



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!



Autoridad Nacional del Agua



Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca 72 Entre Río Brito y Río Sapoá



Alcaldía de
San Juan del Sur



Alcaldía de Tola



Alcaldía de Cárdenas



giz Deutsche Zusehelfer
für internationale
Zusammenarbeit (giz) GmbH

PROATAS
Programa de Asistencia Técnica
de Agy y Zanamidán

CRÉDITOS

ANA

Dirección:

-Cro. Luis Ángel Montenegro
Ministro Director

Personal Técnico

- Cra. Paola Castillo
Directora de Cuencas
(Hasta septiembre 2016)
- Cro. Enoc Castillo
Director SIAGUA
- Cro. Carlos Aguirre
Delegado Territorial Cuenca 72
(Hasta noviembre 2016)
- Cro. Jamil Robleto
Asesor Hidrólogo
(Hasta mayo 2015)

ALCALDÍA SAN JUAN DEL SUR

Personal Técnico:

- Faviola Padilla
Directora de Medio Ambiente y
Gestión de Riesgo
- Santiago Orozco
Técnico de Unidad de Medio Ambiente
- Luis Alberto Victor
Responsable Unidad Municipal de Agua
y Saneamiento

ALCALDÍA TOLA

Personal Técnico:

- Jaime Ugarte
Director de Unidad de Medio Ambiente

ALCALDÍA CÁRDENAS

Personal Técnico:

- Mykel Morales
Responsable de Medio Ambiente

Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento (PROATAS) de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en Nicaragua

Coordinación Técnica:

- Gereon Hunger
Asesor Principal Componente 2 (julio 2015)

Personal Técnico:

- Karen Baltodano, Consultora SIG
- Juan José Gutiérrez, Asesor local Componente 2
- Hans Jörg Kräuter, Asesor técnico Componente 2 (hasta Noviembre 2014)
- Reinhart Koschel, Consultor hidrogeólogo
- Fernando Mendoza, Consultor SIG
- Gabriela Murillo, Consultora hidrogeóloga
- Francis Rivera González, Asesora local Componente 2
- Dinorah Somarriba Padilla, Asesora principal Componente 2 (desde agosto 2015)

Diagramación: Maribel Juarez

CONTENIDO

A. INTRODUCCIÓN	1
.....	
1. Contexto General	1
.....	
2. Objetivo	2
.....	
3. Visión	3
.....	
4. Marco Legal e Institucional	3
.....	
5. Concepto de la GIRH	4
.....	
5.1. Marco y elementos básicos de la GIRH	4
.....	
5.2. Componentes principales de la GIRH	5
.....	
5.3. Fundamentación y función del PGIRH	7
.....	
5.4. Metodología	9
.....	
5.5. Estructura Institucional	10
.....	
5.6. Procesos de la GIRH	11
.....	
5.7. Desarrollo de Capacidades	13
.....	
6. Vinculación con otros planes	14
.....	
6.1. Plan Nacional de Desarrollo Humano 2012-2016	15
.....	
6.2. Programa Sectorial de Desarrollo Rural Incluyente (PRORURAL Incluyente) 2010 - 2014	19
.....	
6.3. Política Nacional de Salud	20
.....	
6.4. Plan Estratégico Institucional (PEI) de la Autoridad Nacional del Agua 2013 - 2017	21
.....	
6.5. Plan Ambiental Municipal	22
.....	
6.6. Plan Municipal de Ordenamiento y Desarrollo Municipal (PMODT)	22
.....	

B. DIAGNÓSTICO.....	23
1. Descripción de la cuenca.....	23
1.1. Características físicas.....	23
1.2. Características administrativas y demográficas.....	44
2. Datos meteorológicos.....	48
2.1. Precipitación.....	49
2.2. Temperatura.....	51
2.3. Evapotranspiración.....	54
3. Agua superficial.....	56
3.1. Red hidrológica.....	56
3.2. Estado actual cualitativo y cuantitativo.....	58
3.3. Monitoreo de las aguas superficiales.....	71
4. Agua subterránea.....	73
4.1. Acuífero y su potencial.....	73
4.2. Estado actual cuantitativo y cualitativo.....	83
4.3. Monitoreo de las aguas subterráneas.....	96
5. Consumo y demanda.....	98
5.1. Consumo y demanda del agua potable.....	98
5.2. Consumo del sector agrario e industrial.....	101
5.3. Prospección de la demanda.....	104
5.4. Gestión de la demanda.....	104
6. Balance hídrico.....	108
6.1. Cálculo de las variables del balance.....	108

6.2	Balance hídrico de oferta y demanda de aguas superficiales y subterráneas.....	122
6.3	Balance hídrico de oferta y demanda de aguas subterráneas	129
7.	Situación del suministro de agua potable y saneamiento.....	133
7.1.	Suministro rural.....	133
7.2.	Suministro urbano.....	137
7.3.	Situación de las aguas residuales.....	140
7.4.	Situación de los desechos sólidos.....	143
8.	Conservación y protección.....	147
9.	Análisis y evaluación del estado de los recursos hídricos (Conclusiones).....	154
9.1	Disponibilidad y reservas de agua.....	154
9.2.	Calidad de agua.....	155
9.3.	Impactos de cambio climático.....	156
C.	PLAN DE MEDIDAS DE GIRH.....	158
1.	Objetivos, características y funciones.....	158
2.	Taller de planificación.....	159
2.1.	Participación.....	159
3.	Agenda.....	159
3.1.	Metodología.....	160
4.	Problemas identificados y sus cadenas causales.....	162
4.1.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.....	163
4.2.	Falta de registro de los grandes usuarios y conflictos sobre el uso del agua.....	164

4.3.	Degradación de suelo por cambio de uso.....	164
4.4.	Falta de monitoreo continuo, cualitativo y cuantitativo de los recursos hídricos.....	165
5.	Matrices de planificación.....	166
6.	Financiamiento, implementación y monitoreo.....	178
6.1.	Financiamiento.....	178
6.2.	Implementación.....	180
6.3.	Monitoreo.....	182
D.	ANEXOS	159

A. INTRODUCCIÓN

1. Contexto general

La situación de los recursos hídricos a nivel de todo el planeta ha venido en un constante deterioro. Los impactos de la variabilidad climática han empezado a sentirse de diferentes formas en las distintas regiones del mundo, en algunos casos por severas sequías y en otros por un aumento desproporcionado de la precipitación. A lo anterior hay que sumar el acelerado proceso de contaminación debido al mal manejo de las aguas residuales, tanto industriales, agrícolas, así como también aguas residuales domésticas.

Estos problemas han hecho reflexionar a los diferentes entes de planificación, los cuales han dado los primeros pasos para iniciar los procesos de planificación del uso y protección del recurso hídrico, tomando en cuenta que dicho recurso debe ser planificado previendo los procesos de desarrollo de los países.

En el caso de Nicaragua, los recursos hídricos no se han administrado de manera sistemática hasta la fecha. Ésto se debe a una asignación poco clara de las responsabilidades entre diversos ministerios, instituciones estatales y universidades que han abordado el tema desde su perspectiva particular. Además ha faltado un concepto concluyente de gestión de los recursos hídricos que integra todos sus componentes y elementos.

Desde 2010 existe la Autoridad Nacional del Agua (ANA) que fue fundada como requisito de la nueva Ley de Agua en Nicaragua. Mandato y tarea importante de la ANA es el desarrollo y la implementación de una gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) al nivel nacional y al nivel de las cuencas hidrográficas a través de los planes GIRH. La asesoría brindada por GIZ pretende apoyar a la ANA en el cumplimiento de este mandato.

El Plan GIRH, principal instrumento de la GIRH, se basa en un diagnóstico enfocado del estado hídrico de la cuenca. Este instrumento es principalmente un plan de medidas y contiene objetivos, indicadores, plazos y responsabilidades; el primordial objetivo es el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos, así como del uso sostenible. Este concepto adoptado por la ANA prevé que el plan considere y defina medidas que tienen una influencia directa al estado de los recursos hídricos. uso sostenible. El concepto de la GIRH adoptado por la ANA prevé que el Plan de GIRH considere y defina medidas que tienen una influencia directa al estado de los recursos hídricos.

