_m$  = índice de calidad de agua del promedio multiplicativo ponderado;  $w_i$  = pesos relativos asignados a cada parámetro del sub<sub>i</sub> o peso del i-ésimo parámetro ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea

igual a uno (Cuadro 13); y  $Sub_i$  = subíndice del parámetro  $i$  o valor del subíndice del  $i$ -ésimo parámetro.

Para estimar el valor ICA en las ecuaciones era necesario obtener los  $Sub_i$  de los distintos parámetros por medio de sus respectivos gráficos (Anexo 3), como se explica a continuación. En la ecuación, al del  $Sub_i$  se le elevan los valores  $w_i$  y se multiplican los nueve valores, obteniéndose de esta manera la estimación del ICA.

*Cuadro 9. Pesos relativos para cada parámetro del ICA*

<b>I</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>Unidades</b>	<b>w<sub>i</sub></b>
1	Coliformes fecales	NMP/100 mL	0.15
2	pH	Unidades o valor de pH	0.12
3	DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	0.10
4	Nitratos	NO <sub>3</sub> mg/L	0.10
5	Fosfatos	PO <sub>4</sub> mg/L	0.10
6	Temperatura	°C	0.10
7	Turbidez	UNT	0.08
8	Sólidos disueltos totales	mg/L	0.08
9	Oxígeno disuelto	mg/L	0.17

Fuente: SNET (2002)

De acuerdo a SNET (2002), se describen los pasos a seguir para obtener los  $Sub_i$  de las distintas gráficas del ICA (Anexo 3).

⇓  $Sub_i$  coliformes fecales: si los resultados de coliformes fecales son mayores de 100,000 bact/100 mL el  $Sub_i$  tendrá el valor 3; y si es menor

- de 100,000 bact/100 mL, se deberá buscar el valor en el eje (X) de la figura en Anexo 3, interpolando al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado, es el  $Sub_1$  de coliformes fecales y se procede a elevarlo al peso  $w_1$ .
- ↴  $Sub_1$  de pH: si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades, el  $Sub_2$  es igual a 2; y si el valor de pH es mayor a igual a 10 unidades, el  $Sub_2$  es igual a 3. Si el valor está entre 2 a 10 se deberá buscar el valor en el eje (X) de la figura en Anexo 3, interpolando al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el  $Sub_2$  de pH y se procede a elevarlo al peso  $w_2$ .
- ↴  $Sub_1$  DBO<sub>5</sub>: si el DBO<sub>5</sub> es mayor de 30 mg/L, el  $Sub_3$  es igual a 2. Si es menor de 30 mg/L, se debe buscar el valor en el eje (X) en la figura en Anexo 3, interpolando el valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el  $Sub_3$  de DBO<sub>5</sub> y se procede a elevarlo al peso  $w_3$ .
- ↴  $Sub_1$  del nitrato: si el valor del nitrato es mayor de 100 mg/L, el  $Sub_4$  es igual a 2. Si es menor de 100 mg/L, se deberá buscar el valor en el eje (X) en la figura en Anexo 4, interpolando al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el  $Sub_4$  de nitrato y se procederá a elevarlo al peso  $w_4$ .
- ↴  $Sub_1$  del fosfato: si el fosfato es mayor de 10 mg/L, el  $Sub_5$  es igual a 5. Si es menor de 10 mg/L, se deberá buscar el valor en el eje (X) en la figura en Anexo 3, interpolando al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el  $Sub_5$  de fosfato y se procederá a elevarlo al peso  $w_5$ .

- ↯ Sub<sub>1</sub> de la temperatura: para el parámetro de temperatura primero se calcula la diferencia entre la  $T^{\circ}_{ambiente} - T^{\circ}_{muestra}$  y, con el valor obtenido se procede a obtener el Sub<sub>6</sub>. Si el valor de esa diferencia es mayor de 15°C el (Sub<sub>6</sub>) el valor es 9. Si el valor obtenido es menor de 15°C, se deberá buscar el valor en el eje (X) en la figura en Anexo 3, interpolando al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el Sub<sub>6</sub> de temperatura y se procede a elevarlo al peso  $w_6$ .
- ↯ Sub<sub>1</sub> de turbidez: si la turbidez es mayor de 100 UNT, el Sub<sub>7</sub> es igual a 5. Si es menor de 100 UNT, se deberá buscar el valor en el eje (X) en la figura en Anexo 3, interpolando al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el Sub<sub>7</sub> de turbidez y se procede a elevarlo al peso  $w_7$ .
- ↯ Sub<sub>1</sub> de sólidos disueltos: si el valor de los sólidos disueltos totales son mayores de 500 mg/L, el Sub<sub>8</sub> es igual a 3, y si es menor de 500 mg/L, se deberá buscar el valor en el eje (X) en la figura en Anexo 3, interpolando al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el Sub<sub>8</sub> de residuos disueltos totales y se procede a elevarlo al peso  $w_8$ .
- ↯ Sub<sub>1</sub> de oxígeno disuelto (OD): para el parámetro es necesario calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua. Este porcentaje de saturación es la cantidad de oxígeno disuelto en la muestra de agua comparada con la cantidad máxima que podría estar presente a la misma temperatura. En definitiva los valores del porcentaje de saturación de OD de entre 80 a 120% se consideran excelentes y los valores menores al 60% o superiores a 125% se consideran malos. El OD en unidades

(mg/L) puede ser determinado con el valor de la temperatura del agua (Cuadro 14) y de esta manera estimar el porcentaje de saturación del OD a través de una interpolación en la figura en Anexo 3.

*Cuadro 10. Solubilidad del oxígeno en agua dulce*

Temp. °C	OD mg/L	Temp. °C	OD mg/L	Temp. °C	OD mg/L	Temp. °C	OD mg/L
1	14.19	12	10.76	23	8.56	34	7.05
2	13.81	13	10.52	24	8.40	35	6.93
3	13.44	14	10.29	25	8.24	36	6.82
4	13.09	15	10.07	26	8.09	37	6.71
5	12.75	16	9.85	27	7.95	38	6.61
6	12.43	17	9.65	28	7.81	39	6.51
7	12.12	18	9.45	29	7.67	40	6.41
8	11.83	19	9.26	30	7.54	41	6.31
9	11.55	20	9.07	31	7.41	42	6.22
10	11.27	21	8.90	32	7.28	43	6.13
11	11.01	22	8.72	33	7.16	44	6.04

Finalmente si el porcentaje de saturación de OD es mayor de 140%, el  $Sub_9$  es igual a 50. Si el valor obtenido es menor a 140% de saturación de OD se busca el valor en el eje (X), interpolando al valor en el eje de las (Y). El valor es el  $Sub_9$  de OD y se procede a elevarlo al peso  $w_9$ .

En resumen, el  $ICA = (Sub_1)^{0.15} \times (Sub_2)^{0.12} \times (Sub_3)^{0.10} \times (Sub_4)^{0.10} \times (Sub_5)^{0.10} \times (Sub_6)^{0.10} \times (Sub_7)^{0.08} \times (Sub_8)^{0.08} \times (Sub_9)^{0.11}$ . El valor obtenido, corresponde al índice ICA de carácter general, orientado hacia aguas con potenciales para abastecimiento de agua para consumo humano.

Paso 3. Consistió en la comparación del valor estimado con la clasificación del ICA establecida por Brown, citado por SNET (2002); donde el ICA adopta para condiciones óptimas un valor máximo de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación del curso del agua en estudio. En el cuadro 15, se muestra la clasificación de la calidad del agua superficial de acuerdo a los rangos (colores) y valores del ICA y sus respectivos usos como agua para consumo humano (León, 1991), y finalmente el cuadro 16, muestra la manera en que se ordenan los nueve parámetros para la estimación del ICA.

*Cuadro 11. Clasificación del ICA y su uso del agua*

Calidad de agua	Color	Valor	Uso del agua para consumo humano
Excelente		91 – 100	No requiere purificación para su consumo humano
Buena		71 – 90	Requiere purificación mínima, debido a su dudoso consumo sin purificar
Regular		51 – 70	Requiere tratamiento potabilizador
Mala		26 – 50	Requiere un tratamiento especial con inspecciones de calidad continuos
Pésima		0 – 25	Inaceptable para el consumo

Fuentes: SNET (2005); León (1991)

*Cuadro 12. Hoja de cálculo para la estimación del ICA*

Parámetros		Unidades	Peso asignado (w)	Valor medido (a)	Valor (Subj) (b)	b <sup>w</sup>
1	Coliformes Fecales	NMP/100 mL	0.15			
2	pH	pH	0.12			

3	DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.10			
4	Nitratos	mg/L	0.10			
5	Fosfatos	mg/L	0.10			
6	Temperatura	°C	0.10			
7	Turbidez	UNT	0.08			
8	Sólid.disuel. totales	mg/L	0.08			
9	Oxígeno disuelto	% saturación	0.17			
Valor ICA (promedio multiplicativo ponderado)						

Fuente: Watler (2008)

b. Actividades del método de bioindicadores acuáticos bentónicos o biological monitoring party (BMWP). Paso 1. Consistió en la *selección del número de familias de macro invertebrados bentónicos a muestrear*, por las características de la vegetación ribereña con fuerte influencia del bosque de pinares de vegetación rala y poca fauna existente, se optó por la selección de la guía del índice de macroinvertebrados con asignación de 10 familias (Anexo 4 y 4a).

Paso 2. *Sitios de muestreos, recolección e identificación de macroinvertebrados, materiales y equipos utilizados*; se consideraron algunas condiciones básicas para la elección de los sitios de muestreos, como: fácil acceso, es decir, sitios con aguas no muy profundas, ni muy secas y principalmente que pertenecieran a las principales fuentes de abastecimiento de

agua para consumo humano de la comunidad indígena de Kamla.

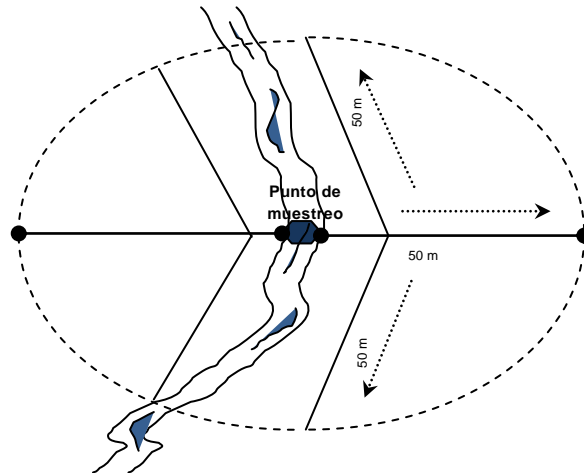
Con respecto a la recolección e identificación de los macroinvertebrados, inicialmente se efectuó un taller de preparación a los estudiantes de ingeniería agroforestal, con el propósito de instruirlos en la utilización de los equipos y materiales a ser utilizados en la recolección e identificación de los diez bioindicadores y del llenado de las hojas de campo. Dentro de los materiales y equipos se mencionan: lupa, red o trampa, bandeja, colador, botas de hule, guantes de plásticos, claves o ilustraciones para la identificación, fichas de campo, lista de macro invertebrados observados y capturados, GPS, termómetro de mercurio, machetes, entre otros.

Paso 3. *Cálculo del índice de macroinvertebrados*; una vez capturados los bioindicadores se procedió a la identificación, clasificación por familias y puntuación por medio de la comparación visual de los macro invertebrados, con el apoyo del manual de procedimiento (Anexo 4a). Posteriormente, a través de la comparación de la suma de las puntuaciones con el cuadro de las escalas para determinar la calidad de las aguas, según BMWP, se obtuvo la valoración del índice biológico de macroinvertebrados ó calidad del agua (Anexo 4b y 4c).



c. Actividades para la valoración de la estructura de la vegetación ribereña. Paso 1. Se basó en la *selección de las bandas 1 y 2*, según metodología (Anexo 8). Para el presente estudio solo fue valorada la banda 2 (Anexo 5).

Paso 2. *Muestreo de la banda 2*, inicio desde el punto de muestreo, 50 m agua arriba y 50 m agua abajo; rango donde se valoró las variables: continuidad longitudinal, dimensión (anchura), composición y estructura (Figura 2, Anexo 5a y 5b). A continuación esquema de muestreo.



*Figura 2. Muestreo para la valoración de la estructura de la vegetación ribereña en los ríos de la comunidad de Kamla*

#### **4.5.2.2 Selección de los sitios y época de muestreos**

La selección de los sitios de muestreos, inició con la elaboración del mapa de drenaje superficial o ríos del territorio de Kamla,

donde se contabilizan nueve afluentes o ríos, de estos, siete fueron considerados como los más importantes por mantener el escurrimiento superficial durante casi todo el año y finalizó una vez aplicada y analizada las encuestas, que fue diseñada para conocer el estado ambiental de la comunidad, en relación a las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano (objetivo 1), donde se constató, las fuentes o sitios de abastecimiento de aguas; es decir, el agua utilizada para ducharse, lavar sus ropas, viviendas y utensilios de cocina, inclusive para cocinar, etc. Puntos que se ilustran en el mapa 2, llamado *Áreas de estudios: sitios de muestreos*.

La época de muestreo correspondió al mes de noviembre llamado periodo de transición (invierno a verano), definidas en base a la información del gráfico<sup>1</sup>; donde se representa de manera conjunta el comportamiento mensual de los elementos del clima (temperatura, precipitación, velocidad del viento y humedad relativa).

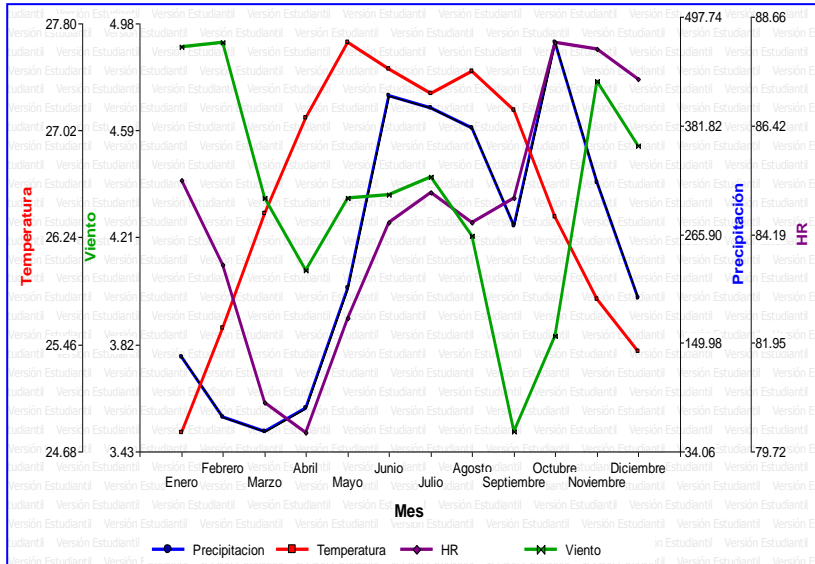


Gráfico 1. Medias de precipitación, temperatura, viento y humedad relativa de la zona de estudio, Fuente: Figueroa 2010

#### 4.5.2.3 Trabajo de campo

La primera actividad, consistió en la toma de muestras en los sitios o fuentes de abastecimiento de agua previamente seleccionada. Los instrumentos y materiales utilizados para la recolección de las muestras fueron provistos en parte por el Laboratorio de Agua y suelo de la URACCAN y complementados por ensayos el LRC<sup>14</sup>, los cuales consistieron en:

Beaker de vidrio con capacidad de 250 ml, papel parafina, hielera, cintas universales de medición de pH y termómetro de mercurio para medir la temperatura del agua durante la etapa de campo. También se contó con el apoyo de los estudiantes

<sup>14</sup> Laboratorio Regional de Criminalística, de la Policía Nacional.

holandeses en lo referente al material para la determinación de coliformes totales y coliformes fecales<sup>15</sup>.

Para el proceso de muestreo se consideraron las recomendaciones de control y protocolo de CEQIATEC, del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITC) y del manual de procedimiento de muestreo químico (CQ-PM-QUI-11), garantizando así la confiabilidad de los datos de campo.

La segunda actividad, involucró el llenado de la hoja de campo previamente elaborada, donde se registraron y codificaron los datos obtenidos *in situ* durante el momento del muestreo.

En lo que concierne al ICA, para facilitar la lectura de los parámetros se utilizaron frascos de precipitados o beaker de 250 ml, donde se tomaron las muestras de agua en el sitio. Para la lectura de la temperatura del agua se introdujo el termómetro en el recipiente y pasado dos minutos se procedió a la lectura de la temperatura, seguidamente se secó el termómetro con papel absorbente se sujetó el termómetro con el brazo extendido por unos dos minutos y luego se tomó la lectura de la temperatura del aire. En relación a la lectura del pH, inicialmente se introdujo la cinta de papel universal y de inmediato se procedió a su

---

<sup>15</sup> Estudiantes holandeses realizaron análisis de muestras de agua en diversos sitios de Puerto Cabezas, Kamla, Uraccan y relacionados a sus Tesis en Saneamiento Ambiental, a cargo de la Lic. Elina Partí.

lectura, comparando el color de la cinta, con el estuche de colores que indican los rangos de valores del pH.

Al final del procedimiento se recolectó 1 litro de agua, como muestra, que fue empacada en un termo con hielo; adicionalmente se recolectó 500 ml de muestra de agua para el estudio del parámetro DBO, todas protegidas en una bolsa plástica de color negro. Procedimiento, que fue aplicado en cada sitio de muestreo, para finalmente trasladar las muestras al Laboratorio de la Universidad URACCAN, para sus análisis correspondientes.

#### **4.5.2.4 Análisis de laboratorio y comparación de resultados**

En esta etapa de la investigación se procedió a analizar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos: coliformes fecales, E. Coli, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, pH, conductividad y cloro<sup>16</sup> residual libre; adicionalmente se efectuaron análisis de otros parámetros, como: nitrato, fosfato, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto y demanda bioquímica. El procedimiento de medición de cada uno de los parámetros fue el establecido por la Estándar Methods for the

---

<sup>16</sup> Se consideró de importancia averiguar si era posible encontrar cloro libre residual, debido a que la presencia de éste, constituye una garantía en la eliminación de las bacterias presentes en el agua de los pozos.

Examination of Water and Wastewater 20th ed. 1998. APHA-AWWA-WEF, de los Estados Unidos de Norte América.

En última instancia, los resultados obtenidos del análisis de cada una de las muestras en el laboratorio y de los datos de campo, se incorporaron en una tabla de resultados para ser comparados con la norma técnica obligatoria nicaragüense (NTON 09 003 - 99) y la norma CAPRE.

#### **4.5.3 Análisis de la calidad del agua subterránea (pozos), que abastecen de agua potable a la comunidad**

Corresponde al objetivo tercero del estudio;

**Objetivo específico 3.** Analizar la calidad del agua subterránea (pozos) utilizada como agua potable, mediante la comparación de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos con la normativa nacional.

El proceso metodológico del objetivo tres se desarrolló en diferentes fases, las cuales correspondieron a una sucesión de actividades paralelas al objetivo dos. A continuación se detallan las actividades de las fases del objetivo.

##### **4.5.3.1 Trabajo de campo**

El trabajo de campo inicio paralelamente al muestreo de los ríos, es decir, perteneció al periodo de transición (invierno a verano). La primera actividad, consistió en la selección de los 10 principales pozos que abastecen de agua potable a la comunidad, luego se procedió a la recolección de las muestras. Los materiales e instrumentos de campo utilizados fueron: beaker de vidrio con capacidad de 250 ml, papel parafina, hielera, cintas universales de medición de pH, termómetro de mercurio, hojas de campo previamente elaboradas y GPS.

La segunda fase comprendió las actividades de: ubicación geográfica de los pozos con GPS; recolección de una primera muestra de 1 litro de agua, la que fue rotulada de acuerdo al número de pozo y depositada en un termo con hielo debidamente sellado para ser utilizada en el análisis de los parámetros mínimos requerido por la norma nacional del sector rural; una segunda muestra de 500 ml para el análisis de coliformes E. Coli y DBO; y finalmente una tercera de 500 ml, para el análisis de parámetros adicionales.

Dentro de las mediciones en campo se distinguen las lecturas de la temperatura del agua y aire<sup>17</sup> y medición del pH. La temperatura del agua fue estimada a través del termómetro de mercurio que se introdujo dentro del recipiente que contenía la

---

<sup>17</sup> Es preferible un lugar con sombra con poca incidencia de los rayos solares.

muestra; en relación a la lectura de la temperatura del aire, inicialmente fue secado el termómetro por la parte superior y al cabo de dos minutos se procedió a su lectura. Los datos de pH fueron obtenidos a través de la cinta, la que fue introducida en el recipiente de la muestra y comparando los colores de la cinta con los valores estandarizados del estuche se obtuvo la lectura, que fue anotada en la hoja de campo.

El mismo procedimiento fue aplicado a cada pozo, recolectando todas las muestras requeridas de los 10 pozos. Al finalizar ésta actividad las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de la Universidad URACCAN, donde se realizaron los análisis correspondientes.

#### **4.5.3.2 Análisis de laboratorio y comparación de los datos con la normativa nacional**

En esta etapa del trabajo se procedió a analizar los parámetros mínimos requeridos por la norma nacional, como: fisicoquímicos y bacteriológicos: coliformes fecales, E. Coli, olor, sabor, color, turbiedad, pH, conductividad y cloro<sup>18</sup> residual libre.