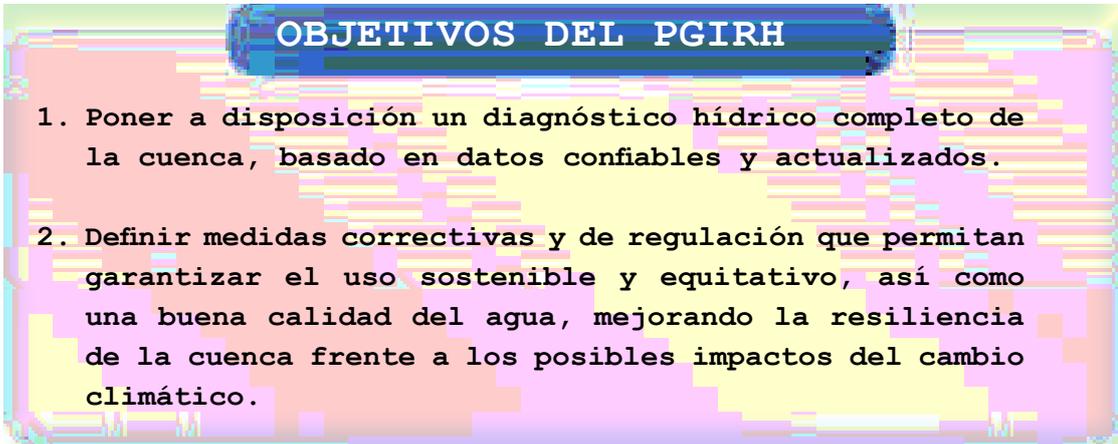
En aras de la implementación de ese concepto, fue acordado por la ANA y GIZ, iniciar un pilotaje en cuencas seleccionadas, siendo uno de sus productos principales el Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca 72, mismo que servirá a la ANA como un modelo para posteriores réplicas en otras cuencas.

2. Objetivo

En Nicaragua fueron identificadas 21 cuencas y 218 subcuencas hidrográficas. En el 2014 se realizó una nueva delimitación de cuencas bajo la metodología Pfafstetter (1989) la que muestra las diferentes cuencas hidrográficas y la respectiva codificación. A partir de seis nuevas grandes cuencas se subdividieron otras unidades hidrográficas, hasta alcanzar un total de 517 para todo el país.

Cada una de ellas tiene condiciones individuales con respecto a la situación de las aguas superficiales y subterráneas, los balances hídricos son diferentes como también la demanda de agua y la calidad de los recursos hídricos. Asimismo, en muchas cuencas existen una demanda creciente, una competencia de uso y una degradación creciente de la calidad de los recursos hídricos.

Esta realidad necesita un instrumento de planificación por medio del cual se logre la gestión equitativa, protección y conservación de los recursos hídricos y de este modo garantizar su uso sostenible. El Plan de GIRH representa este instrumento y tiene como objetivos principales los siguientes:



OBJETIVOS DEL PGIRH

- 1. Poner a disposición un diagnóstico hídrico completo de la cuenca, basado en datos confiables y actualizados.**
- 2. Definir medidas correctivas y de regulación que permitan garantizar el uso sostenible y equitativo, así como una buena calidad del agua, mejorando la resiliencia de la cuenca frente a los posibles impactos del cambio climático.**

3. Visión

Al 2018, el Plan GIRH, es el instrumento rector en la regulación de los distintos usos y una herramienta para el mejoramiento de la cantidad y calidad del agua en la Cuenca 72, teniendo al Comité de Cuenca, Instituciones del Estado y población en general, como los principales actores para su implementación.

4. Marco legal e institucional

El marco legal donde se sustenta la elaboración de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos está basado en la Ley general de Agua Nacionales, promulgada en el año 2007 y complementada por el reglamento 44 - 2010, emitido en el año 2010. En ésta se señala como una función normativa de la Autoridad Nacional del Agua, la elaboración de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos por cuencas, (artículo 26, inciso b, Ley No.620). Siendo los Planes de GIRH el instrumento de gestión de carácter obligatorio por su fundamental eficacia para la gestión del agua, (título III, Artículo. 15, Ley No.620).

Estos planes de GIRH tiene como base los diagnósticos, construidos a través del monitoreo constante de la calidad y cantidad de los Recursos Hídricos, que a la vez da paso a la construcción del Sistema de Información de los Recursos Hídricos, (artículo. 27, inciso e, Ley No.620).

Para la elaboración e implementación de los planes de GIRH se requiere del desarrollo paralelo de las estructuras institucionales necesarias para realizar la concertación del uso del recurso, contemplando la creación de los Organismos de Cuencas, (artículo. 31 y 32, Ley No.620), y los Comités de Cuencas, (artículo. 35, Ley No.620).

Los Organismos de Cuencas conformados por los representantes de las instituciones del estado, ANA, MARENA, MAG, INETER, MINSA y municipalidades que conforman la cuenca, (artículo. 33, Ley No.620), es la instancia gubernamental encargada de controlar y vigilar el uso y aprovechamiento de las aguas, en sus cuencas respectivas.

Los Comités de Cuencas son una expresión de participación ciudadana, que constituyen los foros de consulta y concertación entre los organismos de cuenca y entidades del estado, (artículo. 35, Ley No.620), y están llamados a participar en la elaboración de los planes de GIRH (artículo. 36, Ley No.620).

Tanto la elaboración de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, como la conformación de los Organismos de Cuenca y los Comités de Cuencas forman el sistema de administración de las aguas, ambos indispensables para llevar a cabo la implementación de la Ley No.620.

5. Concepto GIRH

5.1. Marco y elementos básicos de la GIRH

Se puede utilizar el esquema de una casa (Fig.1) para mostrar el marco y los elementos básicos de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) y simbolizar la importancia del PGIRH como el instrumento principal.

Figura 1:
Marco y concepto básico de la GIRH

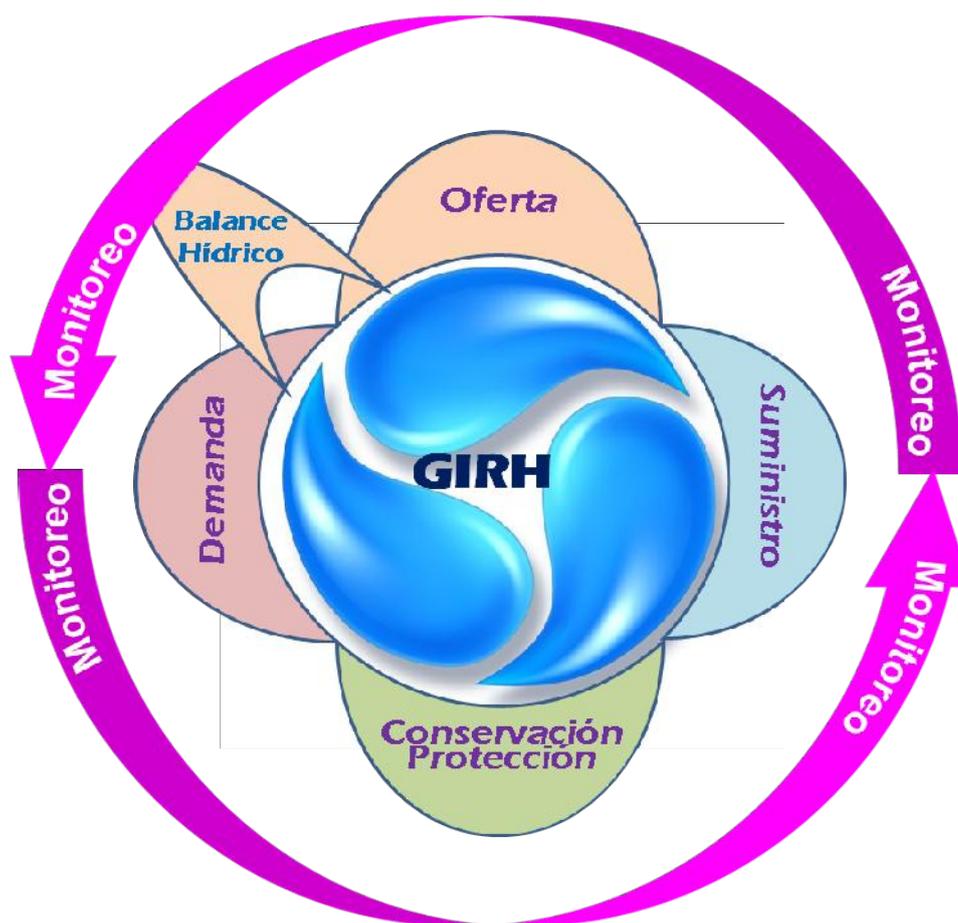


El plan de GIRH como “habitante principal” de la casa y las “decoraciones interiores” solamente pueden “sobrevivir” con una estructura bien establecida, que a su vez comprende como los cimientos a una estructura institucional y organizacional adecuada y capacitada, un financiamiento sostenible como el techo y las paredes equivalentes al marco legal y entorno positivo. Dicho plan es el punto focal de este concepto.

5.2. Los componentes principales de la GIRH

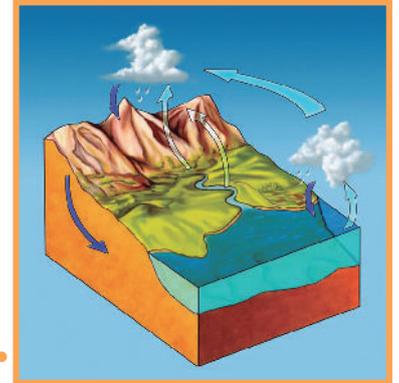
En el concepto empleado por la ANA se integra todos componentes del sector de agua (Fig. 2):

Figura 2:
Los componentes principales de la GIRH



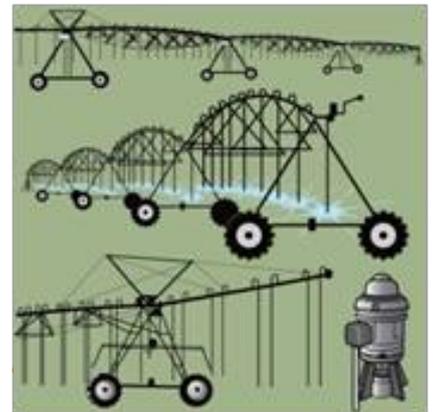
La oferta:

El cálculo de la oferta de agua depende principalmente del ciclo hídrico y las diferentes variables que lo componen y requiere una base de datos adecuada. La falta de monitoreo continuo complica este cálculo y así el establecimiento del balance hídrico.



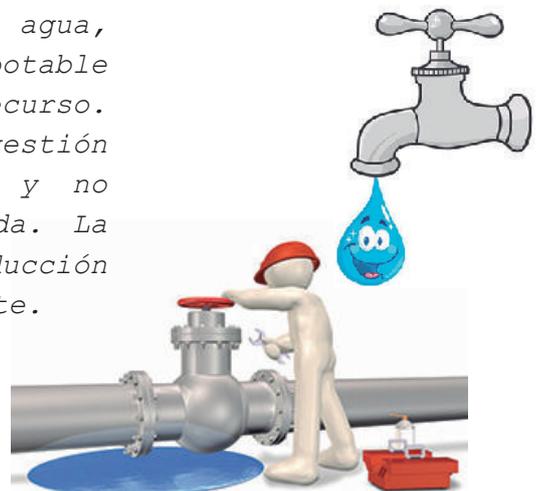
La demanda:

Este componente precisa de una gestión coordinada que comprende el control del uso del agua y el mantenimiento del equilibrio hídrico y asegurar la demanda ecológica de agua en la cuenca. El establecimiento del balance hídrico requiere el cálculo de demanda de agua por todos sectores.



El suministro:

El fortalecimiento del suministro de agua, especialmente el suministro de agua potable depende de una gestión eficiente del recurso. Es un componente indiscutible de la gestión integrada de los recursos hídricos y no puede ser manejado de manera separada. La valorización, cobertura de gastos y reducción de pérdidas son temas de este componente.



La conservación y protección:

- Representa el componente tradicional de la gestión de los recursos hídricos. Los temas y herramientas incluyen el monitoreo cualitativo y cuantitativo de las aguas superficiales y subterráneas. Así como todas las medidas e instrumentos que contribuyen directamente al mejoramiento de los recursos hídricos en calidad y cantidad y de esta manera a la adaptación del cambio climático.



5.3. Fundamentación y función del PGIRH

Los fundamentos principales para la elaboración de los PGIRH radica en las diferentes características que cada cuenca hidrográfica posee, entre éstas tienen:

- Potenciales de aguas subterráneas y superficiales.
- Calidades de agua.
- Demandas de agua.
- Balances hídricos.
- Impactos del cambio climático.
- Demandas crecientes.
- Competencias de uso.
- Niveles de degradación de sus recursos hídricos.
- Niveles de sobre explotación.

Estas diferentes características requieren de la aplicación de un instrumento específico de acuerdo a la situación de cada cuenca, para la protección, conservación y uso sostenible de los recursos hídricos.

El PGIRH tiene que cumplir con las siguientes condiciones:

- ✓ Basarse en un diagnóstico del estado hídrico y en líneas base actualizadas.
- ✓ Una evaluación detallada del estado de los recursos hídricos.
- ✓ Aportar instrumentos prácticos de gestión y garantizar su integración en los planes municipales.
- ✓ Definir medidas concretas e individuales de prevención, corrección y regulación.
- ✓ Definir hitos e indicadores de impacto.
- ✓ Asignar responsabilidades para su implementación.
- ✓ Ser un plan realístico y factible.

Los temas claves del PGIRH son:

- 💧 La gestión de demanda.
- 💧 El mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos.
- 💧 La protección y conservación.
- 💧 El suministro de agua potable.
- 💧 El monitoreo continuo de los recursos hídricos.
- 💧 Escenarios y medidas de adaptación al cambio climático.
- 💧 La finalización de la base de datos hídricos.
- 💧 La estrategia de su implementación y financiamiento.

5.4. Metodología

La metodología para la elaboración del Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos ha sido el resultado de una experiencia piloto desarrollada por la Autoridad Nacional del Agua en dos cuencas: Cuenca No.72 (Entre Río Brito y Sapoá) y la Subcuenca Mayales. Sobre la base de una primera propuesta de guía metodológica, fueron implementadas y validadas las siguientes fases:

Fase A: Diagnóstico, compuesta por las siguientes etapas:

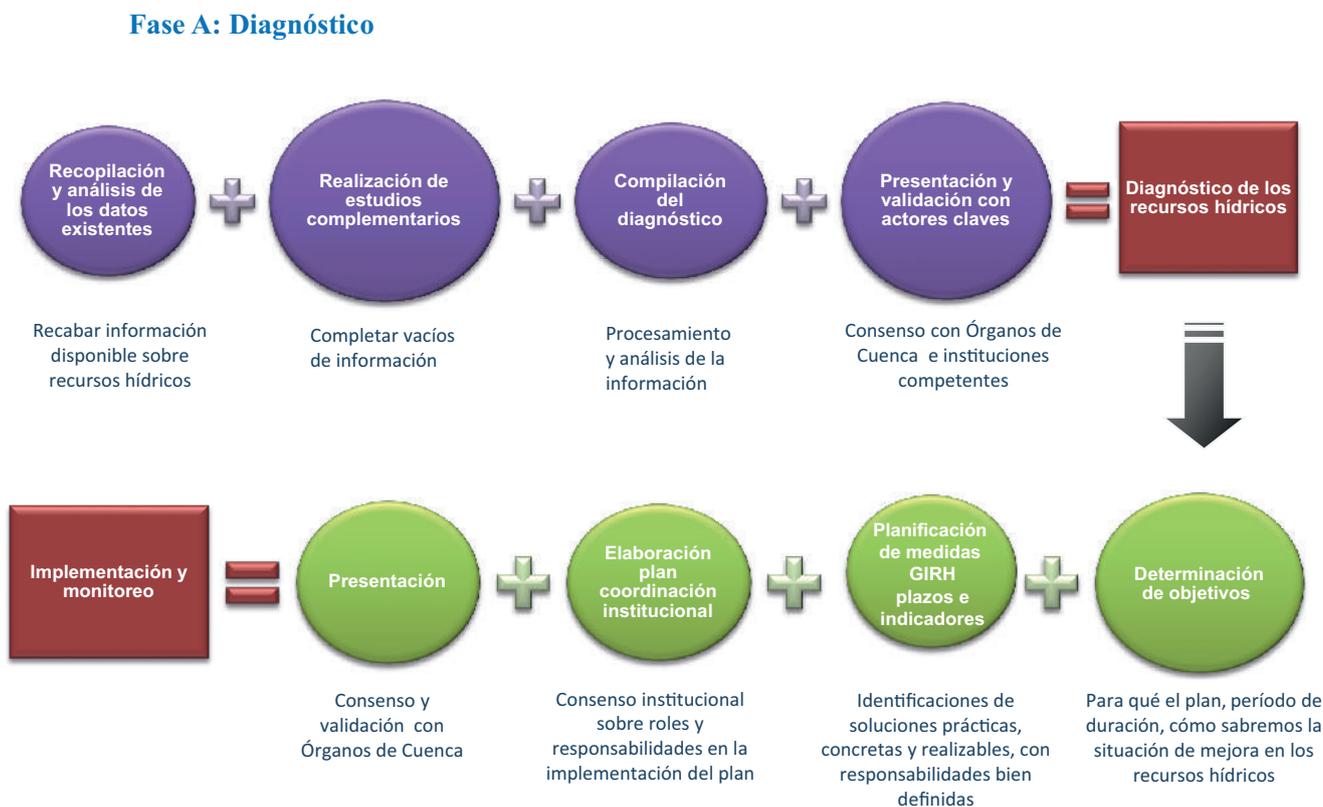
- 💧 Recopilación y análisis de los datos existentes.
- 💧 Realización de estudios complementarios.
- 💧 Compilación del diagnóstico.
- 💧 Presentación y validación con actores claves.