---

<sup>18</sup> Se consideró de importancia averiguar si era posible encontrar cloro libre residual, debido a que la presencia de éste, constituye una garantía en la eliminación de las bacterias presentes en el agua de los pozos.



Adicionalmente, se realizaron análisis de los siguientes parámetros: nitrato, fosfato, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, demanda química y demanda bioquímica de oxígeno. El procedimiento de medición fue el establecido por el Manual de procedimientos analíticos de la Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th ed. 1998. APHA-AWWA-WEF, de los Estados Unidos de Norte América.

Los resultados del análisis para cada una de las muestras en el laboratorio y datos de campo fueron incorporaron en una tabla Excel, con la finalidad de poder facilitar la comparación de los valores con la normativa de calidad del agua (NTON 9 001 99).

#### **4.5.4 Valoración del efecto de la contaminación del agua superficial y subterránea en la salud de la población indígena, para el establecimiento de medidas preventivas y de mitigación**

Corresponde al objetivo cuarto del estudio;

**Objetivo específico 4.** Valorar el efecto de la contaminación del agua para consumo humano y potable en la salud de la población de Kamla, para el establecimiento de medidas de prevención y mitigación.

En ésta fase se efectuó una revisión exhaustiva en el registro estadístico del Puesto de Salud ubicada en la comunidad y del policlínico regional de la ciudad de Bilwi, comprendido entre los meses de agosto del 2010 a enero del 2011, considerado como el periodo crítico, porque da inicio a la época de invierno y es donde ocurren las mayores perturbaciones al agua superficial y subterránea.

El objetivo consistió en documentar todas las consultas realizadas a los pobladores de Kamla y/o tipos de enfermedades o malestares que presentaban las mayores solicitudes de atención médica. Registros que facilitó la obtención de la información requerida para el presente análisis y al mismo tiempo, ayudo a establecer las comparaciones entre la calidad del agua versus la salud de la población.

Una vez obtenidos los registros estadísticos de los seis meses del periodo 2010 al 2011, se procedió a reclasificar la información diferenciándola entre infantes (niños) y adultos y por enfermedades, cuyo origen tenía que ver con la higiene versus agua consumida, por ejemplo; enfermedades diarreicas, gastrointestinales y parasitosis, que fue sintetizada en una tabla en archivo Excel (Anexo 8).

En lo que respecta a las medidas de acción y gestión local del recurso hídrico, estas fueron definidas e incorporadas como las

medidas de prevención y mitigación del recurso hídrico ante la contaminación actual y sus efectos en la población de la comunidad. Al mismo tiempo, éstas medidas pretenden dar las pautas para una planificación sanitaria del territorio a corto, mediano y largo plazo, es decir, deliberado para cinco, diez y quince años. En último lugar, se esquematiza el proceso metodológico de la presente investigación a través de siguiente figura.

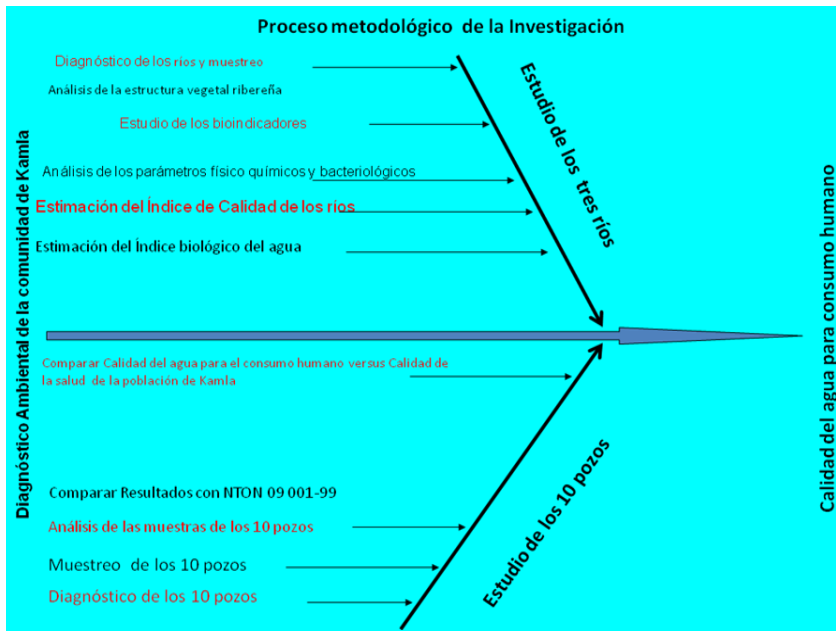


Figura 3. Esquema general del proceso metodológico de la investigación

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1 Diagnóstico ambiental de la comunidad indígena de Kamla, con énfasis en las fuentes de agua para consumo humano y potable**

Para dimensionar adecuadamente la importancia de los resultados obtenidos en el diagnóstico ambiental del recurso hídrico de la comunidad, es necesario en primer lugar conocer algunas características generales de la comunidad y su entorno, que a continuación se describe.

#### **5.1.1 Caracterización de la comunidad de Kamla**

La caracterización ambiental de la comunidad de Kamla, está descrita en dos momentos: **El primero**, hace referencia a los aspectos generales del territorio, detallando sus características biofísicas y red hídrica del drenaje superficial; **el segundo**, incorpora las características socioeconómicas de la comunidad y su entorno, haciendo énfasis en las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano y potable de una manera cuantitativa, debido a que se toma como base el resultado de las encuestas, la información estadística del puesto de salud de Kamla y del policlínico de la ciudad de Bilwi.

### **5.1.1.1 Características biofísica del territorio**

El territorio de Kamla, tiene una extensión aproximada de 12,300 Ha (12.3 km<sup>2</sup>), localizada en la hoja cartográfica 3558-III a escala 1:50000, en dirección noreste de la ciudad de Bilwi, cabecera municipal de Puerto Cabezas, RAAN, Nicaragua.

#### **a. Topografía**

Su configuración superficial o morfológica se caracteriza por ser de extensión plana a ligeramente ondulada y se debe a la predominancia de pendientes que varían de entre 2 a 8% y elevaciones de 4 a 9.4 msnm.

#### **b. Edafología**

De acuerdo a las características físico-químicas del suelo, al territorio se le ha catalogado preliminarmente como suelos de orden Ultisols<sup>19</sup> ó suelos de zonas húmedas tropicales intensamente meteorizados, y en menor rango de superficie como suelos de orden Oxisols<sup>20</sup>, llamado también suelos tropicales meteorizados a causa de las prolongadas e intensas precipitaciones; generalmente de formación reciente con

---

<sup>19</sup>Ultisols: suelo con horizonte B arenoso y de baja fertilidad, asociado a problemas de acidez. En el territorio corresponde a suelos con un horizonte argílico de poco espesor, con poca presencia de vegetación arbórea, con un % de saturación de bases inferior al 20%, suelos de color gris y presencia de saturación hídrica.

<sup>20</sup>Oxisols: suelos tropicales ricos en sesquióxidos de hierro y aluminio, presentan proporción de arcillas 1:1. Se forman sobre antiguos suelos del trópico húmedo, muy meteorizados, de escasa fertilidad y tienden a presentar texturas gruesas, debido a su alto grado evolutivo y a la relación del mismo con el tamaño de las partículas.

horizontes lateríticos y bauxíticos de origen aluvional. Ambos suelos están constituidos por materiales de arena y grava útiles como materiales de construcción local, las que provienen de la desintegración y erosión de las serranías volcánicas ubicadas al noroeste de la región (DeLorenzo, 2009).

De acuerdo a FADCANIC y Peralta & Joyas (2004), estas características lo definen como un suelo de baja fertilidad, de textura arenosa, pH ácidos (menor de 5.7), suelos ricos en sílice y aluminio y, con pocas reservas de bases intercambiables, por lo que tienen poco valor agrícola.

### **c. Precipitación**

El clima se caracteriza por una precipitación anual mayor a los 3000 mm, con una temperatura promedio de 26.6 °C y humedad relativa entre 84.8 a 91.7%. Los meses de marzo y abril corresponden a los periodos secos que se extienden cinco meses y el mes de julio al periodo más lluvioso (Asencio, 2002).

Se ha identificado como factor negativo en el territorio la variabilidad climática, expresada en lluvias intensas, lo que numerosas veces contribuye a inundaciones. Además, se cataloga como territorio muy vulnerable al impacto de fenómenos meteorológicos extremos como los huracanes, ciclones y tormentas eléctricas tropicales.

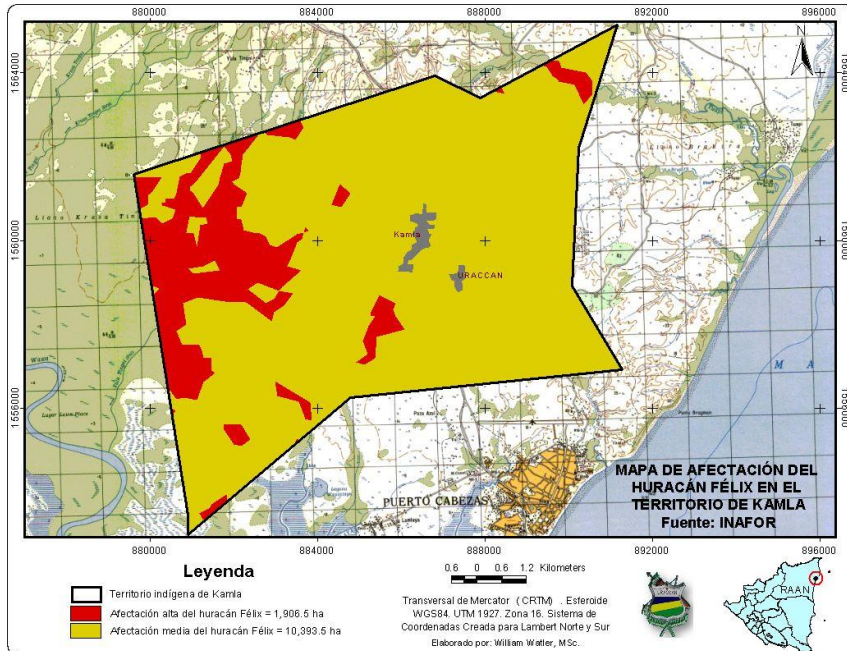
#### **d. Cobertura vegetal**

Dentro del territorial existen dos ecosistemas bien diferenciados; 1) el bosque de pinares (*Pinus caribae*) de vegetación rala, llamada también sabana (llano), la cual representa el 99.1% del territorio; y 2) el bosque de galería o vegetación ribereña con 0.9% del área total, expresada por 5 m en ambos lados de los ríos.

La cobertura vegetal se constituye por especies de coníferas y arbustos bajos, típicos del vegetación ribereño de sabana, de manera generalizada se mencionan las especies más representativas: *Pinus caribae* (pino), *Cuaratella americana* (chaparro), *Byrsominacrassifolia* (nancite), *BochysiaHondurensis* (palo de agua), *Aceloraphe w.* (Palma ancha), *Crhysobalanusicaco* (icaco). Actualmente, la mayor parte de la vegetación es joven y, según el índice de crecimiento (12), el bosque de pino no tiene capacidad de ser aprovechada de manera comercial o realizar un plan de aprovechamiento forestal (FADCANIC, 1999; Abner, 2010).

La vegetación actual muestra secuelas del impacto del huracán Félix (categoría 5), con niveles de perturbaciones de media a alta (INAFOR, 2008). En el mapa 3, se muestran los niveles de afectaciones del huracán al bosque de pino en 15.5% del área

total, con un nivel de afectación alta (1,906.5 ha; color rojo) y 84.5% (10,393.5 ha; color mostaza) de afectación media.



Mapa 3. Afectación del huracán Félix

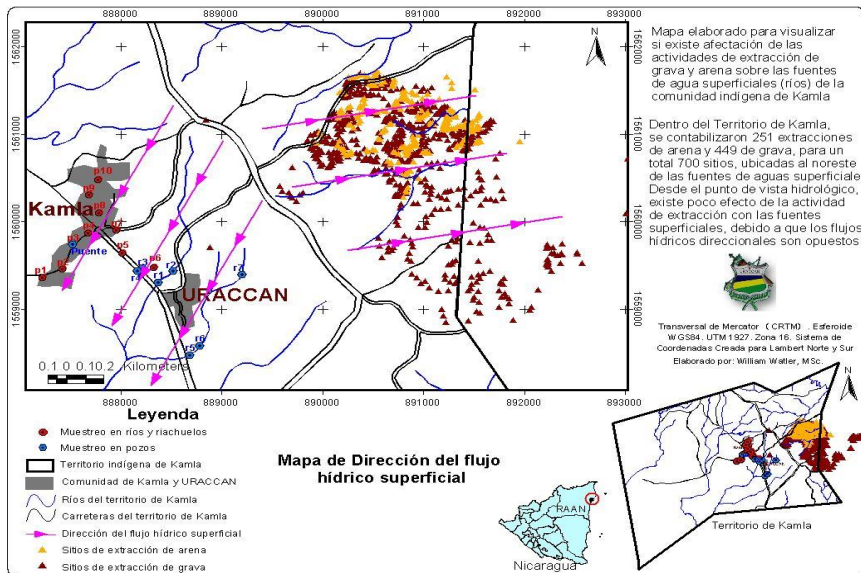


### **e. Hidrología superficial**

La red hídrica de drenaje superficial o ríos del territorio de Kamla se contabilizan en nueve tributarios, las cuales suman 71,278 m (71.3 km) de longitud total. De éstos, siete poseen un recorrido natural de dirección norte a sur-este, alimentando la laguna de Karatá y los riachuelos de la comunidad indígena de Lamlaya; mientras que los otros dos tributarios escurren superficialmente en dirección de oeste a noreste, nutriendo al río Brakira que se ubica en el territorio de la comunidad vecina de Tuapi. Estos tributarios recorren y distribuyen el agua proveniente de las precipitaciones, las cuales han abastecido históricamente a las comunidades Mískitas localizadas en las cercanías de estos ríos, de agua para consumo humano.

En la parte noreste del territorio se contabilizan 251 huecos de extracción de arena y 449 de grava para un total de 700 huecos de diferentes tamaños y profundidades; actividad que es llevada a cabo, sin ningún control por parte de las autoridades competentes como los líderes comunales, gobierno municipal y regional y por parte de las instituciones ambientales estatales (Archibold et al. 2009). Esta actividad de extracción de arena y grava, analizada desde el punto de vista del escurrimiento superficial, podrían estar teniendo un efecto directo de contaminación por sedimentación en los ríos y pozos, donde la

población de la comunidad de Kamla obtiene el agua para consumo humano y potable. Con el propósito de poder visualizar el posible efecto o relación de los sitios de extracción de arena y grava con el recorrido natural del agua, se elaboró el mapa 4 a partir de la extensión *Hydrologic modeling* del programa ArcGis 9.2; mapa que indica la dirección del flujo ó escurrimiento superficial del agua.



Mapa 4. Dirección del flujo hídrico superficial

De acuerdo al mapa 4, los sitios de extracción de arena y grava no muestran influencia superficial o posibilidad de contaminación

por sedimentación a los ríos, pozos o las fuentes de abastecimiento de agua, debido a que las direcciones del drenaje natural o flujo hídrico superficial exponen una trayectoria inversa; es decir, la dirección del flujo superficial en los sitios de extracción va en sentido de oeste a este, contrario a la trayectoria natural de los ríos, donde se ubican las fuentes de abastecimiento de agua, que muestran un recorrido de norte a sur. Asimismo, el mapa 4 delimita claramente las direcciones hídricas superficiales del territorio o parte agua que en ese sentido concuerdan con la carretera principal que comunica a Bilwi con el resto del país.

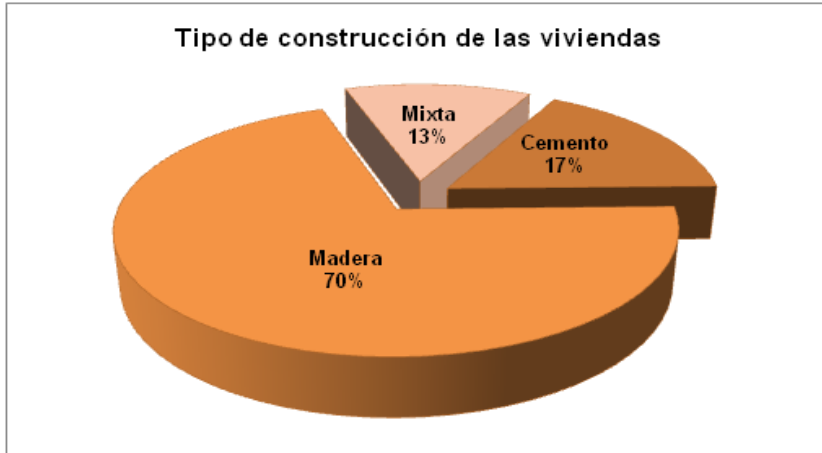
También, el mapa deja entrever, que si en un futuro no se controla ó prohíbe la actividad de extracción de arena y grava, las fuentes de abastecimiento se verían seriamente amenazadas a la contaminación por sedimentos, poniendo en peligro la propia desaparición de los ríos y pozos en época de verano, lo que provocaría una carestía total del agua en la comunidad.

Otro peligro eminente a la contaminación de las aguas superficiales (ríos) y subterráneas (pozos), lo constituye la ubicación del vertedero municipal de la ciudad de Bilwi, situado en la parte alta del territorio o nacientes de los ríos, donde se abastece de agua la población de la comunidad. En el vertedero se depositan al aire libre y sin tratamiento alguno todo tipo de

residuos sólidos y líquidos procedente de la ciudad y de las empresas de mariscos. Probablemente, en los estudios técnicos de ubicación del vertedero no se consideró un análisis técnico de la vulnerabilidad del agua superficial y subterránea a la contaminación o un estudio que muestre las direcciones del flujo superficial y subterráneo.

#### **5.1.1.2 Caracterización socioeconómica**

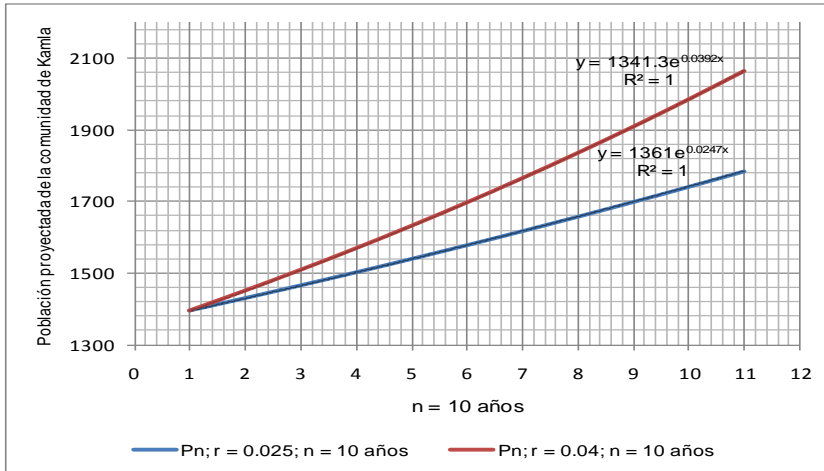
La población es de aproximadamente 1,395 habitante, en su mayoría de la etnia Miskita. Su distribución por sexo, concierne a 770 mujeres de las cuales 367 tienen edades menores a los 19 años y 403 con edades mayores a los 19. Los hombres se contabilizan en 625 (340 son menores de 19 años y 285 mayores a los 19 años). Se registraron un total de 117 viviendas, la mayoría erigidas con maderas y pilotes, detalles en el gráfico 2; resultando una relación de 11 habitantes por casa.



*Gráfico 2. Distribución del tipo de vivienda en la comunidad de Kamla*

Basado en la proyección población con el método geométrico<sup>21</sup> establecida para un periodo de diez años, a partir de la población inicial (1,395) con tasas de crecimientos históricos a nivel regional de 2.5 y 4%, la población de la comunidad fue estimada en 1,785.7 y 2,064.9 habitantes (Gráfico 3). Escenario que alerta el futuro de la población de la comunidad, en relación al acceso en calidad y cantidad del agua, debido a que existe poca a nula planificación e inversión en actividades dirigidas a la protección y/o mitigación de las fuentes de abastecimiento de agua.

<sup>21</sup> $P_n = P_o (1+r)^n$ . Donde:  $P_n$  = población del año "n";  $P_o$  = población al inicio del período de diseño;  $r$  = tasa de crecimiento en el período de diseño expresado en notación decimal; y  $n$  = número de años que comprende el período de diseño.



*Gráfico 3. Población futura a 10 años, con tasas de crecimiento histórico nacional de 2.5 y 4% de la comunidad de Kamla*

### **a. Autoridades**

La autoridad dentro de la comunidad está constituida por el Juez, Síndico, Consejos de Ancianos y líderes de la Salud, los que son elegidos a través de una asamblea comunal y ratificados por el Consejo Regional y el Ministerio de Gobernación.