Fase B: Plan GIRH, cuyas etapas son:

- 💧 Determinación de objetivos, plazos e indicadores del plan.
- 💧 Planificación de medidas de GIRH.
- 💧 Elaboración del Plan de Coordinación Interinstitucional.
- 💧 Presentación del PGIRH.
- 💧 Implementación y monitoreo.

En la siguiente **figura 3**, se refleja el proceso metodológico del PGIRH:

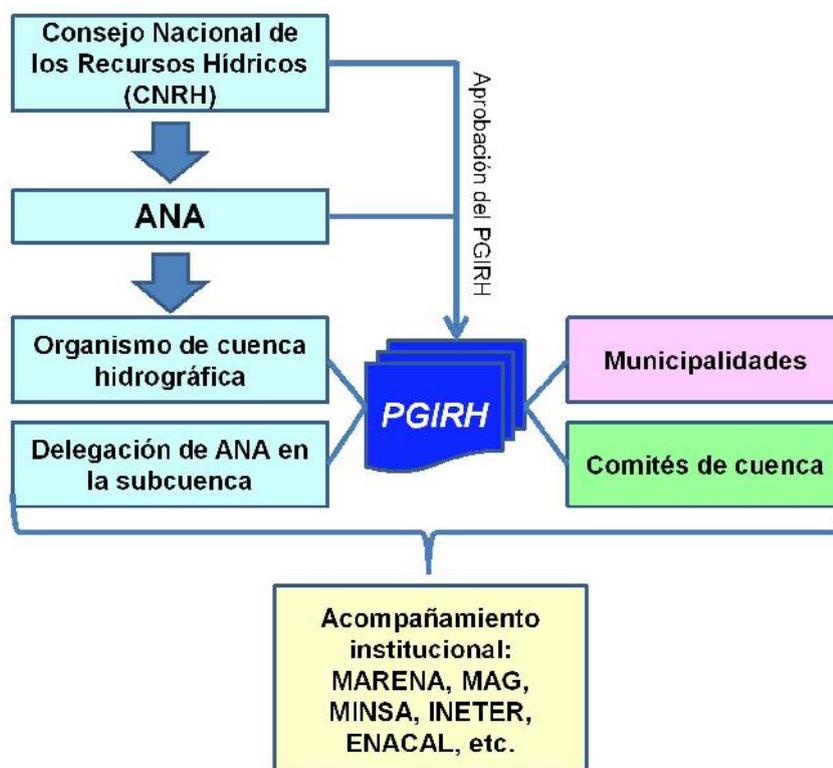
Figura 3:
Fases y etapas en la elaboración del PGIRH



5.5. La estructura institucional

En la **figura 4** se muestra la estructura institucional con enfoque al PGIRH. El organismo de cuenca y/o la delegación de la ANA, las municipalidades de la cuenca y el comité de cuenca elaboran e implementan el PGIRH en procesos participativos, apoyados por el acompañamiento institucional comprendido por: MARENA, MAG, MINSA, INETER, ENACAL y otros.

Figura 4:
Estructura institucional



5.6. Los procesos de la GIRH

Entre los numerosos procesos de la GIRH, la conformación de los comités de cuenca y de la elaboración de los planes de la GIRH (PGIRH) están entre los más importantes. Se trata de acciones participativas y en el caso ideal deberían ser realizadas en paralelo. Se describen de la siguiente manera:

- 💧 **El proceso institucional**, que comprende la conformación y desarrollo de los Órganos de Cuenca, con el propósito de crear la base institucional y organizacional, capacitada, para la elaboración e implementación del PGIRH (**Foto 1**).
- 💧 **El proceso técnico**, abarca la elaboración e implementación del Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

Los resultados de las fases del proceso técnico son presentados a los órganos de cuenca en foros anuales, para su validación y posterior incorporación en los planes operativos de dichos órganos. Ésto, con el objetivo de incidir directamente en la implementación y monitoreo al PGIRH.

Las diferentes etapas paralelas y vinculantes, se presentan en el siguiente esquema (Fig. 5):

Figura 5:
Procesos de la gestión integrada de recursos hídricos

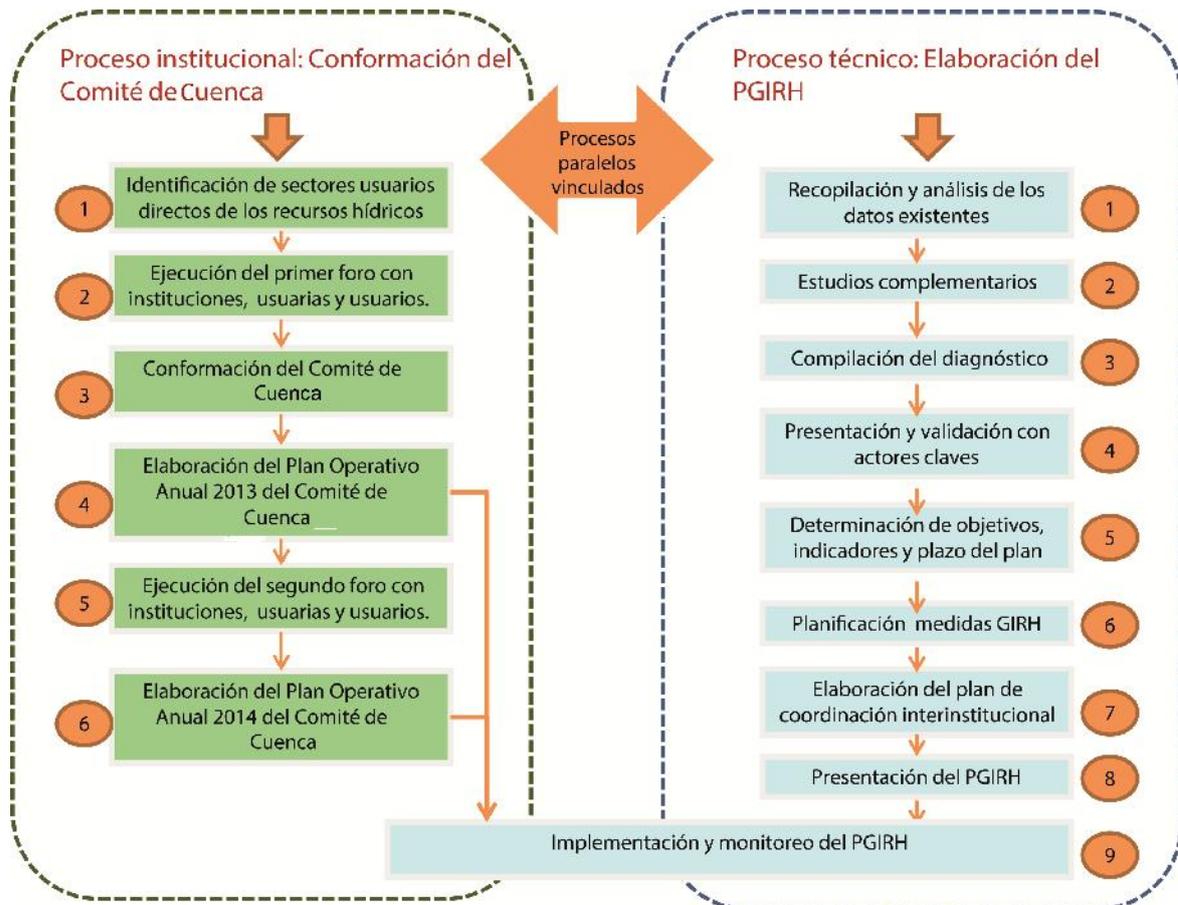


Foto 1: Comité de Cuenca 72

5.7 Desarrollo de capacidades

Para llevar a cabo los procesos de la GIRH, fue enfocado el desarrollo de capacidades en el personal técnico de las municipalidades y Comité de Cuenca, como un factor fundamental para cumplir con las acciones propuestas e incidir directamente en la sostenibilidad de las mismas.

Este desarrollo de capacidades no implicó solamente la oferta de capacitaciones presenciales o cursos externos, fue un proceso de asesoría cuya metodología principal consistió en "Aprender haciendo" vinculando capacitaciones puntuales con los objetivos conjuntos trazados en el marco de la GIRH. Abarcó el desarrollo de competencias técnicas individuales, desarrollo organizacional y la capacidad de incidir en el entorno, incluyendo el fortalecimiento de las mujeres miembros del comité, en su liderazgo y autoestima.

Los temas específicos brindados al personal técnico municipal fueron los siguientes:

- Ley No.620 y su reglamento.
- Mapeo de actores.
- Medición en cantidad y calidad de agua subterránea y superficial (caudales de río, niveles de agua subterránea, parámetros físico químicos, pruebas de bombeo).
- Gestión de demanda.