La comunidad forma parte del Bloque de las Diez Comunidades Indígenas de la RAA, constituidas territorialmente con el tratado Harrison-Altamirano del año 1905. Según, expresiones no oficiales (entrevistas de campo) la comunidad ha decidió no ser parte de ésta organización territorial (Bloque de las Diez Comunidades) aduciendo razones administrativas y de recursos.

## **b. Servicios básicos**

En relación al servicios básicos, la comunidad cuenta con una escuela primaria que es subsidiada por el Ministerio de Educación Cultura y Deporte, un puesto de Salud donde atienden únicamente los casos leves. Cuenta con energía eléctrica que esta enlazada con la red de la ciudad de Bilwi. No existe acueducto de abastecimiento, ni red de distribución de agua potable, ni planta de tratamiento de las aguas grises provenientes de la casas.

Las actividades productivas en la comunidad de Kamla, como en la mayoría de las comunidades indígenas del municipio de Puerto Cabezas y de la RAAN, tiene un sistema basado en la subsistencia con venta mínima en caso de excedentes. En seguida, se describen las actividades de mayor importancia.

- ⇩ Las actividades agrícolas son irrelevantes en términos de producción comercial y solo hacen mayor empeño en obtener una producción base que permita subsidiar a sus familias durante un periodo muy corto (dos meses). Dicha actividad es lleva a cabo en una superficie no mayor a 0.5 ha, con semillas criollas y en las zonas de la ribera del río Wawa, ubicada en las afuera del territorio.
- ⇩ En relación a la actividad pecuaria, esta no tiene un objetivo productivo ni mucho menos comercial, y le dedican poco esfuerzo a su mejoramiento

- nutritivo (pasto) y genético (raza). En relación a la ganadería menor (cerdos y aves de corral), mantienen una cantidad mínima de 2 a 3 cerdos y de 10 a 15 aves de corral de raza criolla por familias; sin ningún sistema convencional de manejo para su crianza.
- ⇩ La actividad de aprovechamiento forestal (madera), generalmente está destinada a la producción de postes, que utilizan para la construcción y reparación de sus viviendas, iglesias, casa comunal, centro de salud, para leña, como postes de cercas y una reducida cantidad para la comercialización al mercado local de la ciudad de Bilwi.
  - ⇩ La actividad de la extracción de arena y grava (material selecto para la construcción local), considerada la actividad de mayor importancia en la generación de ingresos económicos, es efectuada sin ningún control.
  - ⇩ Actividades como la recolección de frutas (mangos, nancites, guayabas y otros), usualmente realizadas por mujeres. En temporadas les permiten obtener ciertos ingresos adicionales al comercializarlas en el mercado local de Bilwi o bien a la comunidad universitaria.

Otras actividades que generan ingresos económicos, están relacionadas con los negocios a pequeña escala o pulperías que mercantilizan a lo interno de la comunidad y en URACCAN. Se suma a esto, la venta del servicio de medicina tradicional, la venta de plantas medicinales y contratos fijos para laborar en la universidad.



Existen otros ingresos percibidos por la comunidad y está referido al arrendamiento de tierra, lo cual se estima en un ingreso neto de \$ 4,780 dólares, equivalente a 100,380 córdobas por año. En el cuadro 13 se nombran los principales arrendatarios y los ingresos por arrendamiento percibidos.

*Cuadro 13. Ingresos a la directiva de la comunidad de Kamla*

Institución	Cantidad \$	Tipo de uso del terreno arrendado	Periodo
Empresa Pesquera CARODI	1000	Terreno para el procesamiento de mariscos	Anual
CIUM-BICU	1000	Terreno para la finca experimental	
URACCAN	500	Campus del Recinto Uraccan-Bilwi	
Farmacia SikaKakaira	500	Terreno particular	
Señor Amulfo Meza	500	Terreno particular	
Señor Marcos Mora	250	Terreno de la Cepilladora	
Señor John Bull	250	Terreno donde funciona la bloquera o fábrica de adoquines	
Empresa Pesquera Mar Azul	500	botar aguas residuales	
El Pastor de la Iglesia del Verbo	280	Construcción del colegio	

### **5.1.2 Diagnóstico ambiental de la comunidad.**

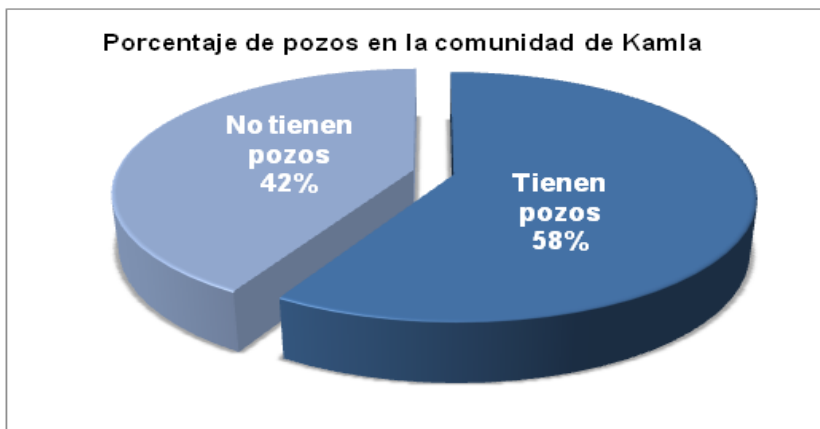
Los resultados del diagnóstico ambiental de la comunidad, están basados en la encuesta o matriz, que fue diseñada para ser aplicada en las comunidades indígenas de la RACCN. Los resultados inician describiendo los aspectos básicos de la comunidad y culmina detallando los elementos del riesgo al estado ambiental de la comunidad en relación a las fuentes de

abastecimiento de agua para consumo humano y potable. Finalmente, se incorpora un gráfico de interrelaciones de actores, elaborado en base al cuadro en Anexo 2, inciso c y d; donde trata articular el reconocimiento de los comunitarios en relación al apoyo recibido por parte de las instituciones y organizaciones.

#### **5.1.2.1 Evaluación de la cantidad de pozos existentes en la comunidad**

El 58% de las viviendas cuentan con pozos excavados, en los cuales NO se efectúan controles sanitarios o tratamiento potabilizador de forma regular por parte del Ministerio de Salud y las autoridades comunales y las familias.

El 42% restante de las viviendas de la comunidad, sus habitantes se abastecen del agua de 10 pozos comunales, relativamente nuevos, distribuidos a todo lo largo y ancho de la comunidad (Figura 3). Los comunitarios obtienen el agua por de los pozos utilizando una bomba de mecate ó un recipiente (balde) amarrado a un mecate, sin realizar ningún tratamiento o desinfección.



*Figura 4. Porcentaje de pozos en la comunidad de Kamla*

#### **5.1.2.2 Evaluación de las infraestructuras de Saneamiento y riesgo sanitario.**

Con relación a la infraestructura sanitaria, el 70.1% cuentan con letrina de regular estado, pero con alto riesgo a contaminar los ríos y pozos, el 30% restante realiza sus necesidades al aire libre o comparte letrina con el vecino o familiar. El en caso de los baños, el 69.2% utilizan algún tipo de baño, mientras que el 31.8% manifiestan no necesitarlo; en cuanto a lavandería el 44.2% dice poseer, es decir, no lava su ropa en el río o cerca de los pozos y un 55.8% expresa no poseer, es decir, lavar su ropa directamente en los ríos o pozos. Las cifras manifiestan que las aguas residuales o aguas utilizadas por los comunitarios tienen un alto riesgo a la contaminación de los ríos y pozos, donde los

comunitarios se aprovisionan del agua para consumo humano y potable.

La siguiente figura resume la infraestructura sanitaria que está aumentando el riesgo a la contaminación de aguas superficiales (ríos y riachuelos) y subterráneas (pozos).

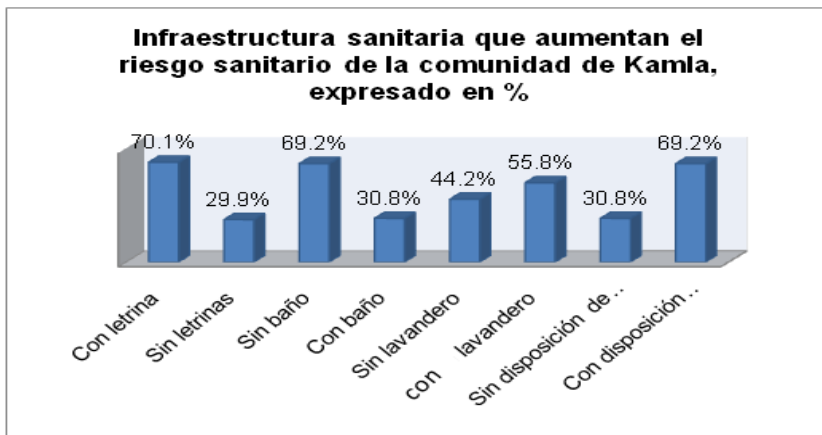


Figura 5. Infraestructura sanitaria expresada en % de la comunidad de Kamla, en relación con el riesgo sanitario

También, existe un riesgo sanitario de contaminación puntual sobre las fuentes de abastecimiento de agua y, se deben a la ubicación de las letrinas con respecto a una distancia horizontal menor de 30 m con respecto a los pozos y ríos. En la figura 5, se muestra el resultado porcentual de la cantidad de servicios sanitarios evaluados en la comunidad en relación a las distancias medidas con los pozos y ríos; donde, según la distancia estimada se procedió a diferenciar los niveles de riesgo

sanitario a la contaminación (Anexo 2, inciso b). Como se puede observar, el 42.5% de los servicios sanitarios muestra un riesgo moderado y el 35% un alto riesgo de contaminación, esto sin considerar la infraestructura de construcción del servicio sanitario.

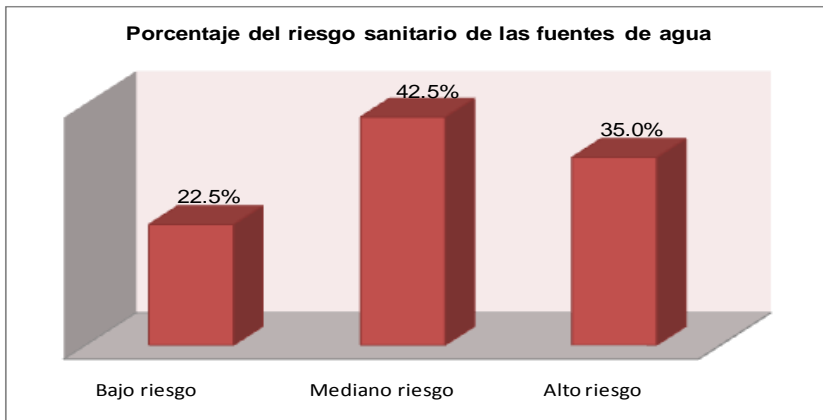


Figura 6. Porcentaje de riesgo sanitario que muestran las fuentes de agua para consumo humano

### 5.1.2.3 Evaluación del estado de protección sanitaria de las fuentes de agua superficiales y subterráneas utilizadas para consumo humano

En relación al estado de protección sanitaria de las fuentes del agua superficial y subterránea, podemos asegurar que no presentan ninguna actividad de protección que asegure la no proliferación de la contaminación. La vegetación ribereña ha sido suprimida, lo que inhibe el efecto de filtración y limpieza de las

aguas que escurren hacia los ríos y riachuelos. Asimismo, existe la costumbre de llegar a estas fuentes a lavar ó bañarse, así como realizar sus necesidades a la orilla de los ríos, al igual sus animales domésticos.

A continuación, se describen los principales problemas identificados en el territorio de Kamla, sus causas y efectos y posibles alternativas de soluciones al territorio, tomando como referencia el recurso agua (ríos), como las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano y la idiosincrasia de las comunidades indígenas de la Costa Caribe Nicaragüense.

*Cuadro 14. Problemáticas del territorio y comunidad de Kamla, relacionado con las fuentes (pozos y ríos) de abastecimiento de agua para consumo humano*

Problemas	Causas	Efectos	Alternativas de solución
<b>Principales problemas biofísicos</b>			
Deforestación:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avance de la frontera agropecuaria</li> <li>• Explotación de la madera.</li> <li>• Habilitación de tierras para desarrollo de nuevas casas</li> <li>• Quemadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de biodiversidad</li> <li>• Destrucción de nacientes</li> <li>• Incremento de la escorrentía superficial, traducido en inundación</li> <li>• Erosión de suelos y formación de cárcavas</li> <li>• Alteración del paisaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de políticas y estrategias para controlar la deforestación</li> <li>• Cumplimiento de la ley de agua.</li> <li>• Zonificación del territorio</li> <li>• Control en el aprovechamiento de la madera</li> <li>• Programas de reforestación</li> </ul>
Nacientes de agua y sitios o fuentes de abastecimiento sin manejo y protección: el 100% de las fuentes de agua no tienen una protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de conocimiento sobre estas necesidades</li> <li>• Limitadas capacidades de las organizaciones e instituciones</li> <li>• Carencia de inventarios de los sitios o fuentes de agua para consumo humano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la calidad de agua</li> <li>• Dificultades para la captación</li> <li>• Destrucción de la naciente y fuentes de abastecimiento</li> <li>• Falta de información sobre el potencial de agua de las fuentes de abastecimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación sobre la importancia de la protección y manejo de los ríos, pozos y fuentes de abastecimiento de agua</li> <li>• Elaborar estudios para caracterizar cada una de las fuentes de aguas superficiales (ríos) y subterráneas (pozos)</li> </ul>
Protección de zonas de importancia hídrica con criterios técnicos mínimos: 0% de acciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de estudios apropiados que determinen la zonificación</li> <li>• Instancias responsables no priorizan este tema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inseguridad hídrica</li> <li>• Inversiones en sitios inapropiados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios sobre zonas de importancia hídrica</li> <li>• Capacitación e información sobre la importancia de estas zonas de importancia hídrica</li> </ul>

Formación de cárcavas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malas prácticas de manejo de suelos, pasturas</li> <li>• Falta de drenaje</li> <li>• Ausencia de prácticas de control de erosión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sedimentación</li> <li>• Pérdida área productiva</li> <li>• Inestabilidad del terreno</li> <li>• Fragmentación de la unidad productiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas de conservación de suelos y uso apropiado de la tierra</li> <li>• Desarrollo de sistemas de drenaje superficial</li> <li>• Prácticas para el control de la erosión</li> </ul>
Sub uso de las aguas subterráneas y superficiales:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de la demanda.</li> <li>• Pozos artesanales sin autorización</li> <li>• Carencia del agua en periodos críticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de costos (pozos más profundos)</li> <li>• Alteración del balance hídrico</li> <li>• Riesgo a la disponibilidad y permanencia del agua subterránea</li> <li>• Intrusión marina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua</li> <li>• Determinación de la oferta de agua superficial y subterránea</li> <li>• Ordenamiento hídrico</li> </ul>
Pérdida del bosque de pinares y vegetación ribereña:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Invasión de tierras.</li> <li>• Contaminación de aguas.</li> <li>• Desequilibrio en el flujo de las aguas.</li> <li>• Despale indiscriminado La constantes quemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdida de la biodiversidad</li> <li>• Reducción de ingresos de familias dependientes</li> <li>• Disminución de servicios ecosistémicos del bosque y vegetación ribereña</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortalecimiento para la protección y manejo del bosque de pinares y vegetación ribereña</li> </ul>
Inundaciones de tierras de cultivos y poblados:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deforestación.</li> <li>• Compactación.</li> <li>• Variabilidad climática.</li> <li>• Perdida del bosque y vegetación ribereña.</li> <li>• Ubicación inadecuada de las viviendas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas de infraestructura, tierras, cosechas y vidas humanas</li> <li>• Inversiones para la atención y reconstrucción</li> <li>• Ocupación de nuevas áreas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas de reforestación</li> <li>• Zonificación territorial</li> <li>• Planificación urbana</li> </ul>

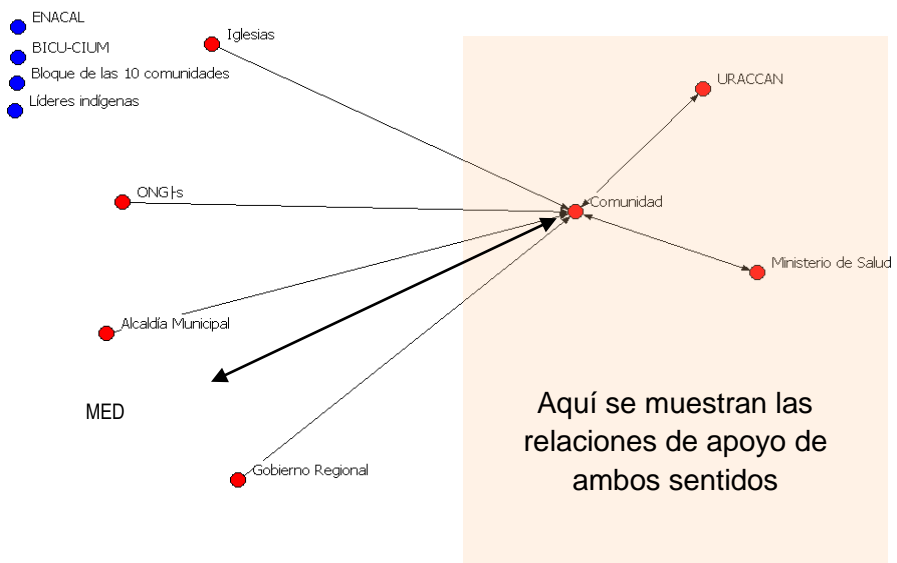


Intrusión salina en la explotación de pozos:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agotamiento de las aguas subterráneas</li> <li>• Presión de la cuña marina</li> <li>• Ubicación inapropiada de la fuente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua con alto contenido de sales</li> <li>• Malestar entre los usuarios</li> <li>• Apertura de nuevos pozos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de la disponibilidad de aguas subterráneas (zona de descarga)</li> <li>• Reubicación de fuentes, acorde a las normativas técnicas</li> </ul>
Contaminación de aguas por sedimentos: se originan en áreas que sufren extracción de grava y arena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erosión de suelos</li> <li>• Erosión de suelos en caminos</li> <li>• Movimiento de tierras por la actividad de extracción de grava y arena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la calidad del agua</li> <li>• Costos de tratamiento</li> <li>• Interrupción en el abastecimiento de agua (época lluviosa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas de conservación de agua</li> <li>• Control de obras urbanas.</li> <li>• Protección de taludes</li> </ul>
Alteración de la calidad del agua por sustancias naturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustrato geológico contiene alto contenido de minerales</li> <li>• Presencia de contaminación puntual, por actividades de los mismos comunitarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la calidad del agua</li> <li>• Costo de tratamiento</li> <li>• Enfermedades de origen hídrico, como diarreas, vómitos, parásitos, y otros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación e información sobre las características de estas zonas</li> <li>• Programa de conservación de los sitios o fuentes de abastecimiento de agua</li> </ul>
<b>Principales problemas socioeconómicos</b>			
Conflictos sociales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación en tierras privadas</li> <li>• Dificultades para la negociación del acceso, protección y uso</li> <li>• Vacíos legales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desabastecimiento del agua</li> <li>• Dificultad para el monitoreo</li> <li>• Pérdida de las relaciones entre comunidad y dueño de la tierra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilización para la negociación</li> <li>• Compra de tierras</li> <li>• Aplicación de normativas y regulaciones</li> <li>• Ubicación no conflictiva</li> </ul>
Invasión de las tierras que	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desacato a las leyes</li> <li>• Falta de tierras y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de biodiversidad</li> <li>• Contaminación de las aguas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortalecimiento a instituciones para el cumplimiento de leyes</li> </ul>

pertencen a la vegetación ribereña:	posibilidades económicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inestabilidad del cauce</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonificación territorial</li> </ul>
Contaminación del agua por residuos de las actividades humanas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso sin control de las fuentes de abastecimiento de agua</li> <li>• Malas prácticas del manejo de los residuos y aguas negras</li> <li>• Ingreso de ganado en los cuerpos de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la calidad del agua</li> <li>• Costo de tratamiento</li> <li>• Enfermedades de origen hídrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Educación ambiental</li> <li>• Protección de fuentes de agua</li> </ul>
Uso ineficiente del agua: entrevistados manifiesta mayor educación ambiental en relación al uso del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de conciencia ambiental hídrica</li> <li>• Ausencia de capacitación</li> <li>• Falta de mantenimiento en el sistema de obtención de agua de las fuentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasto mayor del recurso (innecesario)</li> <li>• Inconformidad entre usuarios.</li> <li>• Racionamiento entre los usuarios del recurso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación y educación ambiental</li> <li>• Diferenciación en el sistema tarifario</li> <li>• Mejora en la operación y mantenimiento de los sistemas en los pozos</li> </ul>
Crecimiento desordenado de la vivienda: se requiere fortalecer la planificación del ordenamiento territorial (urbana y rural)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de planes reguladores</li> <li>• Vacíos legales y de control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión sobre el recurso agua.</li> <li>• Costo de la tierra se incrementa</li> <li>• Inconformidad de los sectores afectados</li> <li>• Incrementa en la demanda de los servicios básicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonificación territorial</li> <li>• Medios para la aplicación de las regulaciones</li> <li>• Posicionamiento territorial</li> </ul>
Ausencia de programas de capacitación y	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja prioridad para las instituciones responsables</li> <li>• Falta de recursos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja capacidad de gestión y organización</li> <li>• Debilidad en la negociación de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortalecimiento de las capacidades de las instituciones para la capacitación</li> </ul>

fortalecimiento de capacidades:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indiferencia de la población</li> </ul>	<p>temas comunes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal uso de los recursos naturales y medios de vida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilización y concienciación acerca de la importancia del manejo del territorio de forma sostenible</li> </ul>
Poca visión integrada y compartida del territorio:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfoque sectoriales</li> <li>• Falta de mecanismos de coordinación e integración</li> <li>• Administración sin articulación territorial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja eficiencia de la inversión pública</li> <li>• Dificultad para lograr una agenda común</li> <li>• Dispersión de esfuerzos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas para la gestión y desarrollo del territorio</li> <li>• Capacitación sobre los beneficios y ventajas de utilizar los enfoques territoriales, la integración y coordinación</li> </ul>
Desconocimiento de los aspectos legales y jurídicos relacionados a los recursos naturales: los entrevistados manifiestan el desconocimiento en casi todos los instrumentos legales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de capacitación y formación educativa</li> <li>• Bajo interés de la población</li> <li>• Debilidad de conocimientos e información de parte de los funcionarios y técnicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incumplimiento de normas y leyes</li> <li>• Omisión de acciones correctivas y derechos</li> <li>• Conflictos requieren mayor tiempo y esfuerzo para lograr soluciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas de capacitación en los aspectos legales y jurídicos</li> <li>• Concienciación sobre la importancia de conocer los temas legales en técnicos y funcionarios</li> </ul>

Con el propósito de conocer el apoyo recibido de las instituciones y organizaciones de la RAAN hacia la comunidad en servicios básicos y en especial en el recurso agua, se efectuó una encuesta de interrelaciones que fue procesada con matrices de la plataforma UCINET 6.85 y NETDRAW 1.48, dando como resultado un gráfico de relaciones donde se señala el apoyo, según lo manifestado por los actores encuestados. Los puntos de color azul y rojo en el gráfico 4 representan las instituciones encuestadas, las rayas indica la existencia de relaciones de apoyo de las instituciones hacia la comunidad y las flechas enseñan de donde procede el apoyo.



*Grafico 4. Red de relaciones de apoyo entre la comunidad versus instituciones y organismos regionales*

En el gráfico 4, se muestran las relaciones de apoyo de las instituciones y organizaciones con la comunidad de Kamla, relacionado a los servicios básicos en especial al apoyo en el recurso agua. Esta relación presentada en el gráfico se debe únicamente a la apreciación de los entrevistados en relación al apoyo, y no al análisis del contexto en sí; es decir, existe un sesgo, porque el gráfico solo muestra el apoyo directo manifestado por los comunitarios, no así, cuando el apoyo es indirecto.

Basado en la figura anterior, se percibe únicamente una relación de apoyo mutuo entre la comunidad con la universidad URACCAN, el Ministerio de Salud y el MED; no así, entre el Gobierno Regional, Alcaldía, ONG's y Iglesias, donde la relación de apoyo solo se percibe desde la parte de las instituciones hacia la comunidad y no de la comunidad hacia las instituciones. La red también muestra a las instituciones u organizaciones, que no tienen relaciones recíprocas, tales como: ENACAL, BICU-CIUM, Bloque de las 10 comunidades y Líderes indígenas del territorio.

Esto deduce que ante una iniciativa para mejorar los servicios básicos (recurso agua), se requerirá en principio establecer una relación y comunicación entre todas las partes involucradas para posteriormente especular en la posibilidad de impulsar en conjunto alternativas favorables para la conservación de los bienes y

servicios del territorio en especial el agua para consumo humano y potable.

## **5.2 Estimación de la calidad del agua superficial (ríos), en las fuentes de agua para consumo humano**

El objetivo concierne a la estimación de la calidad del agua superficial de las fuentes de abastecimiento, utilizando dos metodologías (ICA y bioindicadores (macroinvertebrados bentónicos). Y una tercera, de complemento que trata de relacionar los resultados de la calidad del agua con la estructura de la vegetación ribereña existente.

### **5.2.1 Índice de calidad de agua (ICA)**

En base a los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos realizados en el agua cruda superficial de los tres ríos o fuentes de agua, se muestran los valores ICA de cada río y la comparación de sus nueve parámetros con la norma técnica obligatoria Nicaragüense para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 00399), según la clasificación de los cuerpos de agua de acuerdo a sus usos y con la norma CAPRE.

Esta comparación permitirá la identificación del deterioro o acciones para mejorar la calidad; del mismo modo, permitirá ajustar, reducir o mitigar los parámetros que están representando los mayores riesgos a la salud humana. Los cuadros 19, 20, 21, 22, 23 y 24

representan los valores de cada parámetro ICA, el valor total y la comparación con la norma técnica nicaragüense y norma CAPRE.

*Cuadro 15. Estimación del ICA para el río 1 (Slaubla laya)*

Parámetros		Unidades	Peso asignado (w <sub>i</sub> ) (a)	Valor medido	Valor (Sub <sub>i</sub> ) (b)	(b) <sup>(a)</sup>
1	Coliformes fecales	NMP/100 mL	0.15	15000	9	1.39
2	pH	Unidades pH	0.12	6.5	70	1.66
3	DBO5	mg/L	0.10	13.75	24	1.37
4	Nitrato	mg/L	0.10	1.95	91	1.57
5	Fosfato	mg/L	0.10	0.03	97	1.58
6	Temperatura(ΔT)	oC	0.10	2.5	73	1.54
7	Turbidez	UNT	0.08	0.91	96	1.44
8	Sólid.disuel. totales	mg/L	0.08	14.35	81	1.42
9	Oxígeno disuelto	% saturación	0.17	5.85	82	2.12
Valor ICA (promedio multiplicativo ponderado)						<b>52.49</b>

*Cuadro 16. Comparación de los parámetros ICA con las normas*

Parámetros / Unidades	Valor de abril	Valor superado	Norma técnica de Nicaragua	Norma CAPRE	
			Limite o RM	VR	VMA
1 Coliformes fecales	15000	*, ©	0	0	
2 pH	6.5	Ns	6 - 8.5	6.5 - 8.5	---
3 DBO5	13.75	*, ©	2 - 5	2	2.5 - 4
4 Nitrato	1.95	Ns	10	5	10
5 Fosfato	0.03	Ns	sd	0.01	5
6 Temperatura media	28.6	Ns	18 - 30	18 - 30	---
7 Turbidez	0.91	Ns	1 - 5	1	5
8 Sólid.disuel. totales	14.35	Ns	1000	300	1000
9 Oxígeno disuelto	5.85	Ns	>4	≥ 5	≤ 4

VR=valor recomendado; VMA=valor máximo admisible; RM=rango máximo; \*=valor que supera la norma técnica obligatoria Nicaragüense; ©=valor que supera la norma CAPRE y Ns=valor que no superan ambas normas.

Los resultados del río Slaubla laya, estiman un índice ICA = 52.49 clasificando de regular la calidad del agua, lo que requerirá un tratamiento potabilizador propicio. Tratamiento, que debe estar

focalizados en disminuir los siguientes parámetros: coliformes fecales y BDO<sub>5</sub>

*Cuadro 37. Estimación del ICA para el río 2 (Ayanbrich)*

	Parámetros	Unidades	Peso asignado (w <sub>i</sub> ) (a)	Valor medido	Valor (Sub <sub>i</sub> ) (b)	(b) <sup>(a)</sup>
1	Coliformes fecales	NMP/100 mL	0.15	7000	10	1.41
2	pH	Unidades pH	0.12	5.8	48	1.59
3	DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.10	4.2	65	1.52
4	Nitrato	mg/L	0.10	1.85	92	1.57
5	Fosfato	mg/L	0.10	0.03	97	1.58
6	Temperatura(ΔT)	oC	0.10	2.95	70	1.53
7	Turbidez	UNT	0.08	0.82	97	1.44
8	Sólid.disuel. totales	mg/L	0.08	11.7	81	1.42
9	Oxígeno disuelto	% saturación	0.17	5.2	68	2.05
Valor ICA (promedio multiplicativo ponderado)						<b>54.42</b>

*Cuadro 18. Comparación de los parámetros ICA con las normas*

	Parámetros / Unidades	Valor de abril	Valor superado	Norma técnica de Nicaragua	Norma CAPRE	
				Limite o RM	VR	VMA
1	Coliformes fecales	7000	*, ©	0	0	
2	pH	5.8	*, ©	6 - 8.5	6.5 - 8.5	---
3	DBO <sub>5</sub>	4.2	©	2 - 5	2	2.5 - 4
4	Nitrato	1.85	Ns	10	5	10
5	Fosfato	0.03	Ns	Sd	0.01	5
6	Temperatura media	28.8	Ns	18 - 30	18 - 30	---
7	Turbidez	0.82	Ns	1 - 5	1	5
8	Sólid.disuel. totales	11.7	Ns	1000	300	1000
9	Oxígeno disuelto	5.2	Ns	>4	≥ 5	≤ 4

VR=valor recomendado; VMA=valor máximo admisible; RM=rango máximo; \*=valor que supera la norma técnica obligatoria Nicaragüense; ©=valor que supera la norma CAPRE y Ns=valor que no superan ambas normas.

En el río Ayanbrich, se estimó un ICA = 54.42 clasificando la calidad del agua de regular y requiriendo un tratamiento potabilizador. Tres son los parámetros que están alterando su



calidad actual: coliformes fecales, pH y DBO<sub>5</sub>. Los valores pH indican concentración de hidrogeniones (H<sup>+</sup>) mayor de lo permitido, afectando directamente la población biológica.

*Cuadro 19. Estimación del ICA para el río 3 (Sahsing laya)*

Parámetros		Unidades	Peso asignado (w <sub>i</sub> ) (a)	Valor medido	Valor (Sub <sub>i</sub> ) (b)	(b) <sup>(a)</sup>
1	Coliformes fecales	NMP/100 mL	0.15		20	1.57
2	pH	Unidades pH	0.12		52	1.61
3	DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.10		18	1.33
4	Nitrato	mg/L	0.10		89	1.57
5	Fosfato	mg/L	0.10		97	1.58
6	Temperatura(ΔT)	oC	0.10		78	1.54
7	Turbidez	UNT	0.08		97	1.44
8	Sólid.disuel. totales	mg/L	0.08		80	1.42
9	Oxígeno disuelto	% saturación	0.17		81	2.11
Valor ICA (promedio multiplicativo ponderado)						<b>55.6</b>

*Cuadro 20. Comparación de los parámetros ICA con las normas*

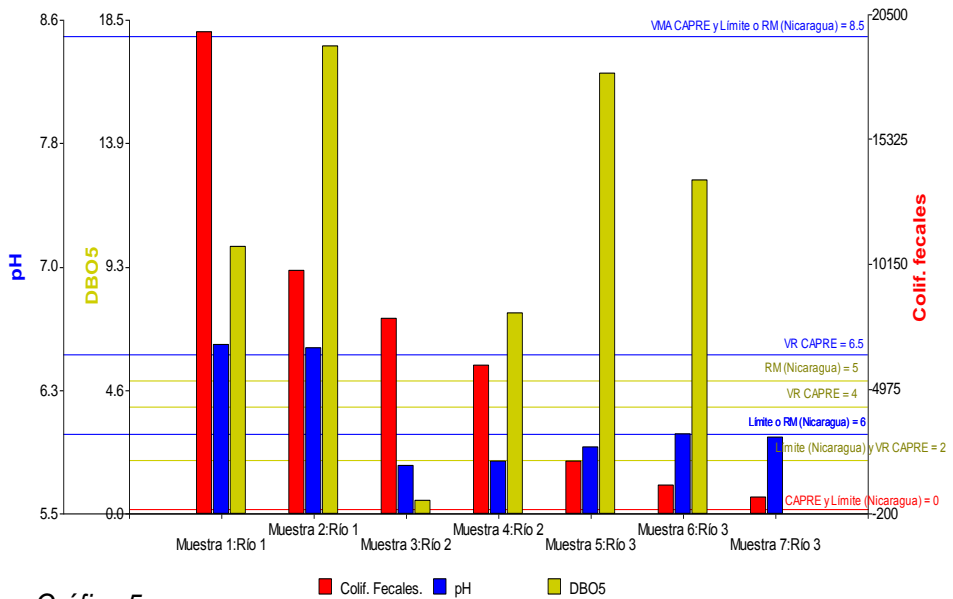
Parámetros / Unidades	Valor de abril	Valor superado	Norma técnica de Nicaragua	Norma CAPRE	
			Limite o RM	VR	VMA
1 Coliformes fecales	750	*, ©	0	0	
2 pH	5.97	*, ©	6 - 8.5	6.5 - 8.5	---
3 DBO <sub>5</sub>	17.5	*, ©	2 - 5	2	4
4 Nitrato	2.03	Ns	10	5	10
5 Fosfato	0.03	Ns	sd	0.01	5
6 Temperatura media	28.3	Ns	18 - 30	18 - 30	---
7 Turbidez	0.84	Ns	1 - 5	1	5
8 Sólid.disuel. totales	12.9	Ns	1000	300	1000
9 Oxígeno disuelto	6.83	Ns	>4	≥ 5	≤ 4

VR=valor recomendado; VMA=valor máximo admisible; RM=rango máximo; \*=valor que supera la norma técnica obligatoria Nicaragüense; ©=valor que supera la norma CAPRE y Ns=valor que no superan ambas normas.

Al igual que el río Slaubla laya y Ayanbrich, el río Sahsing laya, muestra una calidad regular (ICA = 55.6). Resaltando los parámetros coliformes fecales, pH y DBO<sub>5</sub>. Se resalta

significativamente el bajo valor del parámetro coliformes fecales en relación a los otros dos ríos.

El siguiente gráfico muestra el comportamiento de los tres parámetros físico-químicos que están alterando la calidad actual del agua; es decir, con valores que están fuera de lo permitido por las dos normas de comparación (detalles, Anexo 6 y 6ª, pag.175).



**Gráfico 5.**  
*Comportamiento de los tres parámetros, que están alterando la calidad del agua para consumo humano*

De acuerdo al gráfico 5, existe una gran diferencia en los valores de los tres parámetros que requieren los mayores cuidados al momento de realizar un tratamiento potabilizador ó ciertas acciones

de protección y de mitigación para reducir la contaminación actual de los ríos en el territorio.

En lo que respecta al parámetro coliforme fecal, éste presenta valores muy altos en las muestras 1 y 2 (río 1) con valores de entre 20000 a 10000 NMP/100 mL y en las muestras 3 y 4 (río 2) de entre 8000 a 6000 NMP/100 mL; posiblemente los altos valores tengan conexión con la cercanía a la comunidad, la universidad URACCAN y el vertedero municipal, donde se está infiltrando y escurriendo las excretas y residuos sólidos y líquidos que depositan al aire libre. En lo que respecta al río 3 (muestreo 5, 6 y 7) los valores son relativamente bajos (1000 a 500 NMP/100 mL) y quizá se deba a su lejanía con la comunidad. Basado en los valores obtenidos del parámetro coliformes fecales, los tres ríos muestran alto riesgos a la salud humana.

El parámetro pH en las muestras 3 y 4 (río 2) y muestras 5 y 7 (río 3), exponen valores inferiores al rango establecido por ambas normas; estos valores inferiores, convierten al agua en ácida y en caso de ingesta pueden provocar vómitos y problemas estomacales especialmente a niños, asimismo, la muerte a varias familias de macroinvertebrados que contribuyen a la salud de los ríos.

Con respecto al parámetro  $DBO_5$ , a excepción de la muestra 3 (río 2) todas sobrepasan ampliamente el valor máximo admisible como

agua para consumo humano, establecidos por las normas. Este parámetro evalúa la contaminación orgánica e indica la falta de oxígeno en los ríos, como consecuencia de la presencia de organismos o bacterias dañinas, que para su proceso metabólico han consumido la materia orgánica de las aguas residuales y usado el oxígeno del río, disminuyéndolo a niveles críticos. Los altos valores de  $DBO_5$  en los ríos tienen su origen en las aguas residuales producto de los hogares de la comunidad, la universidad y del vertido municipal situado en la parte alta del territorio.

Otros parámetros analizados, como el nitrato, conductividad, salinidad y DQO en el agua de los ríos, ilustrados en el gráfico 7, revelan muchas variaciones en sus valores estimado para cada río, pero sin llegar a considerarse en un riesgo a la salud humana, según lo establecido por la norma técnica Nicaragüense y la norma CAPRE. En el siguiente gráfico se aprecia el comportamiento de cuatro parámetros.

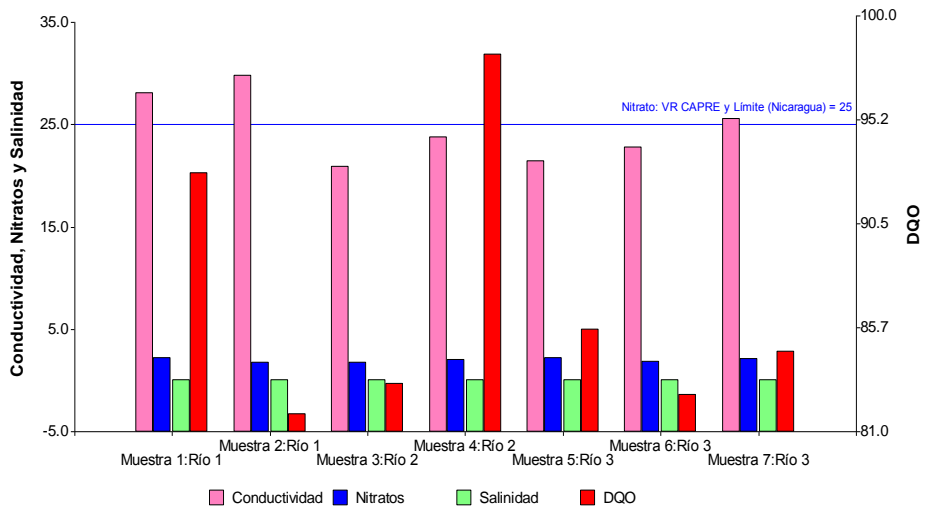


Gráfico 6. Comportamiento de los parámetros: nitratos, conductividad, salinidad y DQO en los tres ríos (detalles Anexo 7)

### 5.2.2 Índice de bioindicadores de la calidad del agua (macroinvertebrados bentónicos)

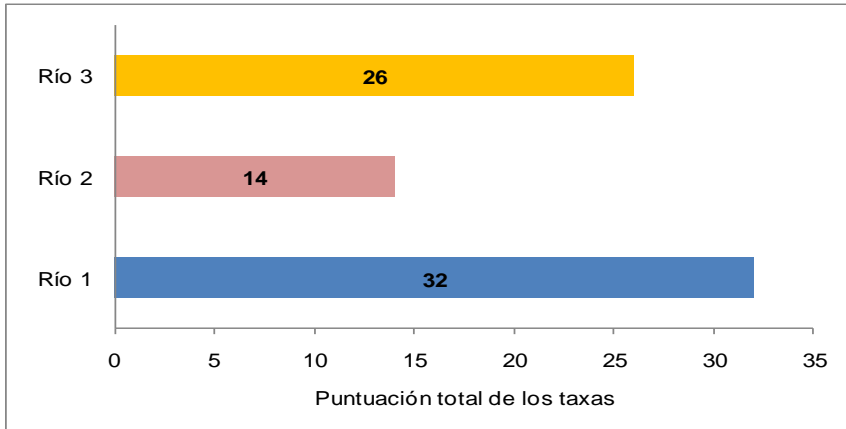
Los organismos que habitan los ríos pueden ser utilizados como bioindicadores de la calidad del agua, debido a que personifican diferentes rangos de tolerancia a la contaminación de su hábitat, siendo el grupo de indicadores más utilizado en los trópicos el de los macroinvertebrados bentónicos (Shiebler, 2003). De manera tal, que considerando la abundancia relativa de estos organismos acuáticos en relación a los cambios ambientales antropogénicos (principalmente con la disponibilidad de oxígeno) es posible categorizar grupos o taxones de organismos con respecto al grado

de sensibilidad a la contaminación orgánica del agua, considerando como factor limitante al oxígeno disuelto.

La diferencia de dicho método, con el ICA (índice de parámetros físicos-químicos), es que este, permite indicar el estado o calidad del agua para un periodo prolongado de tiempo, generalmente definido por la duración del ciclo de vida de los macroinvertebrados existente; sin embargo, la debilidad del método es que no identifica a los agentes contaminantes. Para dicho objetivo el método de los bioindicadores es un complemento a la estimación de la calidad del agua y no un sustituto al método ICA analizado con anterioridad.

Los resultados del presente análisis, están circunscritos a la identificación de los organismos de macroinvertebrados bentónicos macroscópicos que residen en las aguas superficiales de los ríos, clasificándolos en términos de presencia o ausencia de los taxones a las cuales se le asigna una puntuación a cada individuo.