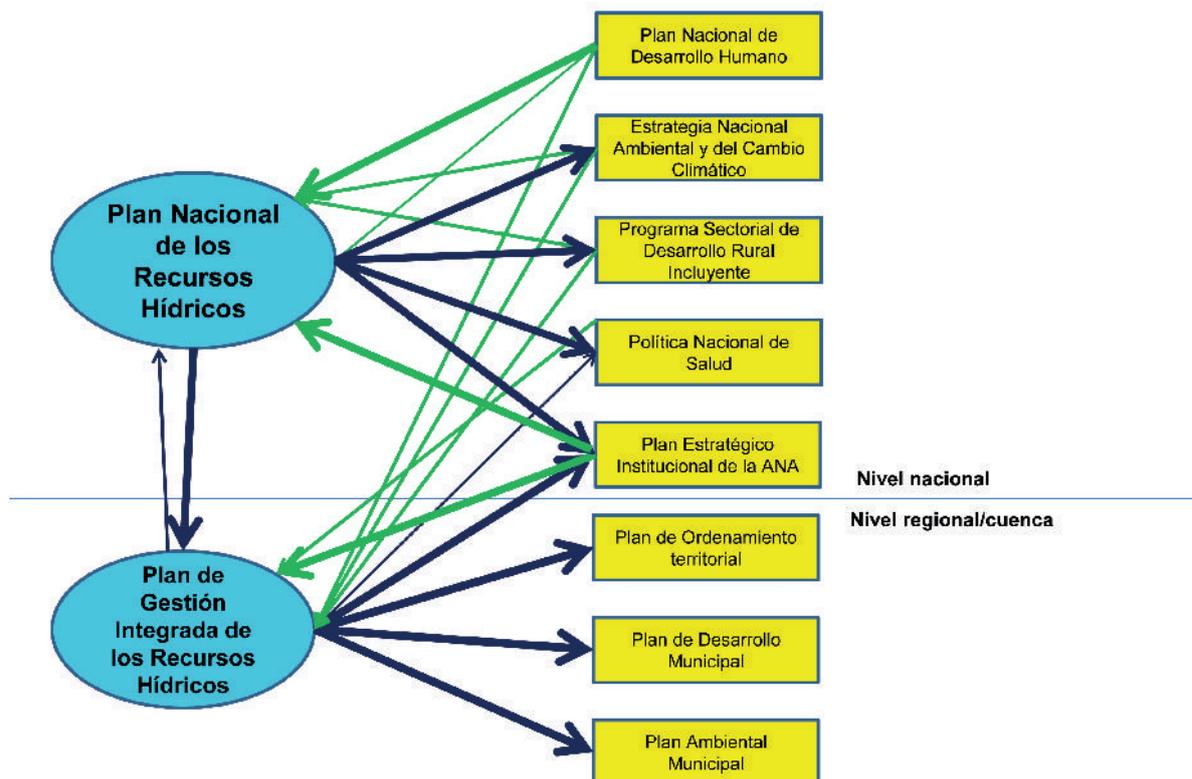
Los temas brindados al comité de cuenca, conjuntamente con equipos técnicos municipales, fueron:

- Ley No.620 y su reglamento.
- Funciones y competencias del comité de cuenca.
- Sensibilización en género.
- Visión y misión.
- Elaboración de planes operativos anuales (Información que debe contener, resultados, indicadores, actividad).
- Monitoreo al POA.
- Gestión integrada de recursos hídricos (objetivos, tareas, instrumentos, componentes, ciclo hidrológico, aguas subterráneas, conservación y protección de los recursos hídricos, balance hídrico).

6. Vinculación con otros planes

En este inciso se aborda de forma específica como el Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, se vincula con otros planes nacionales, sectoriales y municipales, considerando el nivel nacional y el nivel regional/cuenca. Tal como muestra la **figura 6**, el grosor de las flechas indica cuándo la vinculación es más o menos fuerte; los colores y orientación de las mismas, reflejan el origen de la vinculación entre los planes.

Figura 6:
Vinculación con otros planes



El Plan Nacional de Desarrollo Humano (PNDH) y el Plan Estratégico Institucional (PEI) de la ANA, tienen una vinculación más fuerte hacia el Plan Nacional de los Recursos Hídricos, los demás planes nacionales sectoriales tienen menor vinculación con ese plan.

El Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, tiene vínculos más fuertes hacia los planes en el ámbito regional/cuenca, y con el PEI de la institución.

El PGIRH se vincula especialmente a la implementación de las líneas estratégicas que en los distintos planes existentes figuran de forma general, porque aporta medidas concretas y posibles de realizar, dirigidas a la solución de la problemática de los recursos hídricos e incidencia directa en su manejo sostenible.

Las diferentes vinculaciones son abordadas de forma más específica, en cada uno de los siguientes incisos:

6.1. Plan Nacional de Desarrollo Humano 2012-2016

El Plan Nacional de Desarrollo Humano tiene doce lineamientos y cada uno de ellos dispone de políticas y planes estratégicos. Con referencia a estos, el Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos para la Cuenca 72 se vincula en los siguientes:

6.1.1. El bien común y la equidad social de las familias nicaragüenses

Dentro de este lineamiento estratégico, destaca la ***Política para el desarrollo de la mujer***, que dentro de sus partes contundentes destaca:

“El Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional valora y promueve la participación de las mujeres como sujetos impulsores de cambios y generadoras de desarrollo. Ésto implica la participación real y efectiva de las mujeres como actoras directas en todos los procesos de desarrollo político, social y cultural en el país”.

El Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos se vincula a este lineamiento porque se elaboró con la participación de mujeres, representantes de sectores usuarios de los recursos hídricos en el Comité de la Cuenca 72. El PGIRH, contiene desde la perspectiva de un análisis de género, medidas para mejorar la situación de los recursos hídricos que afectan directamente a las mujeres en su rol como empresarias, productoras, lideresas de los CAPS¹ y de los Gabinetes de la Familia. Estas mujeres han tenido acceso a la información sobre la situación de los recursos hídricos y han tenido la oportunidad de participar en los procesos de decisión del PGIRH desde su perspectiva de mujeres.

¹ Comité de Agua Potable y Saneamiento

6.1.2. La estrategia agropecuaria y forestal para el crecimiento de la producción con incremento de la productividad

Contiene dentro de sus líneas de acción, una que es vinculante con el PGIRH:

“Impulsar la utilización de buenas prácticas productivas, así como la cosecha de agua y el uso racional de ésta. Como medida estratégica del uso de agua para riego, se impulsa el cambio del uso de aguas subterráneas por aguas superficiales a través de embalse, presas y micropresas, así como la implementación de cosechas de agua que con sistemas de riego adecuados (de bajas presiones) permita producir la tierra durante dos estaciones, dadas las variaciones adversas del clima y períodos prolongados de sequía”.

Con respecto al PGIRH, el diagnóstico de los recursos hídricos da la información sobre la situación de estos en la Cuenca 72 y propone las medidas para mitigar las problemáticas identificadas con respecto al sector agropecuario y forestal, mismas que una vez puestas en práctica contribuirán al uso del agua de manera sostenible, potencializando así la producción de forma equitativa y continúa en donde todos y todas tengan el mismo derecho de acceso al recurso. Dentro del plan fueron incluidas medidas relacionadas al aprovechamiento y uso sostenible de agua vinculándose a esta línea de acción del PNDH para contribuir a su implementación.

6.1.3. Estrategia para el desarrollo de infraestructura social, productiva, energética, de transporte y turística para la transformación de Nicaragua.

En el marco de esta estrategia, la vinculación con el PGIRH es a través de la siguiente política:

6.1.3.1. Política de agua y saneamiento

“Está dirigida a la administración eficiente de los recursos hídricos y promoción de una conducta más solidaria de la población. La calidad y cobertura del agua potable y saneamiento estará en función de: i) rehabilitación de redes y colectores del sistema de saneamiento en mal estado; ii) implementación de un plan para el control de contaminación de los sistemas y promoción de la corresponsabilidad social, empresarial y ciudadana; iii) impulso de una política intensiva de monitoreo de la calidad de agua y los afluentes, la protección de las fuentes y la educación

de las nuevas generaciones; iv) avance en la integración de un mayor número de comunidades al servicio de sistemas de agua potable.”

El PGIRH se vincula directamente a los incisos segundo y tercero, porque desde el Comité de la Cuenca 72, constituido por usuarios del sector privado, CAPS, gabinetes de la familia, comité de desarrollo municipal y alcaldías, se ha promovido la participación activa del Comité en la facilitación de la cooperación público privada y en la fiscalización de la realización del monitoreo de los recursos hídricos. El monitoreo es una medida dentro del PGIRH que brinda datos de calidad, aumento y disminución de los niveles de agua de los ríos y pozos, siendo estos dos últimos datos, parte del balance hídrico de la Cuenca 72. Esto permitirá la toma de decisiones sobre la planificación de la cobertura de agua potable a las comunidades y los sitios idóneos para la ubicación de la infraestructura de agua y saneamiento planificada por el GRUN.