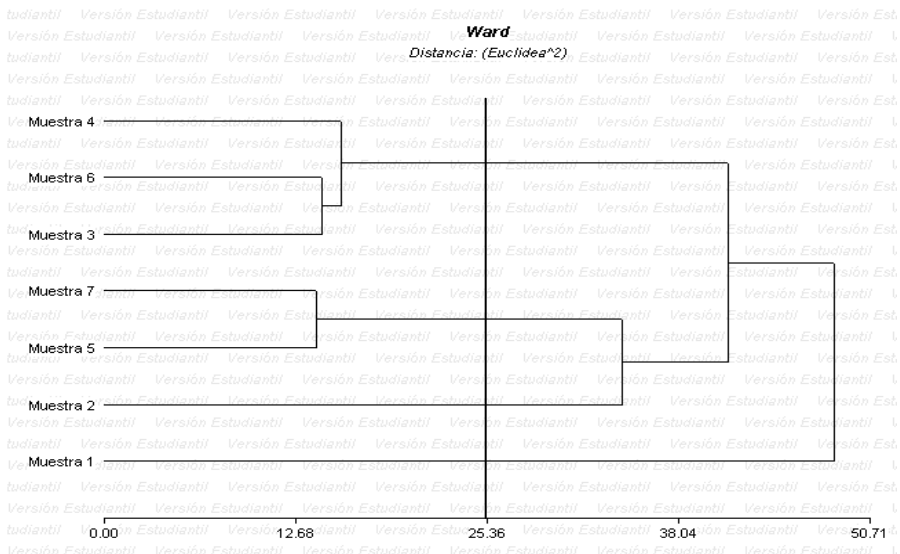
El resultado de la identificación de las familias de macroinvertebrados bentónicos en los tres ríos, según la presencia o ausencia de los taxones, estimaron una calidad buena del agua del río Slaubla laya (32 puntos), una calidad deficiente (14 puntos) del agua del río Ayanbrich y de calidad moderada (26 puntos) el río Sahsing laya (Gráfico 7, detalles Anexo 4c).



*Gráfico 7. Puntuación de los taxas en los tres ríos muestreados, utilizados para el abastecimiento del agua para consumo humano*

En la trayectoria de los ríos muestreados, se identificaron un total de siete individuos de los diez propuestos (70% de presencia), siendo los taxones más representativos en términos de presencias o abundancias: los odonatos (libélulas y caballitos del diablo), seguido los plecópteros, coleópteros, dípteros y oligoquetos, en último lugar los efemerópteros y tricópteros, estos últimos fueron únicamente identificados en el río Slaubla laya.

Con el propósito de obtener grupos de taxones, según la presencia de macroinvertebrados identificados (o sitios de muestreos idénticos) se efectuó el estadístico de conglomerados con el programa InfoStat; éste tipo de estadístico se aplica para agrupar muestras donde no es posible o es impráctico contar con un marco de muestra de las unidades muestrales, como es el caso del presente estudio (Figura 6a). En resumen las muestras de taxones agrupados comparten el mayor número permisible de características e individuos en cantidades similares y reúnen unidades cuya similitud es máxima con respecto al criterio del algoritmo; ilustrado en la siguiente figura.



*Figura 7. Conglomerado de las taxas en base a la presencia de macroinvertebrados en los tres ríos*



En la figura 7, fijando un criterio de corte a la distancia 25.36, las muestras 1 y 2 se separan del resto, es decir, constituyen grupos independientes a la presencia o abundancia de macroinvertebrados. A partir del corte, se constituyen cuatro grupos de taxones, que manifiestan la misma cantidad de macroinvertebrados en caso de realizarse un muestreo de campo; en ese sentido, el grupo uno está constituido por las muestras 3, 4 y 6; el grupo dos por las muestras 5 y 7 y el grupo tres y cuatro por las muestras 2 y 1. Este agrupamiento es experimental y tiene como propósito establecer supuestos o hipótesis y poder alcanzar un mayor conocimiento sobre la presencia de los taxones en estudio (macroinvertebrados bentónicos identificados).

### **5.2.3 Estructura de la vegetación ribereña**

De acuerdo a Quevedo (2008), un bosque ribereño de buena estructura, alberga un hábitat de suficiente abundancia y agua de buena calidad, puesto que la vegetación de ribera regula el microclima del río, sombreándolo y evitando las temperaturas extremas y normalizando el crecimiento de la vegetación en el cauce. También, funciona como zona de recarga de aguas subterráneas, como filtro frente al ingreso de sedimentos y de sustancias químicas al cauce.

Bajo estos argumentos se procedió a valorar la estructura de la vegetación ribereña, llamada Banda 2, que está referida a la

continuidad longitudinal, dimensión (anchura) y la composición y estructura (Anexo 5) para los tres ríos, con el propósito de relacionar el estado de la vegetación ribereña con el índice ICA y los macroinvertebrados bentónicos.

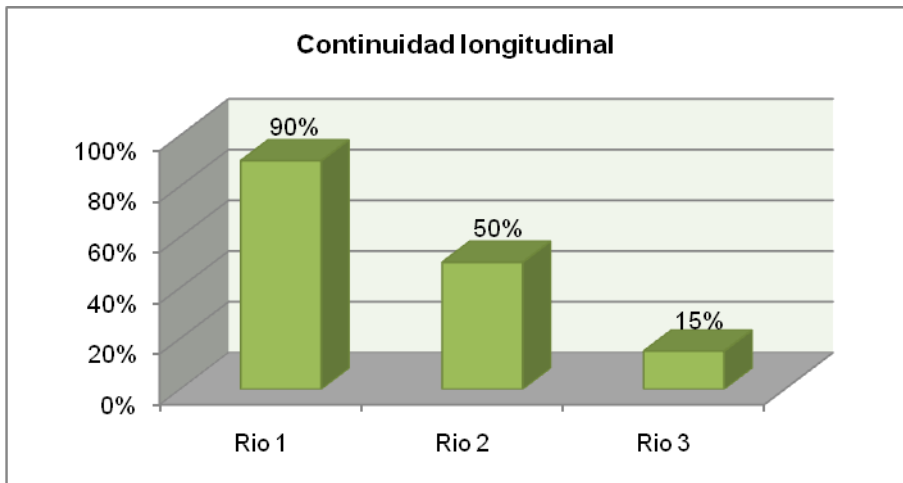
Los resultados manifiestan que el río 1 (Slaubla laya) posee buena continuidad longitudinal y composición y estructura de la vegetación ribereña, no así en su dimensión y anchura que alcanza su mínima expresión permitida (menos de 10 m en ambos lado del río); revelando que requiere medidas de protección y vigilancia, con una restauración natural.

En el río 2 (Ayanbrich), los resultados señalan que requiere una restauración con intervención planificada en toda la Banda 2. En este escenario, la vegetación ribereña ha sido eliminada casi en su totalidad, afectando el equilibrio del río con el escurrimiento superficial y con la presencia de los macroinvertebrados. Asimismo, se pudo constatar mediante verificación de campo que el río carece de vegetación ribereña en sus nacientes, lo que lo hace más vulnerable a la contaminación y por ende a la reducción de su caudal en época de verano y en invierno a mayores inundaciones.

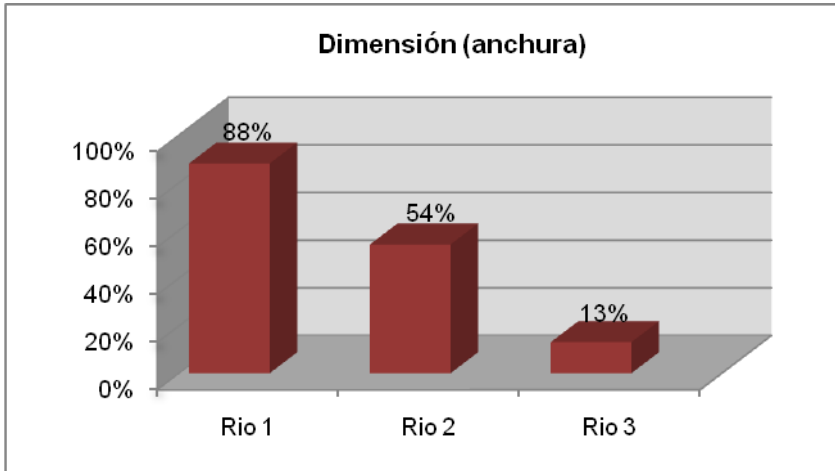
Finalmente, los resultados del río 3 (Sahsing laya) expresan que la estructura de la vegetación ribereña requiere de una restauración natural con inspección localizada en la continuidad longitudinal,

dimensión y anchura y en la composición y estructura, por lo tanto, las acciones de restauración natural deben iniciarse e intensificarse en las zonas de las partes altas (nacientes) en un periodo de corto plazo (menos de 5 años), para posteriormente ir escalando a la parte media y alta (mediano plazo: 10 a 15 años).

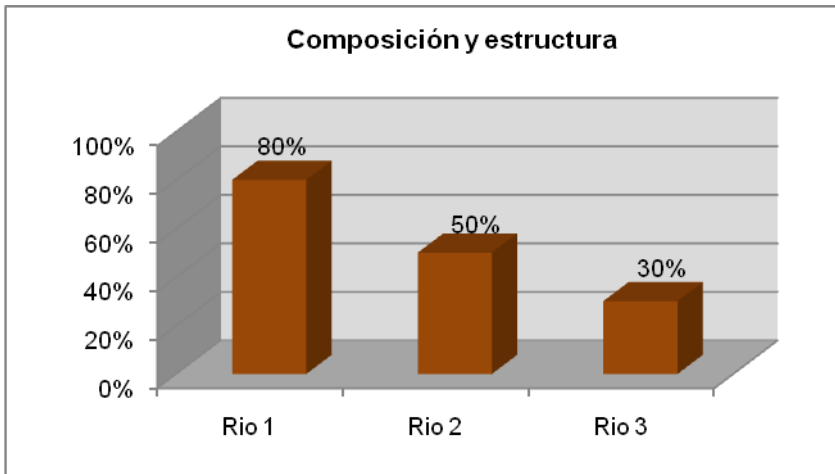
Seguidamente, se muestra en términos porcentuales los resultados anteriormente descritos de valoración de la estructura de vegetación ribereña (Banda 2) para los 3 ríos.



*Figura 8. Valoración porcentual de la continuidad longitudinal de la vegetación ribereña en los tres ríos*



*Figura 9. Valoración porcentual de la dimensión (anchura) de la vegetación ribereña en los tres ríos*



*Figura 10. Valoración porcentual de la composición y estructura de la vegetación ribereña en los tres ríos*

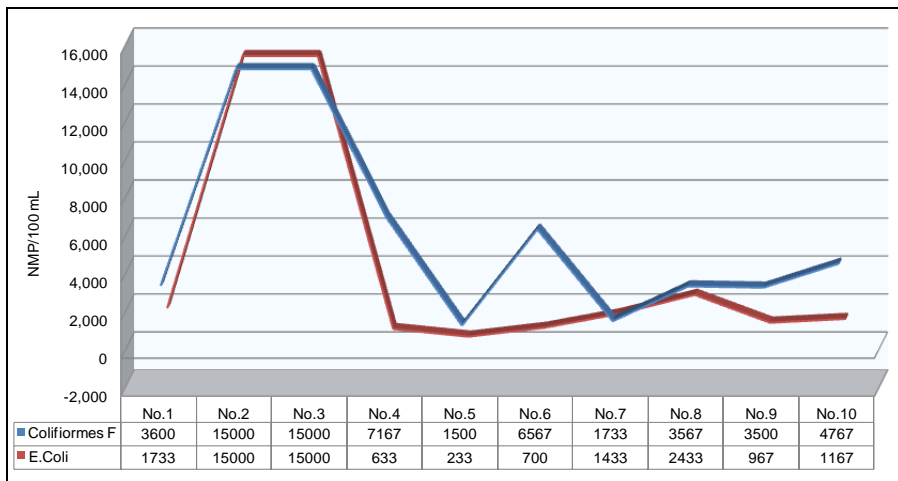
### **5.3 Análisis de la calidad del agua subterránea (pozos), utilizadas como agua potable**

El análisis obtenido del agua subterránea (diez pozos), en base a la comparación de la normativa de calidad del agua (NTON 9 001 99) con los parámetros físico-químicos y bacteriológicos, muestran los siguientes resultados.

La calidad del agua de los diez pozos, desde el **punto de vista bacteriológico** no es potable, debido a que el 100% de las muestras analizadas exhibieron altas contaminaciones de origen biológico con abundante presencia de bacterias coliformes fecales. Asimismo, el 90% de los pozos mostró una contaminación a base de las bacterias de Escherichia Coli (E. Coli), como el principal indicador de contaminación bacterial proveniente de los seres humanos y animales mamíferos. Solamente el pozo no. 6, resultó negativo a la bacteria E. Coli, no así, en el análisis de coliformes fecales.

El hecho de no encontrar presencia de cloro residual durante el análisis de las muestras de agua en los diez pozos, sugiere la necesidad urgente de un seguimiento sistemático y normalizado en la desinfección de las aguas, por parte de la autoridad sanitaria regional y de parte de los líderes de la comunidad.

En ese sentido, el diagnóstico ambiental hace referencia a la existencia de ganado bovino, porcino y aves que deambulan libremente en la comunidad, así como, la falta de un sistema de tratamiento de aguas grises, lo que se ha manifestado en los análisis bacteriológicos con altos niveles de coliformes fecales y E. Coli, poniendo en riesgo la salud humana de la comunidad. En seguida, se muestra el comportamiento de los parámetros bacteriológico de los diez pozos muestreados (Figura 12, Anexo 7).



*Figura 11. Resultado del análisis de los parámetros coliformes fecales y E. Coli de los diez pozos*

Desde el punto de vista organoléptico, no se encontró ningún valor fuera de los rangos establecidos en la norma técnica NTON 09 001 99, tales como los parámetros: olor, color, sabor y turbiedad. Y desde el punto de vista físico-químico, de los parámetros

estudiados: pH, temperatura, nitrato, fosfato, sólidos disueltos totales (SDT), cloro residual libre, oxígeno disuelto (OD), todo se encuentran dentro de los rangos permisibles o aceptables por la normativa de calidad (NTON 9 001 99), a excepción de las muestras realizadas en los pozos no. 1, 2 y 3, donde el parámetro pH expresó un valor ligeramente por debajo de lo establecido en la normativa (6.5).

La figura 12, muestra los valores obtenidos en el laboratorio de la universidad URACCAN para los parámetros físico-químicos de los diez pozos estudiados. (Anexo 7)

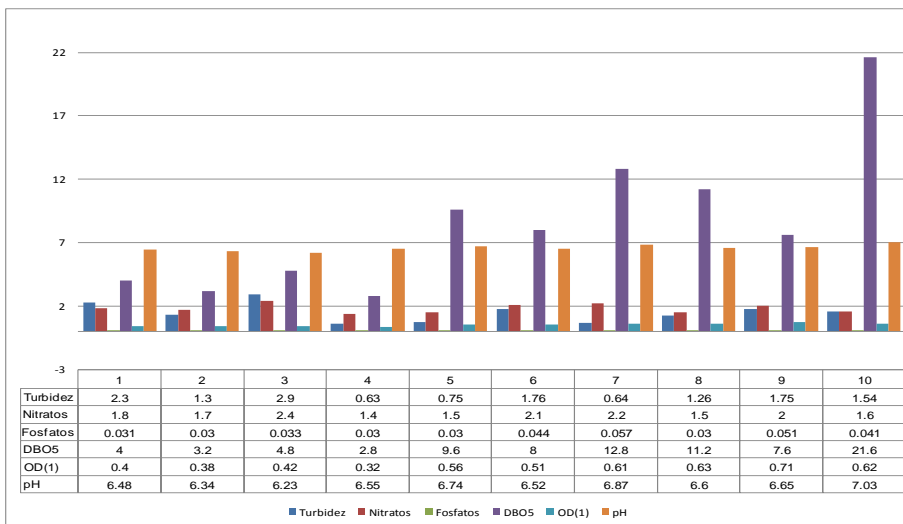


Figura 12. Resultado del análisis de los parámetros físico-químicos de los diez pozos

Dos parámetros que sobresalen en la figura 12. El DBO<sub>5</sub> en los pozos no. 7, 8 y 10, y el pH con características ácidas a excepción del pozo no. 10 con pH neutro.

#### **5.4 Valoración del efecto de la calidad del agua subterránea (pozos), en la salud de la población indígena de Kamla**

Los efectos en la salud de los habitantes de la comunidad indígena de Kamla, relacionados con el agua potable se pone en evidencia en los registros estadísticos paralelos del Puesto de Salud de la comunidad y del Policlínico municipal de Bilwi (MINSA-Regional). Seguidamente, se sintetiza toda la información de ambos registros, referido al periodo de agosto del 2010 a enero del 2011 (detalles Anexo 8).

a. Puesto de Salud de la comunidad de Kamla. Fuente: Lic. Reyna Lewis Padilla, Enfermera de Kamla:

- ↓ En el periodo evaluado (seis meses) el registro de pacientes atendidos en el Puesto de Salud de la comunidad, fue de 901<sup>22</sup> consultas médicas totales, de estas, el 20.2% (182 consultas) están relacionadas a enfermedades por la ingesta de agua; es decir, presentan síntomas de enfermedades diarreicas (EDA) y parasitosis, las cuales

---

<sup>22</sup> Ver información en Anexo 8, página 177



tiene una relación directa con los altos valores de bacterias de coliformes fecales y E. Coli, presentes en el agua.

- ⇓ Del total de pacientes atendidos en el Puesto de Salud, 331 pertenecen a niños de entre 0 y 12 años, equivalente al 36.7%. En relación a la población infantil atendida, el 16.5% (149) están relacionados a problemas de enfermedades diarreicas (EDA) y parasitosis. En los adultos, se registraron un total de 6 casos con problemas diarreicos y 27 de parasitosis, lo que corresponde a un 3.7%.
- ⇓ Otros casos de enfermedades registradas, como dolor de vientre, enfermedades respiratorias (gripe y asma), problemas de la piel (granos), dolores de cabezas, calenturas, gripe, clasificadas como otras en el estudio; representan el 79.8% del total de los casos; estas tienen una relación directa e indirecta con el agua consumida, la higiene personal o del consumo de alimentos contaminados.

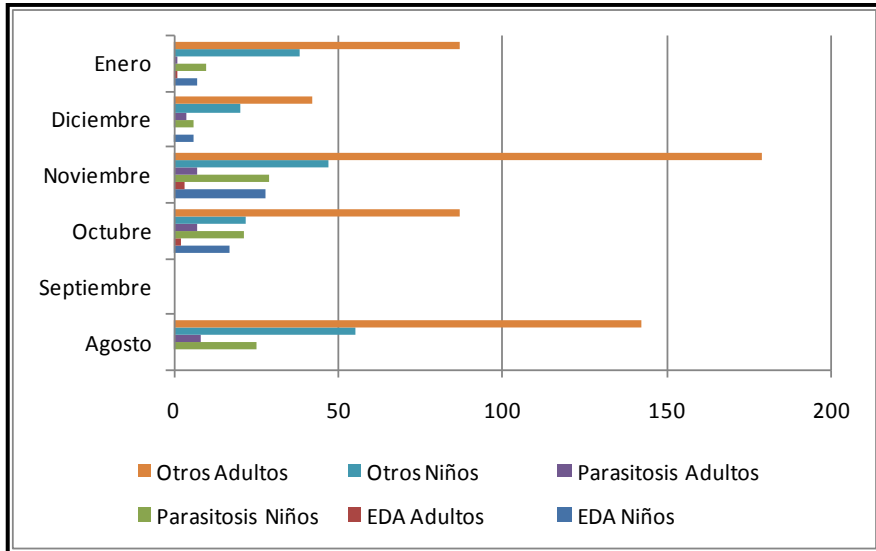
b. Policlínico municipal de Bilwi. Fuente: Departamento de Estadísticas:

- ⇓ El registro paralelo del Policlínico municipal de Bilwi, revela 885 consultas medicas totales, de las cuales, el 20.7% (183 consultas) están relacionadas directamente a

enfermedades por la ingesta de agua proveniente de los pozos; es decir, por EDA con un 8% y parasitosis con un 12.7%.

- ⇓ Del total de la población atendida, el 35.4% corresponde a niños menores de 12 años y el restante 64.6% entre jóvenes y adultos (mayores de 12 años).
- ⇓ Los otros caso de enfermedades registradas, constituyen el 18.9% a niños y 60.5% para jóvenes y adultos.

De acuerdo al análisis de los datos estadísticos de ambas fuentes, se llega a la conclusión de que alrededor del 36% de la población infantil (menor de 12 años) se ve afectada permanentemente por enfermedades diarreicas, parasitosis y otros padecimientos, producto del agua de los pozos, donde no se realiza tratamiento alguno, se suma la falta de prácticas de higiene sanitaria en la comunidad y en sus casas de habitación. Reiteramos que en el análisis, no se consideró a los comunitarios que por costumbre o tradición, se abstienen a ser tratados en el Puesto de Salud de la comunidad. Finalmente, en la siguiente figura se muestra la información estadística de atención de ambos registros por mes (Puesto de Salud de la Comunidad y Policlínico de la Ciudad de Bilwi).