6.1.4. La protección de la madre tierra, adaptación ante el cambio climático y gestión integral de riesgos ante desastres.

Este lineamiento estratégico contiene 8 ejes de acción a ser implementados. De estos, el PGIRH se vincula con los siguientes:

6.1.4.1. Conservación, recuperación, captación y cosecha de agua

“El agua es de dominio público y su gestión continuará siendo pública, participativa y descentralizada. El Estado privilegiará y fomentará el uso social de los recursos hídricos, sobre el uso comercial. Partiendo del principio que el acceso al agua es un derecho humano de las personas y todos los seres vivos en su territorio, tomando como unidad básica de planificación y gestión de los recursos hídricos, a la cuenca hidrológica porque relaciona los espacios de gestión pública y social estableciendo como prioridad el estudio de los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos”.

Este eje de acción, indica que entre 2012 y 2017, se realizarán planes de investigación científica para conocer la oferta y demanda nacional del recurso agua, en cantidad y calidad. Se desarrollará un Programa Nacional Integral de Cosecha de Agua desde las cuencas hidrográficas. Se impulsará una educación para el desarrollo de la cultura hídrica de la población. Se implementarán en 20 cuencas hidrológicas (4 cada año) planes de protección de acuíferos, ríos y quebradas que son fuentes de agua para consumo humano,

riego para la seguridad alimentaria, producción de energía hidroeléctrica, usos industriales y otros usos diferentes.

6.1.4.2. Manejo sostenible de la Tierra

El PNDH refiere que "Se promoverá una política de manejo sostenible de la tierra, desarrollando buenas prácticas agropecuarias para una mejor gestión en las tierras con uso agrícola, para la reducción de la erosión eólica e hídrica...De igual manera, la transferencia e implementación de nuevas y mejores tecnologías agropecuarias, como los distritos de microriego, deben ser apropiados a las condiciones y necesidades nacionales.

El PGIRH identifica los cuerpos de agua de la Cuenca 72, que sufren afectación a su calidad por la turbidez de las aguas (sedimentación), como consecuencia de la erosión hídrica. A partir de esta identificación es posible para el MAG localizar las tierras aledañas que están en conflicto de uso o que requieren de tecnologías apropiadas para reducir la erosión hídrica y por ende mejorar la calidad de los cuerpos de agua. Con respecto a los distritos de microriego, el PGIRH aporta la información sobre la cantidad de agua que puede ser suministrada para el uso o aprovechamiento del agua con fines agrícolas, en forma de distritos de riego o unidades de riego (art. 75, Ley 620).

6.1.4.3. Mitigación, adaptación y gestión de riesgo ante el cambio climático

El PNDH refiere que la adaptación al cambio climático consiste en crear las capacidades de resistir los impactos negativos en las poblaciones y en todos los ecosistemas terrestres y acuáticos. Este eje de acción tiene entre sus instrumentos al Plan Nacional de Adaptación ante el Cambio Climático, cuyo objetivo es promover medidas de adaptación para mejorar las capacidades de respuesta del entorno social, ambiental, económico, etc. Otro tema dentro de este eje de acción son: Fortalecimiento de capacidades para la incorporación de la gestión integral del riesgo y de la adaptación ante el cambio climático en la planificación territorial; y modelación de escenarios climáticos.

El PGIRH contribuye a la implementación de este eje de acción del PNDH, porque aporta medidas de adaptación del cambio climático, entre ellas, cambio de tecnología de riego, prácticas productivas más limpias y la de monitoreo de los recursos hídricos, que estará brindando datos reales

recopilados de forma permanente, mismos que la Autoridad Nacional del Agua pondrá a disposición a través del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (SiAGUA).

6.1.4.4. Regular y controlar la contaminación ambiental para la conservación de los ecosistemas y la salud humana

Este eje de acción, tiene entre sus lineamientos el de control y tratamiento de los vertidos de aguas residuales, cuyo objetivo es la protección de los recursos hídricos para el aseguramiento de la provisión perdurable y apta para el uso de la comunidad. El PNDH espera identificar sitios críticos de alto riesgo de contaminación para tomar medidas correctivas en cada caso.

El PGIRH se vincula a este eje porque incluye para la Cuenca 72 la identificación de sitios críticos de alto riesgo de contaminación, con sus correspondientes medidas correctivas.

6.1.5. Estrategia Nacional Ambiental y del Cambio Climático, Plan de Acción 2010 - 2015

La estrategia está conformada por cinco lineamientos estratégicos que a su vez están derivados del Plan Nacional de Desarrollo Humano. A dos de ellos se vincula el PGIRH: Conservación, recuperación, captación y cosecha de agua; mitigación, adaptación y gestión de riesgo ante el cambio climático. El plan de acción, refiere a fortalecer los mecanismos de monitoreo e información meteorológica, sísmica e hidrológica. La vinculación del PGIRH es similar a la referida con el PNDH.

6.2. Plan Sectorial de Desarrollo Rural Incluyente (PRORURAL Incluyente) 2010-2014

Dentro de sus principios para el sector agropecuario y forestal, pretenden el cambio del uso de aguas subterráneas por aguas superficiales para riego, para asegurar la producción durante períodos seco y lluvioso, ante variaciones adversas del clima y períodos prolongados de sequías. Otro principio es fomentar el manejo sostenible de la tierra, agua y bosque, mejorando las prácticas e instrumentos para enfrentar el cambio climático. Uno de los lineamientos, aborda la promoción del desarrollo agropecuario y forestal sostenibles, en función del ordenamiento territorial, que define

las áreas destinadas para la producción, la recuperación y conservación de los suelos, agua y bosque.

Su implementación se realizará con base a una zonificación de los territorios, determinada por criterios físicos naturales y socioeconómicos. El Departamento de Rivas, donde se ubican los municipios que conforman la Cuenca 72 (San Juan del Sur, Cárdenas y Tola) está determinado como "Territorio con bajo dinamismo y restricciones naturales para la actividad agropecuaria y desarrollo forestal".

En este territorio, está contemplado por PRORURAL Incluyente realizar medidas de apoyo a la producción, seleccionando cultivos propios de zonas secas e implementando sistemas de riego que puedan ajustarse a las necesidades de las familias rurales. Otra medida es promover la captación y almacenamiento de aguas pluviales para desarrollo de huertos familiares y comunales, así mismo se pretenden implementar medidas de protección ambiental incentivando la regeneración natural de las áreas de bosque y la reforestación, trabajando de forma conjunta con los dueños de las fincas.

El PGIRH se vincula a PRORURAL Incluyente en el aporte de la información sobre la situación de los recursos hídricos en la Cuenca 72, donde fue determinado que hay serias limitantes debido a los altas concentraciones de salinidad encontradas en los acuíferos, deficiente gestión de la demanda debido a la falta de regulación de aprovechamiento de los recursos hídricos, tanto a nivel superficial como subterráneo, y problemas en cuanto a la calidad de los recursos hídricos por presencia de contaminantes, tales como heces fecales, agroquímicos y fertilizantes.

6.3. Política Nacional de Salud

Está definida por un conjunto de lineamientos que sirven de guía para las acciones en el área de salud. Entre estos, el primer lineamiento se refiere a lograr que las personas no se enfermen y es aquí donde el PGIRH se vincula a la política de salud porque da a conocer la calidad de las aguas, identificando tipo y puntos críticos de contaminación, para su correspondiente atención por el MINSA². Ésto también contribuye al rol del MINSA en el aval o visto bueno sobre la calidad de las aguas, que debe otorgar al sistema de abastecimiento de ENACAL³.

² Ministerio de salud

³ Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

6.4. Plan Estratégico Institucional (PEI) de la Autoridad Nacional del Agua 2013-2017

La gestión integrada de los recursos hídricos, como una competencia otorgada a la ANA por la Ley General de Aguas Nacionales, forma parte integral en la visión y misión de la institución. Dentro de los ejes estratégicos, el referido a políticas institucionales, indica como parte de sus tareas el elaborar los diagnósticos e investigaciones que se requieran para el análisis de la situación de los recursos hídricos por cuencas.

El eje de planificación de cuencas, contempla dentro de sus tareas, la creación de alianzas estratégicas sobre el tema de agua, la descentralización de los organismos de cuencas que drenan al Pacífico, la conformación de los comités de cuenca, la coordinación con instituciones que participan en la GIRH, a fin de alcanzar metas en conjunto y complementar información para base de datos de monitoreo, demanda y oferta de agua a nivel nacional.