*Figura 13. Información estadística de los registros de atención médica a la población de Kamla*

### **5.5 Medidas de prevención y de mitigación para la protección del agua de consumo humano y potable**

Las medidas de prevención y de mitigación se elaboraron sobre la base de los resultados del diagnóstico ambiental del territorio y de la comunidad (principales problemas), del análisis de la contaminación del agua superficial (ríos y riachuelos) y subterránea (pozos), así como de la relación del efecto directo a la salud de la población de la comunidad producto del agua de los pozos. Partiendo de estos resultados, las medidas establecidas son

consideradas las más objetivas y adaptables para poder reducir y mitigar el problema de la contaminación actual, en caso de llegarse a implementarse, según lo establecido.

### 5.5.1 Medidas de prevención

Las medidas de prevención se han concebido para ser desarrolladas en un periodo de tiempo prudencial (no más de 5 años), pero sus resultados serán visibles y sostenibles a largo plazo (dentro de 10 a 15 años). El cuadro 21 resume los problemas identificados y las medidas preventivas, según la problemática y que se proponen sean cometidas.

*Cuadro 21. Medidas de prevención ante la contaminación actual*

<b>Problema identificado</b>	<b>Medidas de prevención</b>
<p>Avance de la deforestación: pérdida de la vegetación de pinares y ribereña</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Implementar políticas y estrategias para combatir la deforestación (moratoria)</li> <li>✓ Reforestar la vegetación ribereña, combinándolas con árboles maderables y frutales</li> <li>✓ Hacer cumplir la Ley de Agua y Ley Forestal, en lo concerniente a la protección de la vegetación ribereña (respetando los 50 m de ambos lados del río)</li> <li>✓ Fortalecer la directiva comunitaria para la protección y manejo del bosque de pinares y vegetación ribereña</li> </ul>
<p>Nacientes de agua sin manejo ni protección. No existen acciones definidas para las zonas de importancia hídrica</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacitar a la población comunitaria sobre la importancia de la protección y manejo de las fuentes de agua destinadas al consumo humano</li> <li>✓ Realizar estudios de las zonas de importancia hídrica y zonas de recarga</li> <li>✓ Mayor compromiso de parte de las autoridades de la comunidad</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conformar los CAP's</li> </ul>
Formación de cárcavas por la extracción de grava y arena	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Delimitar las zonas de extracción de grava y arena</li> <li>✓ Implementar prácticas para el control de la erosión y sedimentación</li> </ul>
Sub-utilización de las aguas superficiales y subterráneas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determinar la oferta hídrica superficial y subterránea del territorio</li> <li>✓ Implementar la gobernanza y gestión del recurso hídrico en el territorio</li> </ul>
Alteración de la calidad del agua por elementos naturales/ contaminación del agua por la actividad antropogénica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacitación a la población sobre las características del suelo en el territorio</li> <li>✓ Establecer un programa de conservación de suelo y agua, y de protección de los sitios o fuentes de abastecimiento de agua destinadas para el consumo humano y potable</li> <li>✓ Educación ambiental a la población indígena comunitaria</li> </ul>
Precario estado actual de saneamiento ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mejorar aspectos de organización local y municipal</li> <li>✓ Formular hoja de ruta de saneamiento que vincule al territorio y a la comunidad en si</li> </ul>

### 5.5.2 Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación constituida, han sido concebidas con el objetivo de disminuir los problemas principales del territorio en el menor tiempo posible. En el cuadro 22 se resumen dichas medidas de mitigación.

*Cuadro 22. Medidas de mitigación ante la contaminación actual*

<b>Problema identificado</b>	<b>Medidas de mitigación</b>
<p>Contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano y potable</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Instaurar como normativa en la comunidad la desinfección del agua de bebida. Ejemplo; hervir el agua, clorarla, desinfectar con los rayos solares, entre otras</li> <li>✓ Elaborar un programa de eliminación gradual en los diez pozos para reducir el riesgo sanitario actual</li> <li>✓ Gestionar la desinfección inmediata y sistemática de los pozos, que están en mejores condiciones de infraestructura y con menor riesgo sanitario</li> <li>✓ Gestionar la instalación de un pozo perforado a 120 pies de profundidad, alejado de la comunidad, para que sea utilizado como el principal abastecedor de agua potable</li> <li>✓ Prohibir la deposición de basura (vertido actual en la parte alta del territorio) y desperdicios en los ríos; asimismo, establecer multas fuertes</li> <li>✓ Confinar sitios para los animales domésticos alejados de las fuentes de abastecimiento de agua</li> <li>✓ Establecer junto con la universidad URACCAN un programa de educación ambiental de mediano plazo (10 años) dirigida a la protección del recurso hídrico, gestión del territorio y riesgo sanitario a la salud humana</li> </ul>

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Con relación al saneamiento ambiental de la comunidad, Kamla:

- ✓ La contaminación de origen bacteriológico en los ríos y pozos, se debe en gran parte a la infiltración del agua de lluvia que arrastra los residuos sólidos y líquidos provenientes de la comunidad y del vertedero municipal ubicado en la parte alta del territorio.
- ✓ La alta contaminación de los pozos con bacterias coliformes fecales y E. Coli, también está relacionado a la falta de una infraestructura básica y a las condiciones higiénico-sanitarias que tiene la comunidad.

En relación a la calidad del agua superficial (ríos no. 1, 2 y 3), permite señalar lo siguiente:

- a) La contaminación de los ríos varía de moderada a regular, lo que requiere un tratamiento potabilizador.
- b) Es inminente la pérdida gradual de la vegetación ribereña en el territorio de Kamla, por lo que sus autoridades locales y su población, deben tomar acciones inmediatas para contener el deterioro del bosque ripario y revertir la situación actual.

Los resultados del estudio fisicoquímico y bacteriológico para determinar la calidad del agua para consumo humano en los diez pozos estudiados señala que:

- ✓ El agua de los diez pozos estudiados está contaminada y no es apta para el consumo humano.
- ✓ Los pozos requieren urgentemente un tratamiento desinfectante y un control sistemático, orientado a eliminar la alta presencia bacterias coliformes fecales y E. Coli.
- ✓ Las condiciones físicas actuales del 76% de los pozos no presentan condiciones para evitar su contaminación.

El efecto en la salud de los pobladores de Kamla, en relación a la calidad del agua ingerida, señala que es mayor en la población joven y adulta (mayor de 12 años), que en la población con edades menores a los 12 años, por ejemplo:

- ✓ Los casos de enfermedades directamente relacionadas con la mala calidad del agua en la comunidad de Kamla corresponden a un 20.7% de la población total, de esto el 35.4% corresponde a menores de 12 años y el restante 64.6 %, a mayores de 12 años.
- ✓ Otros tipos de enfermedades afectan al 18.9% de la población menor de 12 años y a un 60.5% con edades mayores de 12 años.



## 6.2 Recomendaciones

1. Con relación al saneamiento ambiental en la comunidad, se debe elaborar un Manual Ambiental (con apoyo de URCCAN) para el manejo sostenible de los recursos naturales (priorizando el recurso hídrico y el forestal) del territorio de Kamla. Este Manual deberá incluir los siguientes aspectos:

- ✓ Ordenamiento de la zona de la extracción de grava y arena y debe realizarse en zonas alejadas de los ríos y riachuelos.
- ✓ Vigilancia y protección de los cuerpos de agua (ríos y afluentes) para evitar que se continúe contaminando con los residuos sólidos y líquidos.
- ✓ Normar el vertido de aguas residuales de las empresas y realizar inspecciones bilaterales<sup>23</sup> y periódicas en el vertedero municipal.
- ✓ Confinar o delimitar zonas para el movimiento de los animales domésticos a través de cercas.
- ✓ Instaurar un sistema de agua potable, mediante la perforación de uno o dos pozos a profundidades de 120 pie o mayor), con el objetivo de tener suficiente agua y poderla canalizar a varios puntos estratégicos de la comunidad.

---

<sup>23</sup> La directiva de Kamla y Alcaldía Municipal

- ✓ Eliminar gradualmente pozos en mal estado o que estén muy cercanos a los focos de contaminación (letrinas y aguas grises).
2. Formar el comité de agua potable y saneamiento ambiental en la comunidad (CAPS, según Ley de Aguas Nacionales), con el propósito de coordinar acciones que se deben realizar en la comunidad para mejorar la situación del agua para consumo humano y potable.
3. Elaborar la hoja de ruta de saneamiento, con la finalidad de mejorar la calidad del agua superficial (ríos y riachuelos) y subterránea (pozos), para el caso de los ríos se propone:
- ✓ Un plan de reforestación integral de la vegetación ribereña. En el caso de los ríos de donde se abastece de agua la comunidad, requiere iniciar la restauración de forma focalizada, con combinaciones de especies nativas de rápido crecimiento y frutales.
  - ✓ Realizar estudios para determinar el capital hídrico<sup>24</sup> del territorio (oferta y demanda).

En el caso de los pozos:

---

<sup>24</sup> El territorio de Kamla, se perfila para poder suplir una parte de la Demanda de agua de la Ciudad de Bilwi, a mediano plazo (en 10 – 15 años).

- ✓ Elaborar junto con el MINSA un cronograma de limpieza y desinfección de los pozos y ríos, principalmente al finalizar el periodo de lluvia. Estas deben ir acompañado de los análisis mínimos requeridos, según los parámetros físico-químicos y bacteriológicos señalados en la normativa técnica Nicaragüense (NTON 09 001-99) y norma CAPRE.

Para reducir el número de personas afectadas por enfermedades derivadas del consumo de agua, se plantea:

- ✓ Iniciar una campaña de desinfección del agua consumida (hervir el agua, clorarla, etc.), la cual debe ser implementada como una norma básica de higiene en la comunidad.
- ✓ Que las autoridades de la comunidad y del MINSA, revisen cuáles son sus responsabilidades en base al Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria del Agua para consumo humano y potable.
- ✓ Erradicar la práctica de la defecación al aire libre.
- ✓ La comunidad debe también poner de su parte para prevenir enfermedades de origen hídrico, aplicando medidas preventivas como cloración, aprovechamiento de la luz solar, etc.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, G. & Iza, A. 2009. Gobernanza del agua en Mesoamérica, UICN, GLAND, Suiza. 213 p. Disponible en: [cea.altiplano.uvg.edu.gt/26/](http://cea.altiplano.uvg.edu.gt/26/); [www.editoresdelpuerto.com](http://www.editoresdelpuerto.com); [www.iucn.org/bookstore](http://www.iucn.org/bookstore)

APHA; AWWA; WEF. 1997. Standards methods for the examination of water and waste water. APHA 20.th Edition; Washington D.C. Disponible en: [isbndb.com/d/Publisher/apha\\_awwa\\_wef.html](http://isbndb.com/d/Publisher/apha_awwa_wef.html)

Asamblea Nacional de Nicaragua. 2007. Ley general de Aguas Nacionales. Ley No. 620 Art. 6, 44, 70 y 71.

\_\_\_\_\_. 2000. Ley creadora del sistema nacional para la prevención, mitigación y atención de desastres, Ley No. 337.

CAPRE. 2003. Norma técnica nacional para agua de uso agrícola, pecuaria, recreativo, preservación de la flora y fauna y abastecimiento de poblaciones. República de Honduras, Secretaría de Salud. p. 5-9.

\_\_\_\_\_. 1993. Revisado en 1994: normas de calidad del agua para consumo humano y potable. p 12 – 14. Disponible en: [www.una.edu.ni/Respaldo/.../Capre\\_Normas\\_Regional.pdf](http://www.una.edu.ni/Respaldo/.../Capre_Normas_Regional.pdf)

Carranza, F; Medina, N. 2007. El estado de saneamiento en Nicaragua. WSP. p 9 – 11. Disponible en: [www.wsp.org/521200850008\\_Saneamineto\\_Nicaragua\\_final.pdf](http://www.wsp.org/521200850008_Saneamineto_Nicaragua_final.pdf)

- Cisneros, R.C. 2005. Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles, en la Subcuenca del río Jabonal, CR. p. 17-18., Disponible en: [orton.catie.ac.cr/.../revistas\\_rna48\\_articulo9.asp?](http://orton.catie.ac.cr/.../revistas_rna48_articulo9.asp?)
- Directiva Marco relativo al Agua. 2002. Utilízela racionalmente: Comisión Europea, Luxemburgo. p 4. Disponible en: [ec.europa.eu/environment/water/water.../pdf/tapintoit\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/environment/water/water.../pdf/tapintoit_es.pdf)
- FADCANIC. 1999. Comunidades indígenas y recursos naturales. Informe de diagnóstico de comunidades indígenas. Bilwi, Puerto Cabezas, RAAN. 35 p.
- Ferrari, M.A. 2006. Rebelión IV Foro Mundial del agua, claro como el Agua. 55 p.
- García, F & Deen, T. 2005. Cumbre del milenio: fracaso e incumplimiento de los objetivos del milenio. SERVINDI (Servicio de Información Indígena), no. 64, Edición de Septiembre. p. 23 - 24. Disponible en: [www.servindi.org/pdf/Serv\\_64\\_Milenio.pdf](http://www.servindi.org/pdf/Serv_64_Milenio.pdf)
- Global Water Partnership. 2003. Estatus de los procesos hacia los planes nacionales para la gestión integrada de los recursos hídricos en los países de Centroamérica: Belice, Guatemala, Honduras, Costa Rica y Nicaragua. p 12-15. Disponible en: [www.gwpcentroamerica.org/uploaded/content/article/1397490618.pdf](http://www.gwpcentroamerica.org/uploaded/content/article/1397490618.pdf)
- Gonzales, A.C. 2009. Derecho humano al agua potable. Disponible en: [www.monografias.com](http://www.monografias.com)
- Hernández, P.E; Flores, J.V. 2004. Plan de manejo integral de la subcuenca del río Brakira, Bilwi, Puerto Cabezas, RAAN. p 5 – 22.

- IDEAM. 1997. Demanda química de oxígeno: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, Ministerio del Medio Ambiente, República de Colombia. 29 p. Disponible en:  
[www.drcalderonlabs.com/.../Determinacion de DQO.htm](http://www.drcalderonlabs.com/.../Determinacion_de_DQO.htm)
- INAA. 1999. Norma técnica obligatoria Nicaragüense para el diseño de abastecimiento de agua en medio rural, NTON 09 001 99. 10 p.
- INAA. 1999. Norma técnica obligatoria Nicaragüense para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua, NTON 09 003 99. 14 p.
- INAA. 1999. Norma técnica obligatoria nicaragüense para el saneamiento básico rural, NTON 09-002-99. 14 p.
- Jonch, C.M. 2004. Estrategia Centroamericana de gestión integrada de recursos hídricos. 8-10 p. Disponible en:  
[www.pnuma.org/.../Modulo%201%20MIAAC%20en%20el%20contexto%20de%20gestion%20...www.infoandina.org/nod/e/14908](http://www.pnuma.org/.../Modulo%201%20MIAAC%20en%20el%20contexto%20de%20gestion%20...www.infoandina.org/nod/e/14908)
- Lahmann, Z; Enrique, J. 2005. El estado de los recursos hídricos en la región hidrográfica. Cara Sucia-San Pedro Belén en la zona Sur de Ahuachapán, El Salvador UICN. Proyecto BASIM.1er. ed. San José, CR. 55 p.
- López, C.N. 2002. Descentralización y desarrollo económico local en Nicaragua. Disponible en:  
[www.fesamericacentral.org](http://www.fesamericacentral.org)
- Lucas, R; Aguinaga, S. 1996. Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes: laboratorio DINAMA, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Dirección Nacional de Medio Ambiente. Uruguay. 139 p. Disponible en:

[www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option...id](http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option...id).

- OPS. 1987. Guías para la calidad del agua potable. Vol. (2). Criterios relativos a la salud y otra información base. OPS-OMS. Publicación Científica No. 506. Washington DC. 350 p. Disponible en:  
[biblioteca.universia.net/.../criterios-relativos-salud-otra-informacion-base.../35738411.html](http://biblioteca.universia.net/.../criterios-relativos-salud-otra-informacion-base.../35738411.html)
- Ortiz, O.J. 2007. Análisis geográfico sobre la calidad del agua de los pozos. Sur de Ahuachapan, El Salvador. p 12 – 13. Disponible en:  
[eco-book.net/action/file/download?file\\_guid=859](http://eco-book.net/action/file/download?file_guid=859)
- Pochat, V. 2008. Principios de la gestión Integrada de los Recursos Hídricos, Bases para el desarrollo de Planes Nacionales. 23 p. Disponible en:  
[www.gwpcentroamerica.org](http://www.gwpcentroamerica.org)
- Quevedo, J.E. 2008. Análisis y evaluación de las franjas ribereñas y de los usos adyacentes en la microcuenca del río Toila, subcuenca del río Matanzas, Guatemala. Turrialba, CR. CATIE. Tesis Mag.Sc. 216 p.
- Salas, A. 2000. Minería en el trópico. Coordinador regional conservación de bosques y aéreas protegidas en Mesoamérica (UICN), caso Centroamérica. UICN-CM. 56 p. Disponible en:  
[www.ccad.ws/documentos/proyectos/.../MemoriaSeminarioRegional.pdf](http://www.ccad.ws/documentos/proyectos/.../MemoriaSeminarioRegional.pdf)
- Salas, E; Juan, B. 1993. Árboles de Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA), Managua, Nicaragua. 390 p.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2002. Índice de Calidad del Agua General (ICA). Centro de

Gobierno. San Salvador, El Salvador, Centro América. p 14 – 15. Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

Tamara, L.E. 2009. El acceso al agua potable es un derecho humano fundamental. p 10-11. Disponible en: [www.Bolpres.com](http://www.Bolpres.com)

Velásquez, A.L. & Calderón, C.G. 2004. Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales. Consejo nacional del agua. México D.F. 23 p. Disponible en: [www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/FundamentosTecnicos.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/FundamentosTecnicos.pdf)

Valle, J.C. 2002. Diagnóstico sobre los sistemas de vigilancia y control de la calidad del agua para el consumo humano en Nicaragua. OPS/OMS. 125 p. Disponible en: [www.minsa.gob.ni/bns/ambiente/doctec.html](http://www.minsa.gob.ni/bns/ambiente/doctec.html)

Vargas, G; Rojas, R; Joseli, J. 1996. Control y vigilancia de la calidad del agua de consumo humano. CEPIS. Disponible en: [www.disaster-info.net/infovolcanes/pdf/spa/doc14581/doc14581.pdf](http://www.disaster-info.net/infovolcanes/pdf/spa/doc14581/doc14581.pdf)

Walter, W.J. 2010. Módulo II: bienes y servicios ambientales. Universidad URACCAN, Kamla, Puerto Cabezas, RAAN, Nicaragua. p 53 – 60.

\_\_\_\_\_. 2010. Módulo III: cambio climático, gestión de riesgo y vulnerabilidad global. Universidad URACCAN, Kamla, Puerto Cabezas, RAAN, Nicaragua. p 10 – 11.

\_\_\_\_\_. 2010. Módulo I: cuencas hidrográficas. Universidad URACCAN, Kamla, Puerto Cabezas, RAAN, Nicaragua. p 99 – 101.



\_\_\_\_\_. 2008. Análisis de vulnerabilidad a la contaminación del recurso hídrico en la subcuenca del río Siquirres, Turrialba, CR. CATIE. Tesis Mag.Sc. 212 p. Disponible en: [orton.catie.ac.cr/repdoc/A2950e/A2950e.pdf](http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2950e/A2950e.pdf)

WSP. 2008. El estado del saneamiento en Nicaragua. NI. 56 p. Disponible en: [iteresources.worldbank.org/INTNICARAGUAINSPANISH/.../Nicaragua\\_saneamiento\\_ago08.pdf](http://iteresources.worldbank.org/INTNICARAGUAINSPANISH/.../Nicaragua_saneamiento_ago08.pdf)

## 8. ANEXO

### Anexo 1. Mojonés del territorio de Kamla

Puntos	Mojón	Coordenadas (X, Y)	Distancias (metros)	Rumbo
0-1	(KukaPrahni)	14°03'24'' 83°21'59''	2400	N332°W
1-2	(KukaPrahni - GutsTingni)	14°04'29'' 83°22'38''	3300	N2°E
2-3	(GutsTingni - PistuTingni)	14°06'16'' 83°22'31''	2650	N298°W
3-4	(PistuTingni - Kuku Nata)	14°06'56'' 83°23'49''	1200	N302°W
4-5	(Kuku Nata - GunGun Nata)	14°07'14'' 83°24'24''	1950	N308°W
5-6	(GunGun Nata - Hill Pauni)	14°07'51'' 83°21'59''	6600	N240°W
6-7	(Hill Pauni - TwiWainka)	14°06'01'' 83°28'25''	2150	N234°W
8-9	(TwiWainkaBiara - Paal)	14°01'36'' 83°27'46''	4800	N57°W
9- 0	(Paal - Pis PisTingni - KukaPrahni)	14°03'05'' 83°25'35''	6500	N83°W

## Anexo 2. Encuesta y matriz para el diagnóstico del estado de saneamiento ambiental

### a. Aspectos generales: guía de preguntas para entrevista abierta

¿Cómo es el estado de la vegetación actual o bosque del territorio?

¿Dónde están ubicados los sitios o fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano y cómo considera la calidad del agua, ha existido problemas de contaminación?

¿Las actividades de extracción de grava y arena están afectando los ríos donde la comunidad se abastece de agua?

¿Cuánto es la población actual y el número de individuos por casa?

¿Cómo está organizada la comunidad, mencione los servicios básicos faltantes, las actividades productivas o económicas y los ingresos percibidos por la comunidad por arrendamiento de tierra?

### **b. Matriz de diagnóstico del estado ambiental en relación a las fuentes de agua para consumo humano**

No.	Nombre del Dueño	Tipo de Vivienda			Pozo			letrina		baño	Lavadero	Distancia pozo-letrina	Disposición de aguas grises	Tipo de Riesgo	Orden y limpieza			No. de habitantes		Observación: donde obtienen agua para tomar, cocinar, bañarse, limpiar de la casa, los trastos, etc.	
		C	M	O	s/n	m	b	s/n	b/	s/n	s/n	metros	S/N	A	M	B	B	R	M		N
1	Nicolás Hernández		x		si			si		si	no	25	No	M	X				7		Del mismo pozo
2	Marcela Gosden		x		si			si		si	si	15	No	A		x			4		Pozo y río
3	Margarita Simons		x		no			---		---	---	---	---	---		x			---		Pozo del proyecto
4	Loran Snaider	x			si			si		si	si	30	Si	M			x		2		Pozo y río
5	Liver Sialam		x		si			si		si	no	20	Si	M			x		6		Pozo y río

6	Viola Lam	x		si		si	si	si	25	Si	M	X		6		Pozo y río
7	SharlySneider		x	si		si	si	si	30	Si	M	x		6		Pozo y río
8	Edgar Cristopher	x		no		---	---	---	---	---	---		x	1		Pozo del proyecto
9	RamonAisea		x	si		si	si	no	25	No	M		x	---		Pozo y río
10	MasantoAisea			no		---	---	---	---	---	A	x		4		Pozo del proyecto
11	Haina Simóns		x	si		si	si	no	20	No	A	x		4		Pozo y río
12	Elda Simóns		x	si		si	si	--	10	Si	A	x		4		Pozo y río
13	Tomasa Peña		x	si		si	si	no	20	Si	M		x	2		Pozo y río
14	Ester Simóns		x	si		si	si	si	30	Si	M	x		3		Pozo y río
15	RomaldaSimóns		x	no		---	---	---	---	---	---	x		5		Pozo del proyecto
16	Lea Simóns			si		si	si	s	20	No	M	x		5		URACCAN
17	Nasaria Hernández	x		no		si	si	s	---	---	---	x		3		Pozo del proyecto
18	NaydaSimóns		x	si		si	si	no	20	No	M	x		1		Pozo del proyecto
19	Lenin Garth		x	no		si	no	no	---	---	---	x		1		Pozo y río
20	Susana Glarth			si		si	si	si	30	Si	M	x		5		URACCAN
21	Vilma Verónica Pen	x		si		si	si	---	15	Si	A	x		2		URACCAN
22	Reyna Saiman		x	si		si	si	no	10	No	A	x		3		URACCAN
23	Ruth Briceño		x	si		no	no	no	---	No	---		x	3	3	Pozo y río
24	SenaidaChereo		X	no		no	no	no	---	No	---	X		4	2	Pozo del vecino
25	Benito Peña		X	si		si	si	no	500	No	B	X		3	2	Pozo y río
26	Amanda Lacayo		X	no		si	no	no	---	No	---	X		4	1	Pozo del vecino
27	Celestina Panting		X	si		si	si	si	50	Si	M		X	3	6	Pozo y río
28	Andrea Siles			si		si	si	si	200	No	B	X		3	5	Pozo y río
29	Vilma Coleman		X	no		si	no	no	---	No	---		X	2	5	Pozo del vecino
30	Alex Clark		x	si		si	si	si	200	Si	B		x	3	2	Pozo y río
31	Herlinda Gonzales			si		si	si	no	100	No	B		X	6		Pozo y río
32	Isabel Salazar			si		si	si	si	100	Si	B	X		1		Pozo y río
33	Carlos Martínez		X	si		si	si	si	50	No	M	X		5		Pozo y río
34	Sayra Clark		X	si		no	si	si	30	No	M	X		3		Pozo y río
35	Luisa Iseya		X	si		si	no	no	50	No	M	X		3		Pozo y río
36	Eva Calambas		X	no		si	no	no	---	No	---	X		4		Pozo vecino
37	IlonaSayman		X	no		si	no	no	---	No	---	X		6		Pozo vecino
38	MelidaBalreoSimóns		X	no		no	no	no	---	Si	---	X		4		Pozo vecino
39	Marta Lorena Kiapa		X	si		si	si	si	50	No	M		X	4		Mismo pozo
40	Rosa Castellon		X	si		si	si	si	80	No	B		X	-		Mismo pozo
41	María Owen		X	si		si	no	no	100	No	B		X	6		URACCAN
42	Alcira Ramos O.		X	si		si	si	si	150	No	B	X		2		Mismo pozo
43	Eraltina Hernández		x	si		no	si	si	90	No	B	X		6		Mismo pozo
44	Alberta Sayman			si		si	si	no	150	No	B		X	5		Pozo y río
45	Marta Lorena H			si		si	si	si	250	No	B		X	5		Pozo y río

46	Florencia Hernández		x	si		Si		si	no	120	No	B		X		6		Pozo y río	
47	Marta Morales		X	si		Si		no	si	100	No	B		X		3		Otro pozo	
48	Eufemia Antonia		X	si		Si		no	no	100	No	B		X		6		Otro pozo	
49	Robiña Castillo		X	no		Si		si	si	---	Si	---		X		1		Otro pozo	
50	Santa Lacayo		X	si		No		si	si	---	Si	---		X		3		Otro pozo	
51	Shawdy Herrera		X	si		Si		si	si	110	Si	B		X		2		Otro pozo	
52	Nidia Nihimaya			x	si		Si		si	no	100	No	B		x		4		Pozo y río
53	Xx		x	no		Si													
54	Xx		x	no		Si													
55	Xx		x	no		Si													
56	Xx		x	no		No													
57	Xx		x	no		No													
58	Xx		x	no		Si													
59	Xx		x	no		Si													
60	xx		x	no		Si													
61	Xx		X	no		Si													
62	Xx		X	no		No													
63	Xx		X	si		No													
64	Xx		X	si		No													
65	Xx		X	si		No													
66	Xx		X	si		No													
67	Xx		X	no		Si													
68	Xx		X	no		Si													
69	Xx		X	no		Si													
70	Xx		X	no		No													
71	Xx		X	si		No													
72	Xx		X	no		Si													
73	Xx		X	no		No													
74	Xx		X	no		Si													
75	Xx		X	no		No													
76	Xx		X	si		No													
77	Xx		X	no		No													

c ... casa de cemento, m...casa de madera, o...mixta

A... alto riesgo, M...mediano riesgo, B...bajo riesgo

B... bueno, R....regular, M...malo

N...niños, A....adultos

Nota: se contabilizaron un total de 77 viviendas, de las cuales se obtuvo información completa de 52 (encuesta directas), lo que equivale al 67.5%. Las 25 viviendas restantes equivalente al 32.5% (entrevistas indirectas), es decir los dueños no se encontraban, por lo que se procedió a levantar la información de manera observacional (existencia de pozos, existencia de letrinas, distancia entre pozo/letrina, charcas, etc.). Por esta razón a partir del Ítem 53 al 77 no aparecen los nombres de los dueños de las casas, solamente se muestran los datos que se pudieron levantar físicamente. A partir de las encuestas directas (67.5%) se considera la información como representativa, así como el resultado, que nos dará una apreciación del saneamiento hídrico ambiental de la comunidad.

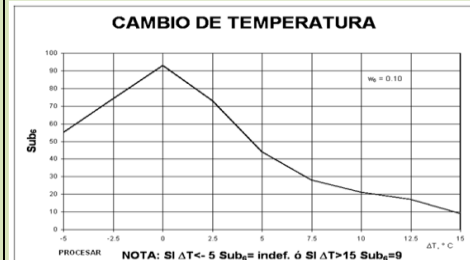
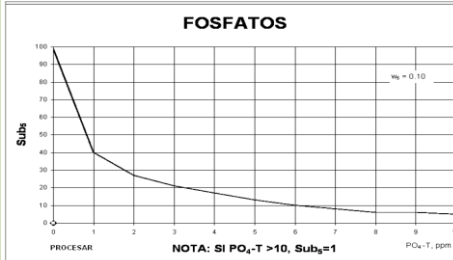
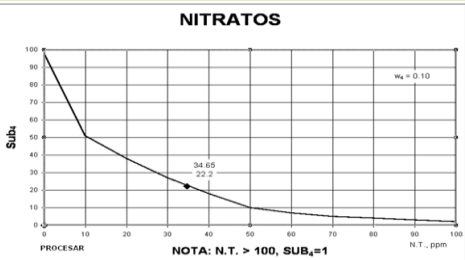
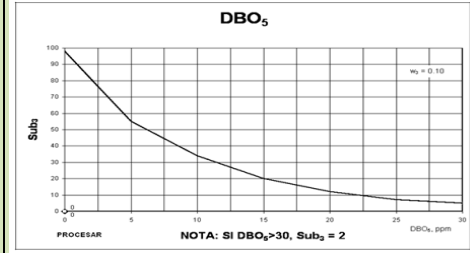
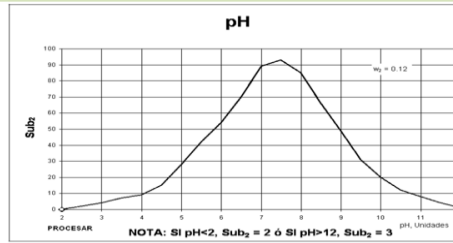
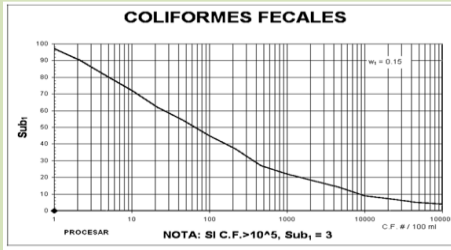
**c. Matriz de relación de actores (instituciones y organizaciones) que están apoyando a garantizar el servicio hídrico en la comunidad, según la percepción de los propios comunitarios**

Para conocer la relación de los actores, entendida como el apoyo que han recibido de parte de las instituciones u organizaciones regionales, en relación al servicio hídrico (agua) en calidad y cantidad se procedió a enumerar algunas instituciones de la RAAN, que tienen vínculo con la comunidad sean de manera formal o informal, legal o tradicional, según los comunitarios. Para esto se diseñó un cuadro de relaciones, donde se enumeraron las instituciones más ligada a la comunidad y a través de una pregunta se procedió a conocer las relaciones o apoyos de las instituciones con la comunidad. La pregunta establecida para cada una de las instituciones fue ¿Usted ha apoyado a la comunidad? Para la comunidad ¿Cuál de estas instituciones u organizaciones tiene mayor o menor relación; han apoyado o no a la comunidad para mejorar los servicios básicos, en particular el agua de consumo humano?

**d. Matriz para conocer el apoyo de las instituciones en relación a los servicios básicos (agua)**

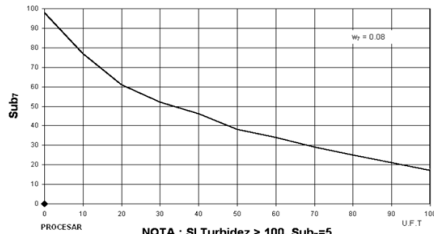
<b>Instituciones locales o regionales</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>otro</b>
Comunidad (1)	---												
ENACAL (2)		---											
Alcaldía Municipal (3)			---										
URACCAN (4)				---									
BICU-CIUM (5)					---								
Gobierno Regional (6)						---							
Bloque de las 10 comunidades (7)							---						
ONG's (8)								---					
Iglesias (9)									---				
Líderes indígenas (10)										---			
Ministerio de Salud (11)											---		
Ministerio de Educación (12)												---	
S = si hay relación o hemos recibido apoyo; N = no hemos recibido apoyo													

### Anexo 3. Gráficos para obtener los $Sub_i$ de los distintos parámetros



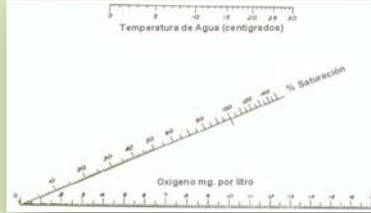


### TURBIDEZ



NOTA: Si Turbidez > 100,  $Sub_b=5$

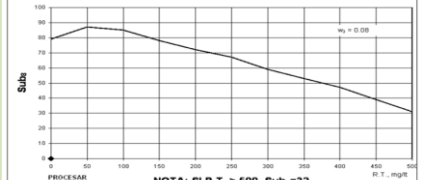
### Temperatura de Agua (centigrados)



Oxígeno mg. por litro

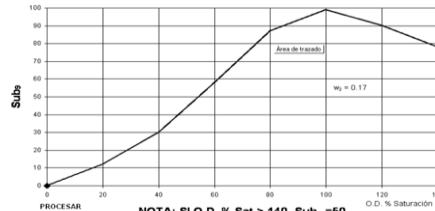
% Saturación

### SOLIDOS DISUELTOS TOTALES



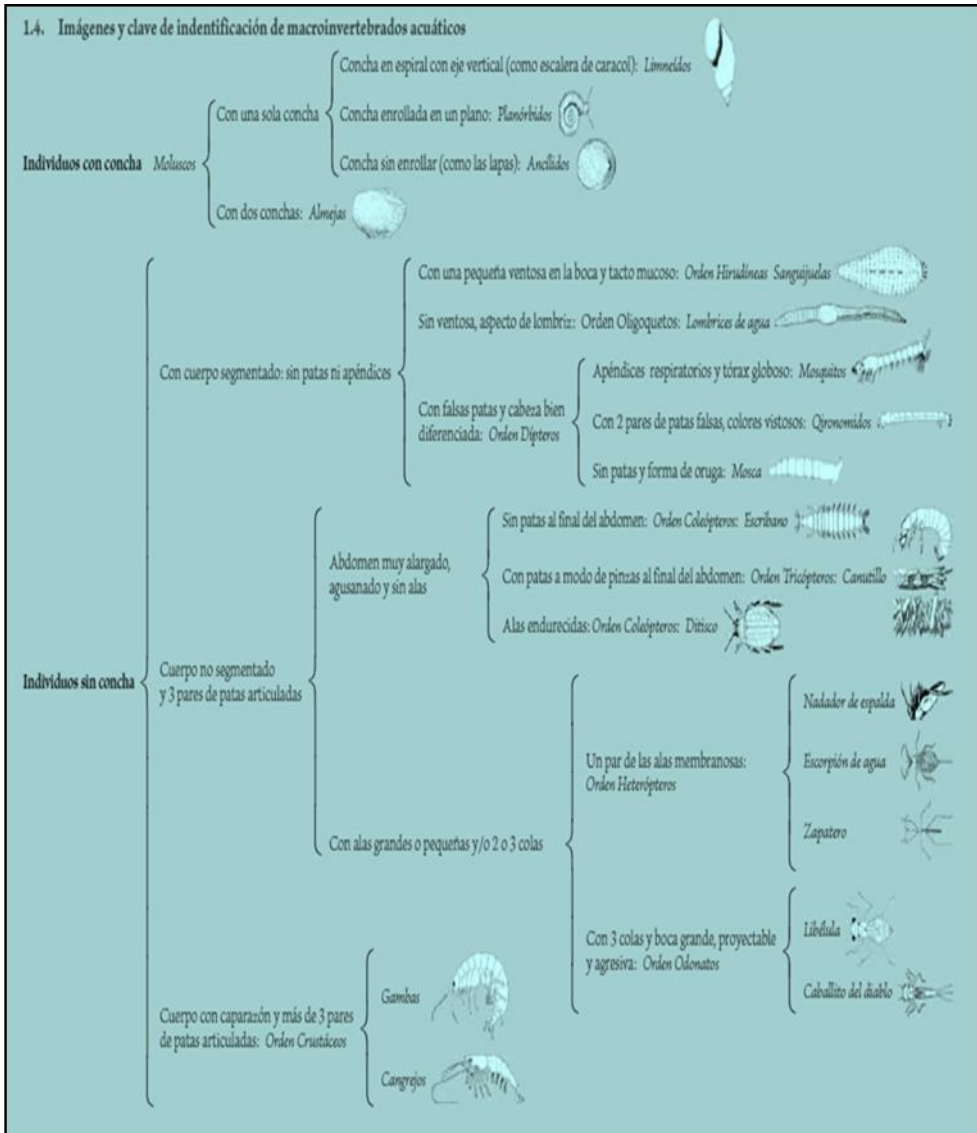
NOTA: Si R.T. > 500,  $Sub_b=32$

### OXIGENO DISUELTO

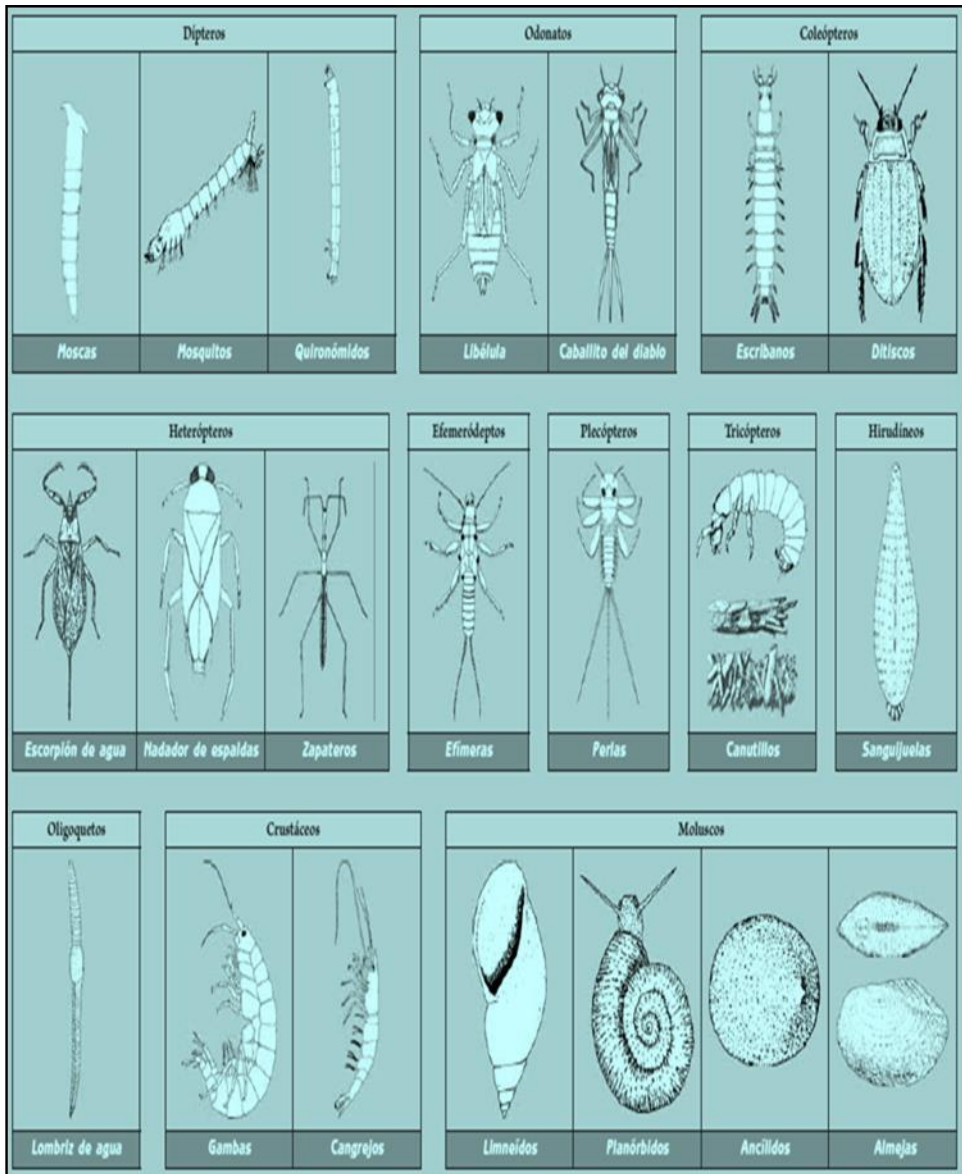


NOTA: Si O.D. % Sat > 140,  $Sub_b=50$

## Anexo 4. Macroinvertebrados bentónicos



## Anexo 4a. Imágenes de macroinvertebrados bentónicos



## Anexo 4b. Cuadro de valoración de los macroinvertebrados identificados

INDIVIDUOS	TAXONES	PUNTUACIÓN	PRESENCIA (anotar la puntuación de cada orden encontrado)														
			M.1	M.2	M.3	M.4	M.5	M.6	M.7	M.8	M.9	M.10	M.11	M.12	M.13	M.14	M.15
Efimeras	Efemerópteros	8															
Perlas	Plecópteros	10															
Canutillos	Tricópteros	8															
Libélulas Caballitos del diablo	Odonatos	8															
Escribanos Ditiscos	Coleópteros	4															
Moscas Mosquitos Quironómidos	Dípteros	2															
Escorpiones de agua Nadadores de espalda Zapateros	Heterópteros	5															
Sanguijuelas	Hirudíneos	4															
Lombrices de agua	Oligoquetos	2															
Gambas Cangrejos	Crustáceos	5															
Limneidos Planórbidos Ancilidos Almejas	Moluscos	5															
PUNTUACIÓN FINAL																	

Puntuación final	Calidad del agua
Mayor de 50	Muy buena
31-50	Buena
16-30	Moderada
6-15	Deficiente
Menor de 6	Mala

**Anexo 4c. Cuadro de valoración de los taxones o familias de los macroinvertebrados bentónicos en los tres ríos. Sitios donde la población de Kamla se abastece de agua para consumo humano**

Individuos	Taxones	Puntuación	Presencia en el río		
			No. 1	No. 2	No. 3
Efímeras	efemerópteros	8	8	---	---
Perlas	plecópteros	10	10	---	10
Canutillos	Tricópteros	8	8	---	---
Libélulas y caballitos del diablo	Odonatos	8	4	8	8
Escribanos y Ditiscos	coleópteros	4	---	4	4
Moscas, mosquitos y quironomidos	Dípteros	2	---	2	2
Escorpiones de agua, nadadores de espalda y Zapateros	Heterópteros	5	---	---	---
Sanguijuelas	Hirudíneos	4	---	---	---
Lombrices de agua	Oligoquetos	2	2		2
Gambas y cangrejos	Crustáceos	5	---	---	---
Limneídos, Planórbidos, ancílicos y almejas	Moluscos	5	---	---	---
<b>Totales</b>			<b>32</b>	<b>14</b>	<b>26</b>

## Anexo 5. Metodología para el estudio de la vegetación ribereña

### DATOS GENERALES

Código del punto de muestreo: \_\_\_\_\_ Coordenada UTM: \_\_\_\_\_

Comunidad: \_\_\_\_\_ Territorio: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_ Región o departamento: \_\_\_\_\_

### 1. DESCRIPCIÓN DE LA VEGETACIÓN SUMERGIDA (BANDA 1)

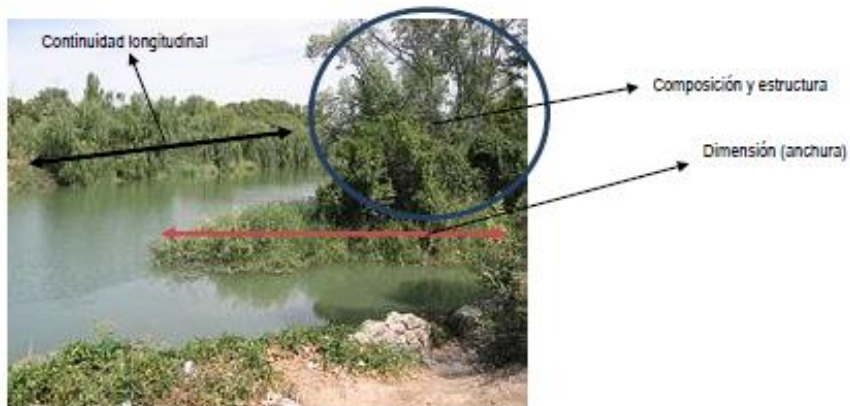
En cada punto de muestreo se recorrerá 20 m aguas arriba y 20 m aguas abajo. Se fotografiará o recolectará la vegetación sumergida o banda 1, para proceder a su identificación y descripción.