El eje control y registro de usuarios, pretende promover alianzas con la cooperación externa para fortalecer el Sistema Nacional de Información de los Recursos Hídricos (SiAgua) permitiendo el desarrollo de la planificación hídrica y el seguimiento a las concesiones otorgadas. La ANA ha priorizado el desarrollo del prototipo de SiAgua, priorizando las cuencas que tienen mayor información.

Con respecto al Plan Estratégico Institucional de la ANA, el PGIRH de la Cuenca 72 se vincula completamente con cada uno de los ejes estratégicos, porque contribuye al cumplimiento de sus metas: diagnóstico de la situación de los recursos hídricos, balance hídrico, información de monitoreo disponible para el SiAgua, Comité de la Cuenca participando en la GIRH. Adicionalmente, la Autoridad Nacional del Agua podrá tomar decisiones sobre las concesiones que se podrán otorgar, denegar o suspender en la cuenca, tomando en cuenta la prioridad del agua para consumo humano.

Con la información integrada en el SiAgua, la Dirección de Concesiones de la ANA puede regular y controlar las fuentes de contaminación a través del otorgamiento de permisos de vertidos que cumplan con los requisitos ambientales y elaborar también un plan de monitoreo de la misma Dirección para identificar vertidos ilegales.

6.5. Plan Ambiental Municipal

Los tres municipios que conforman la Cuenca 72 (San Juan del Sur, Cárdenas y Tola) cuentan con PAM, los cuales establecen que las principales problemáticas de los recursos hídricos giran en torno a la calidad y a la falta de regulación del recurso. Para el caso del PAM de San Juan del Sur, cuya ejecución será 2010-2030 menciona a la falta de normación y mal manejo del recurso como su principal problemática. Los Municipios de Tola y Cárdenas establecen en sus PAM como su principal problemática la contaminación del recurso agua por agroquímicos.

Dentro de las líneas estratégicas propuesta en los PAM de los Municipios que conforman la Cuenca 72 (San Juan del Sur, Tola y Cárdenas) se encuentran: protección y conservación de fuentes hídricas, gestión integrada de los recursos hídricos que asegure la calidad y cantidad de los mismos, reducir la contaminación y de realizar manejo integrado de los desechos sólidos y líquidos y promover la conservación y uso sostenible de los recursos agua, suelo y bosque. Otro elemento que se destaca en los tres PAM es la orientación a implementar planes de monitoreo, control y vigilancia de la calidad de las aguas.

El PGIRH se vincula a estos lineamientos de los Planes Ambientales Municipales, brindando la información sobre la situación de las aguas superficiales y subterráneas en cuanto a calidad y cantidad, e indicará las medidas a desarrollar para reducir la contaminación en zonas críticas del territorio. El monitoreo figura nuevamente como instrumento estratégico que desde el Sistema Nacional de Información del Agua, aportará la información para la toma de decisiones y contribuye al monitoreo que la Dirección de Concesiones de la ANA realiza a los concesiones para aprovechamiento de agua superficial y subterránea y permiso de vertidos otorgados.

6.6. Plan Municipal de Ordenamiento y Desarrollo Municipal (PMDT)

Los tres municipios que conforman la Cuenca 72 (San Juan del Sur, Cárdenas y Tola) han unificado sus planes de desarrollo municipal y planes de ordenamiento territorial. Para el caso de San Juan del Sur y Cárdenas cuentan con un Plan Municipal de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PMDT) y para el caso de Tola cuenta con un Plan de Desarrollo Municipal con elementos de ordenamiento territorial.

En el plan del municipio de Tola, cuyo período de implementación es 2011-2030, dentro de sus lineamientos estratégicos se encuentran garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales y el ambiente, lograr la participación de los actores locales en el manejo sostenible de los recursos naturales y gestión ambiental y promover la conservación y saneamiento en el ambiente. En el Municipio de Cárdenas el PMODT (2010-2030), también establece como línea estratégica la conservación y uso racional de los recursos naturales, logrando ríos sanos y limpios,

El PMODT del municipio de San Juan del Sur, cuya implementación será 2011-2021, como línea estratégica establece implementar la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, que aborda su principal problemática en torno a los recursos hídricos, la falta de normación y mal manejo del recurso.

La vinculación entre PMODT y el Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos radica en que este pone a disposición la información actualizada y a más detalle sobre la situación de los recursos hídricos, balance hídrico y línea completa de ríos y pozos para establecer el estado de la calidad y la vulnerabilidad del recurso. Todo esto puede ser integrado dentro del diagnóstico del PMODT y poder derivar luego los lineamientos estratégicos, zonificación municipal y normas de uso del territorio. Aporta además a la toma de decisiones sobre la correcta ubicación de la inversión pública y privada en infraestructura de agua, para asegurar un suministro sostenible del agua, especialmente para consumo humano. La vinculación del PGIRH con estos planes se hace a través del aporte de medidas concretas y realistas que serán incluidas en los planes de inversión municipal, contribuyendo así a la aplicación en el territorio de algunas líneas estratégicas contenidas en los PMODT.

B. DIAGNÓSTICO

1. Descripción general de la cuenca

1.1. Características físicas

La Cuenca 72, denominada entre río Brito y Sapoá se encuentra ubicada en la zona Suroeste del departamento de Rivas y cuenta con una extensión territorial de 324.13 km². El 87% de la cuenca se encuentra dentro del municipio de San Juan del Sur, equivalente a 281.99 km², el 8% en el municipio de Tola y un 5% restante en el municipio de Cárdenas (**ver mapa 1**). Los límites de esta cuenca son: al norte con la Cuenca 70 denominada "Río Brito", al este con la Cuenca 69 o "Río San Juan", al oeste con el Océano Pacífico y al sur con el país de Costa Rica.

Una de las características más determinantes del comportamiento hidrológico de esta cuenca es que no cuenta con un cuerpo de agua principal, que sea alimentado por los ríos principales de cada subcuenca y que finalice en un cuerpo de mayor envergadura ya sea este un lago o el mar. Debido a esto las aguas que precipitan se dirigen de forma superficial directamente hacia el océano Pacífico con una dirección este-sureste, desde el punto de vista superficial no existe conexión entre subcuencas.

La Cuenca 72 posee un total de 8 subcuencas (ver **mapa 2**):

1. Mata de Caña.
2. Río El Bastón.
3. Río San Juan del Sur.
4. Río Escamequita.
5. Río Escameca.
6. Río La Flor.
7. Río Ostional.
8. Río El Naranjo.

La subcuenca San Juan del Sur es la que posee mayor importancia hídrica; ya que en esta se concentra el mayor volumen poblacional del municipio, y siendo también la única que cuenta con un casco urbano en su territorio.

De manera general, la Cuenca 72 posee pendientes muy marcadas en la parte alta y zonas casi planas con moderadas inclinaciones en la parte media. Las zonas más altas de la cuenca se encuentran en la parte sur de la misma, siendo "Río Ostional" y "Río Escamequita" las que presentan áreas por encima de los 400msnm. Hacia el norte dentro de la cuenca, las alturas promedio van disminuyendo de forma gradual hasta llegar a los 100 y 200 msnm en las subcuencas ubicadas más al noroeste como lo son "El Bastón" y "Mata de Caña" (ver **mapa 3**).