**Descripción de su ubicación:**  
..Código de muestreo, coordenadas, descripción del ecosistema.

**Identificación de la Taxonomía:**  
Reino, división, clase, orden, familia, género y especie.

### 2. VALORACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN RIBERENA (BANDA 2)



## Anexo 5a. Valoración de la vegetación ribereña (Banda 2)

Datos generales: Río No.1

Punto de Muestreo: 01

Código de muestreo: R.01

Coordenada UTM: 83.40444 y14.0786

Comunidad: Kamla

Territorio: Kamla

Municipio: Puerto Cabezas

Región o departamento: RAAN

## 2. Valoración de la estructura de la vegetación ribereña (Banda 2)

*Cuadro 1. Valoración de la continuidad longitudinal*

	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
Continuidad longitudinal de la vegetación ribereña	Vegetación sin interrupción a mayor de 20 m longitudinal	1	No requiere restauración	X	
	Vegetación con interrupciones de 5 - 20 m longitudinal	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	Poca vegetación, y con interrupción ≤ 5 m longitudinal	3	Requiere de una restauración planificada		

*Cuadro 2. Valoración de la dimensión o anchura*

Dimensión y/o anchura de la vegetación ribereña, según Ley Forestal y Ley de Aguas Nacionales	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
	≥ 50 m	1	No requiere restauración		
	10 – 49.99 m	2	Requiere una restauración natural, con inspección local	X	
	< 10 m	3	Requiere de una restauración planificada		

*Cuadro 3. Composición y estructura de la vegetación ribereña*

	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
Composición y estructura de la vegetación riparia, en un radio de 50 m de distancia a ambos lado al río	Vegetación reducida en menos del 30%	1	No requiere restauración	X	
	Vegetación reducida entre 30 – 59.99%	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	Vegetación reducida en más del 60%	3	Requiere de una restauración planificada		

Datos generales: Río No.1  
 Código de muestreo: R.02  
 Comunidad: Kamla  
 Municipio: Puerto Cabezas

Punto de Muestreo: 02  
 Coordenada UTM: 83.40313 y 14.07974  
 Territorio: Kamla  
 Región o departamento: RAAN

## 2. Valoración de la estructura de la vegetación ribereña (Banda 2)

*Cuadro 1. Valoración de la continuidad longitudinal*

	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
Continuidad longitudinal de la vegetación ribereña	Vegetación sin interrupción a mayor de 20 m longitudinal	1	No requiere restauración	X	
	Vegetación con interrupciones de 5 - 20 m longitudinal	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	Poca vegetación, y con interrupción ≤ 5 m longitudinal	3	Requiere de una restauración planificada		

*Cuadro 2. Valoración de la dimensión o anchura*

Dimensión y/o anchura de la vegetación ribereña, según Ley Forestal y Ley de Aguas Nacionales	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
	≥ 50 m	1	No requiere restauración		
	10 – 49.99 m	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	< 10 m	3	Requiere de una restauración planificada	X	

*Cuadro 3. Composición y estructura de la vegetación ribereña*

	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
Composición y estructura de la vegetación riparia, en un radio de 50 m de distancia a ambos lado al río	Vegetación reducida en menos del 30%	1	No requiere restauración		
	Vegetación reducida entre 30 – 59.99%	2	Requiere una restauración natural, con inspección local	X	
	Vegetación reducida en más del 60%	3	Requiere de una restauración planificada		



Datos generales: Río No.2  
 Código de muestreo: R.03  
 Comunidad: Kamla  
 Municipio: Puerto Cabezas

Punto de Muestreo: 03  
 Coordenada UTM: 83.40601 y 14.08024  
 Territorio: Kamla  
 Región o departamento: RAAN

## 2. Valoración de la estructura de la vegetación ribereña (Banda 2)

*Cuadro 1. Valoración de la continuidad longitudinal*

	<b>Ponderación de la variable</b>	<b>Valoración</b>	<b>Caracterización</b>	<b>Evaluación en campo</b>	<b>Observación</b>
Continuidad longitudinal de la vegetación ribereña	Vegetación sin interrupción a mayor de 20 m longitudinal	1	No requiere restauración		
	Vegetación con interrupciones de 5 - 20 m longitudinal	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	Poca vegetación, y con interrupción ≤ 5 m longitudinal	3	Requiere de una restauración planificada	X	

*Cuadro 2. Valoración de la dimensión o anchura*

Dimensión y/o anchura de la vegetación ribereña, según Ley Forestal y Ley de Aguas Nacionales	<b>Ponderación de la variable</b>	<b>Valoración</b>	<b>Caracterización</b>	<b>Evaluación en campo</b>	<b>Observación</b>
	≥ 50 m	1	No requiere restauración		
	10 – 49.99 m	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	< 10 m	3	Requiere de una restauración planificada	X	

*Cuadro 3. Composición y estructura de la vegetación ribereña*

	<b>Ponderación de la variable</b>	<b>Valoración</b>	<b>Caracterización</b>	<b>Evaluación en campo</b>	<b>Observación</b>
Composición y estructura de la vegetación riparia, en un radio de 50 m de distancia a ambos lado al río	Vegetación reducida en menos del 30%	1	No requiere restauración		
	Vegetación reducida entre 30 – 59.99%	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	Vegetación reducida en más del 60%	3	Requiere de una restauración planificada	X	

Datos generales: Río No.2  
 Código de muestreo: R.04  
 Comunidad: Kamla  
 Municipio: Puerto Cabezas

Punto de Muestreo: 04  
 Coordenada UTM: 83.40645 y 14.07988  
 Territorio: Kamla  
 Región o departamento: RAAN

## 2. Valoración de la estructura de la vegetación ribereña (Banda 2)

*Cuadro 1. Valoración de la continuidad longitudinal*

	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
Continuidad longitudinal de la vegetación ribereña	Vegetación sin interrupción a mayor de 20 m longitudinal	1	No requiere restauración		
	Vegetación con interrupciones de 5 - 20 m longitudinal	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	Poca vegetación, y con interrupción $\leq$ 5 m longitudinal	3	Requiere de una restauración planificada	X	

*Cuadro 2. Valoración de la dimensión o anchura*

Dimensión y/o anchura de la vegetación ribereña, según Ley Forestal y Ley de Aguas Nacionales	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
	$\geq$ 50 m	1	No requiere restauración		
	10 – 49.99 m	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	< 10 m	3	Requiere de una restauración planificada	X	

*Cuadro 3. Composición y estructura de la vegetación ribereña*

	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
Composición y estructura de la vegetación riparia, en un radio de 50 m de distancia a ambos lado al río	Vegetación reducida en menos del 30%	1	No requiere restauración		
	Vegetación reducida entre 30 – 59.99%	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	Vegetación reducida en más del 60%	3	Requiere de una restauración planificada	X	

Nota: en los dos sitios de muestreo el bosque ribereño fue eliminado, quedando los tocones de los árboles que existieron, se necesita de una reforestación mixta (maderable y frutal).

Datos generales: Río No.3  
 Código de muestreo: R.05  
 Comunidad: Kamla  
 Municipio: Puerto Cabezas

Punto de Muestreo: 05  
 Coordenada UTM: 83.40210 y 14.07182  
 Territorio: Kamla  
 Región o departamento: RAAN

## 2. Valoración de la estructura de la vegetación ribereña (Banda 2)

*Cuadro 1. Valoración de la continuidad longitudinal*

	<b>Ponderación de la variable</b>	<b>Valoración</b>	<b>Caracterización</b>	<b>Evaluación en campo</b>	<b>Observación</b>
Continuidad longitudinal de la vegetación ribereña	Vegetación sin interrupción a mayor de 20 m longitudinal	1	No requiere restauración		
	Vegetación con interrupciones de 5 - 20 m longitudinal	2	Requiere una restauración natural, con inspección local	X	
	Poca vegetación, y con interrupción ≤ 5 m longitudinal	3	Requiere de una restauración planificada		

*Cuadro 2. Valoración de la dimensión o anchura*

Dimensión y/o anchura de la vegetación ribereña, según la Ley Forestal y Ley de Aguas Nacionales	<b>Ponderación de la variable</b>	<b>Valoración</b>	<b>Caracterización</b>	<b>Evaluación en campo</b>	<b>Observación</b>
	≥ 50 m	1	No requiere restauración		
	10 – 49.99 m	2	Requiere una restauración natural, con inspección local	X	
	< 10 m	3	Requiere de una restauración planificada		

*Cuadro 3. Composición y estructura de la vegetación ribereña*

	<b>Ponderación de la variable</b>	<b>Valoración</b>	<b>Caracterización</b>	<b>Evaluación en campo</b>	<b>Observación</b>
Composición y estructura de la vegetación ribereña, en un radio de 50 m de distancia a ambos lado al río	Vegetación reducida en menos del 30%	1	No requiere restauración		
	Vegetación reducida entre 30 – 59.99%	2	Requiere una restauración natural, con inspección local	X	
	Vegetación reducida en más del 60%	3	Requiere de una restauración planificada		

Datos generales: Río No.3  
 Código de muestreo: R.06  
 Comunidad: Kamla  
 Municipio: Puerto Cabezas

Punto de Muestreo: 06  
 Coordenada UTM: 83.40134 y 14.07240  
 Territorio: Kamla  
 Región o departamento: RAAN

## 2. Valoración de la estructura de la vegetación ribereña (Banda 2)

*Cuadro 1. Valoración de la continuidad longitudinal*

	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
Continuidad longitudinal de la vegetación ribereña	Vegetación sin interrupción a mayor de 20 m longitudinal	1	No requiere restauración		
	Vegetación con interrupciones de 5 - 20 m longitudinal	2	Requiere una restauración natural, con inspección local	X	
	Poca vegetación, y con interrupción ≤ 5 m longitudinal	3	Requiere de una restauración planificada		

*Cuadro 2. Valoración de la dimensión o anchura*

Dimensión y/o anchura de la vegetación ribereña, según la Ley Forestal y Ley de Aguas Nacionales	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
	≥ 50 m	1	No requiere restauración		
	10 – 49.99 m	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	< 10 m	3	Requiere de una restauración planificada	X	

*Cuadro 3. Composición y estructura de la vegetación ribereña*

	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
Composición y estructura de la vegetación ribereña, en un radio de 50 m de distancia a ambos lado al río	Vegetación reducida en menos del 30%	1	No requiere restauración		
	Vegetación reducida entre 30 – 59.99%	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	Vegetación reducida en más del 60%	3	Requiere de una restauración planificada	X	

Datos generales: Río No.3

Punto de Muestreo: 07

Código de muestreo: R.07

Coordenada UTM: 83.39752 y 14.07943

Comunidad: Kamla Territorio: Kamla

Municipio: Puerto Cabezas

Región o departamento: RAAN

## 2. Valoración de la estructura de la vegetación ribereña (Banda 2)

*Cuadro 1. Valoración de la continuidad longitudinal*

	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
Continuidad longitudinal de la vegetación ribereña	Vegetación sin interrupción a mayor de 20 m longitudinal	1	No requiere restauración		
	Vegetación con interrupciones de 5 - 20 m longitudinal	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	Poca vegetación, y con interrupción $\leq$ 5 m longitudinal	3	Requiere de una restauración planificada	X	

*Cuadro 2. Valoración de la dimensión o anchura*

Dimensión y/o anchura de la vegetación ribereña, según la Ley Forestal y Ley de Aguas Nacionales	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
	$\geq$ 50 m	1	No requiere restauración		
	10 – 49.99 m	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	< 10 m	3	Requiere de una restauración planificada	X	

*Cuadro 3. Composición y estructura de la vegetación ribereña*

	Ponderación de la variable	Valoración	Caracterización	Evaluación en campo	Observación
Composición y estructura de la vegetación ribereña, en un radio de 50 m de distancia a ambos lado al río	Vegetación reducida en menos del 30%	1	No requiere restauración		
	Vegetación reducida entre 30 – 59.99%	2	Requiere una restauración natural, con inspección local		
	Vegetación reducida en más del 60%	3	Requiere de una restauración planificada	X	

Nota: El río se encuentra sin vegetación ribereña, existe solamente zacate y arbustos pequeños, es importante que las autoridades tomen nota de esta situación y que estas áreas sean recuperadas lo más pronto posible.

**Anexo 5b. Fotos de campo durante la valoración de la vegetación ribereña**



Foto 1. Estructura ribereña río 1



Foto 2. Estructura ribereña río 2



Foto 3. Estructura ribereña río 3

## Anexo 6. Muestras de los ríos con información geográfica, fecha y hora de muestreo

Muestre de los ríos	Coord_x	Coord_y	Fecha	hora	Elevación (m)
Puente	-83.41233	14.08273	28-ago-10	9:34h	37
01	-83.40444	14.07860	28-ago-10	9:37h	36
02	-83.40313	14.07974	28-ago-10	10:59h	34
03	-83.40601	14.08024	28-ago-10	11:51h	30
04	-83.40645	14.07988	28-ago-10	11:47h	32
05	-83.40210	14.07182	06-sep-10	15:13h	25
06	-83.40134	14.07240	06-sep-10	16:20h	30
07	-83.39752	14.07943	06-sep-10	16:55h	32

## Anexo 6a. Valores del análisis de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de los ríos

Item	Parámetros	muestra 1	muestra 2	muestra 3	muestra 4	muestra 5	muestra 6	muestra 7
1	Turbidez	1.8	0.03	0.65	1	1.1	0.97	0.45
2	Conductividad	28.1	29.8	20.9	23.8	21.4	22.8	25.6
3	pH	6.56	6.54	5.8	5.83	5.92	6	5.98
4	Nitratos	2.2	1.7	1.7	2	2.15	1.85	2.1
5	Fosfatos	0.028	0.032	0.031	0.032	0.032	0.033	0.033
6	STD/TDS	14.1	14.6	11.4	12	12.2	12.3	14.2
7	OD (i)	5.0	6.6	4.8	5.6	7.4	5.5	7.6
8	Salinidad	0	0	0	0	0	0	0
9	DBO	11.4	21	0.6	9	19.8	15	27
10	DQO	93	81.8	83.2	98.5	85.7	82.7	84.7
11	Temp. Agua	28.2	29	28.6	29	28.5	28.5	28
12	Temp. Aire	26.2	26	26	25.7	26.5	25.8	26
	$\Delta T$	2.000	3.000	2.600	3.300	2.000	2.700	2.000
13	Coliformes F.	20000.0	10000.0	8000.0	6000.0	2000.0	1000.0	500.0
	OD(f)	3.10	3.10	4.70	4.10	4.10	3.00	3.10



### Anexo 7. Valores de análisis de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de los diez pozos

Pozos	Conductividad	STD	Turbidez	pH	Nitrato	Fosfato	DBO	DQO	OD(1)	OD(2)	Δ OD	temp agua	temp aire	ΔT	Coliformes
	μS/cm	ppm	NTU		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	°C	°C		NMP
01	97.4	46.6	2.3	6.5	1.8	0.031	4	96.5	4.0	3.0	1.0	28	28.5	0.5	3,666
02	63	30.3	1.3	6.3	1.7	0.03	3.2	92.9	3.8	3.0	0.8	28	31	3	100,000,000
03	83.5	42.1	2.9	6.2	2.4	0.033	4.8	126	4.2	3.0	1.2	28	32	4	100,000,000
04	131.2	67.7	0.63	6.5	1.4	0.03	2.8	81.5	3.2	2.5	0.7	27	25	2	3,600
05	146	74.4	0.75	6.7	1.5	0.03	9.6	89.9	5.6	3.8	1.8	28	28.5	0.5	1,500
06	133.8	74.4	1.76	6.5	2.1	0.044	8.0	96.2	5.1	3.2	1.9	28	25	3	11,000
07	63.7	34.8	0.64	6.9	2.2	0.057	12.8	86.8	6.1	3.1	3.0	28	25	3	1,800
08	83.7	44	1.26	6.6	1.5	0.03	11.2	92.6	6.3	4.3	2.0	27	25	2	3,400
09	109	57.5	1.75	6.6	2	0.051	7.6	76.8	7.1	5.2	1.9	28	27.2	0.8	4,000
10	98	50	1.54	7	1.6	0.041	21.6	88.2	6.2	2.6	3.6	27	26.5	0.5	1,300

## Anexo 8. Estadísticas paralelas del Puesto de Salud de Kamla y del Policlínico Regional de Bilwi

### Resultados de la Información Estadística, Puesto de Salud Kamla

Enfermedades	Población	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Total	%
EDA	Niños	0	0	17	28	6	7	58	6.4
EDA	Adultos	0	0	2	3	0	1	6	0.7
Parasitosis	Niños	25	0	21	29	6	10	91	10.1
Parasitosis	Adultos	8	0	7	7	4	1	27	3.0
Otros	Niños	55	0	22	47	20	38	182	20.2
Otros	Adultos	142	0	87	179	42	87	537	59.6
<b>Total</b>		<b>230</b>	<b>0</b>	<b>156</b>	<b>293</b>	<b>78</b>	<b>144</b>	<b>901</b>	<b>100</b>

%

331	Niños	36.7
570	Adultos	63.3

**901**

<b>Enfermedades relacionados con el consumo de agua</b>	33	0	47	67	16	19	<b>182</b>	<b>20.2</b>
---	----	---	----	----	----	----	------------	-------------

### Resultados de la Información Estadística, Puesto de Salud Regional de Bilwi

Enfermedades	Población	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Total	%
EDA	Niños	2	0	17	28	6	7	60	6.8
EDA	Adultos	0	0	2	3	0	6	11	1.2
Parasitosis	Niños	20	0	21	29	6	10	86	9.7
Parasitosis	Adultos	7	0	7	7	4	1	26	2.9
Otros	Niños	40	0	22	47	20	38	167	18.9
Otros	Adultos	140	0	87	179	42	87	535	60.5
<b>Total</b>		<b>209</b>	<b>0</b>	<b>156</b>	<b>293</b>	<b>78</b>	<b>149</b>	<b>885</b>	<b>100</b>

%

313	Niños	35.4
572	Adultos	64.6

**885**

<b>Enfermedades relacionados con el consumo de agua</b>	29	0	47	67	16	24	<b>183</b>	<b>20.7</b>
---	----	---	----	----	----	----	------------	-------------