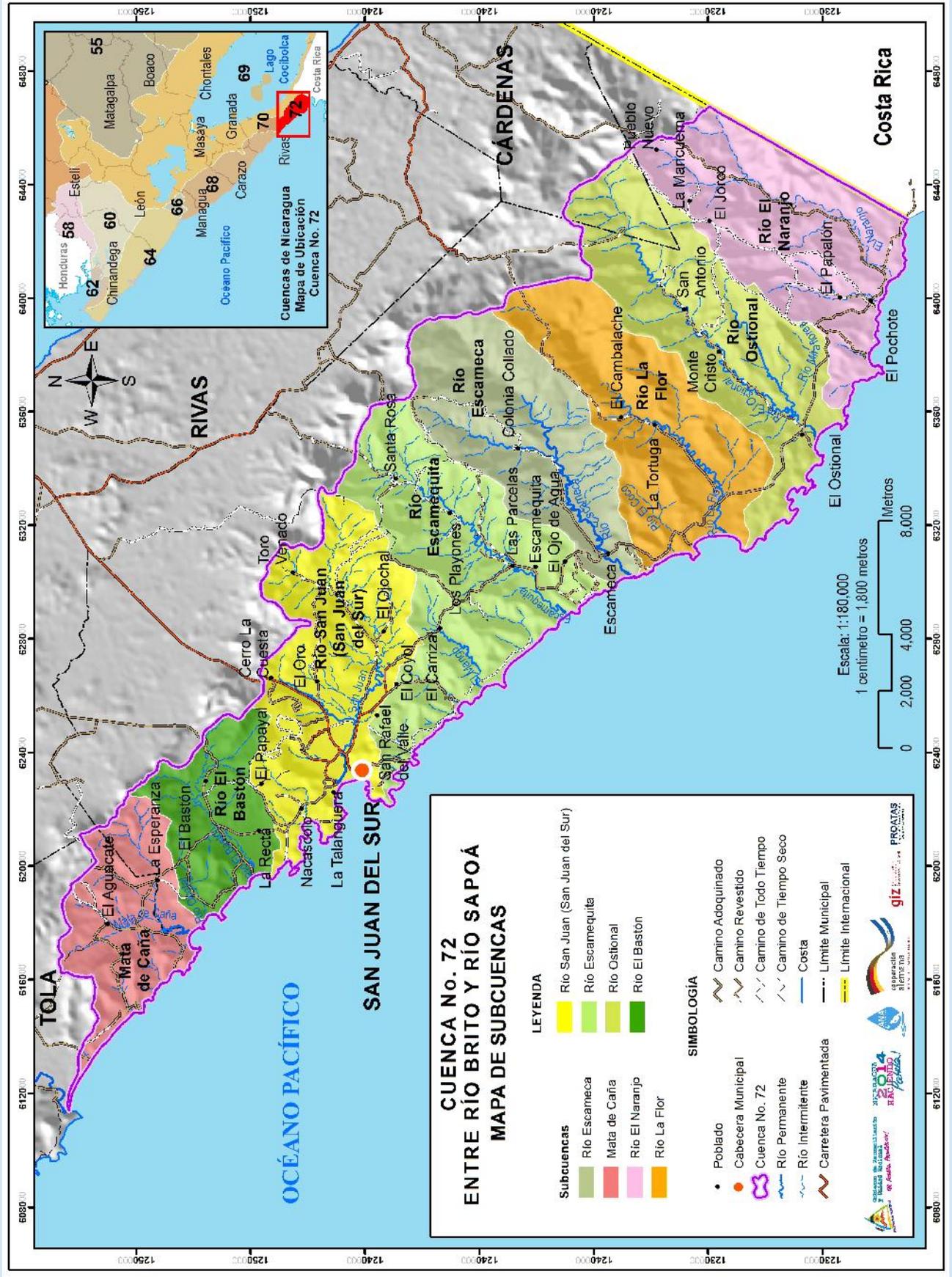
Las subcuencas "río Ostional" y "Escamequita" tienen las elevaciones más altas con 460 msnm que presentan las pendientes más pronunciadas, en su mayoría varían de entre 30 a los 45 grados. Este tipo de pendientes provocan un drenaje superficial más rápido y por ende mayor velocidad de escorrentía superficial.

A como se observa en la **tabla 1**, denominada "Características morfológicas de la Cuenca 72 y sus subcuencas" el tiempo de concentración más elevado lo posee la subcuenca denominada "Río la Flor". Esto se debe a que esta subcuenca posee el río con la segunda mayor longitud, por ende el agua tarda un poco más en drenarse por completo; y también a que las pendientes por las que cursa el río no son tan pronunciadas como las presentadas por las subcuencas con mayores elevaciones.

La subcuenca "río Ostional" presenta el segundo tiempo de concentración más elevado, lo que se debe principalmente a que tiene el curso del río más grande a pesar de tener pendientes elevadas, en el curso medio y bajo del río las pendientes son más suaves que en las partes más altas de esta subcuenca.

Se observan tiempos de permanencia del agua superficial muy bajos, lo que evidencia un drenaje superficial rápido, por lo que el agua abandona la cuenca de forma acelerada, disminuyendo de esta forma el volumen de agua que logra infiltrarse para pasar a ser parte del acuífero.

Mapa 2: Subcuencas principales de la Cuenca 72



Mapa 3: Elevaciones de la Cuenca 72

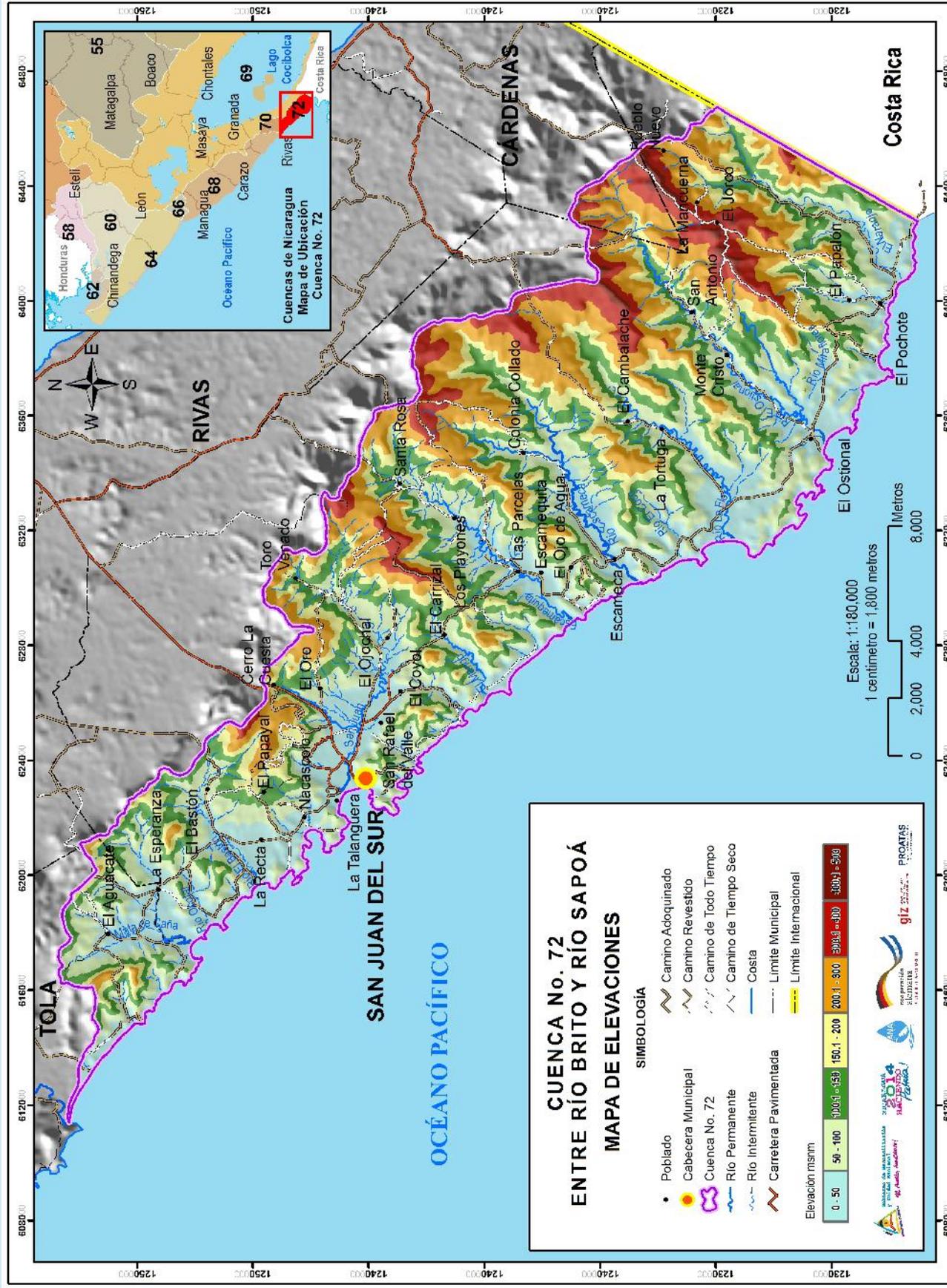


Tabla 1:
Características morfológicas de la Cuenca 72, Entre río Brito y Sapoá y sus subcuencas

Cuenca	Área (km ²)	Elevación máxima (msnm)	Elevación mínima (msnm)	Longitud del río (km)	Pendiente media %	Tiempo de concentración** Tc (hrs)
Entre Río Brito/Río Sapoá	324.13	360	1E-10	12.44	2.9	1.06
SUBCUENCA						
Río El Naranjo	44.70	280	1E-10	12.71	2.2	1.24
Río Ostional	48.17	460	1E-10	19.22	2.4	1.80
Río La Flor	42.83	320	1E-10	18.09	1.8	1.97
Mata de Caña	26.20	140	1E-10	6.87	2.0	0.70
Río El Bastón	21.21	200	1E-10	7.2	2.8	0.63
Río San Juan (San Juan del Sur)	46.47	360	1E-10	12.44	2.9	1.06
Río Escamequita	54.20	380	1E-10	13.73	2.8	1.19
Río Escameca	40.34	360	1E-10	15	2.4	1.40
TOTAL	324.13		** Determinado mediante la ecuación modificada de Basso.			

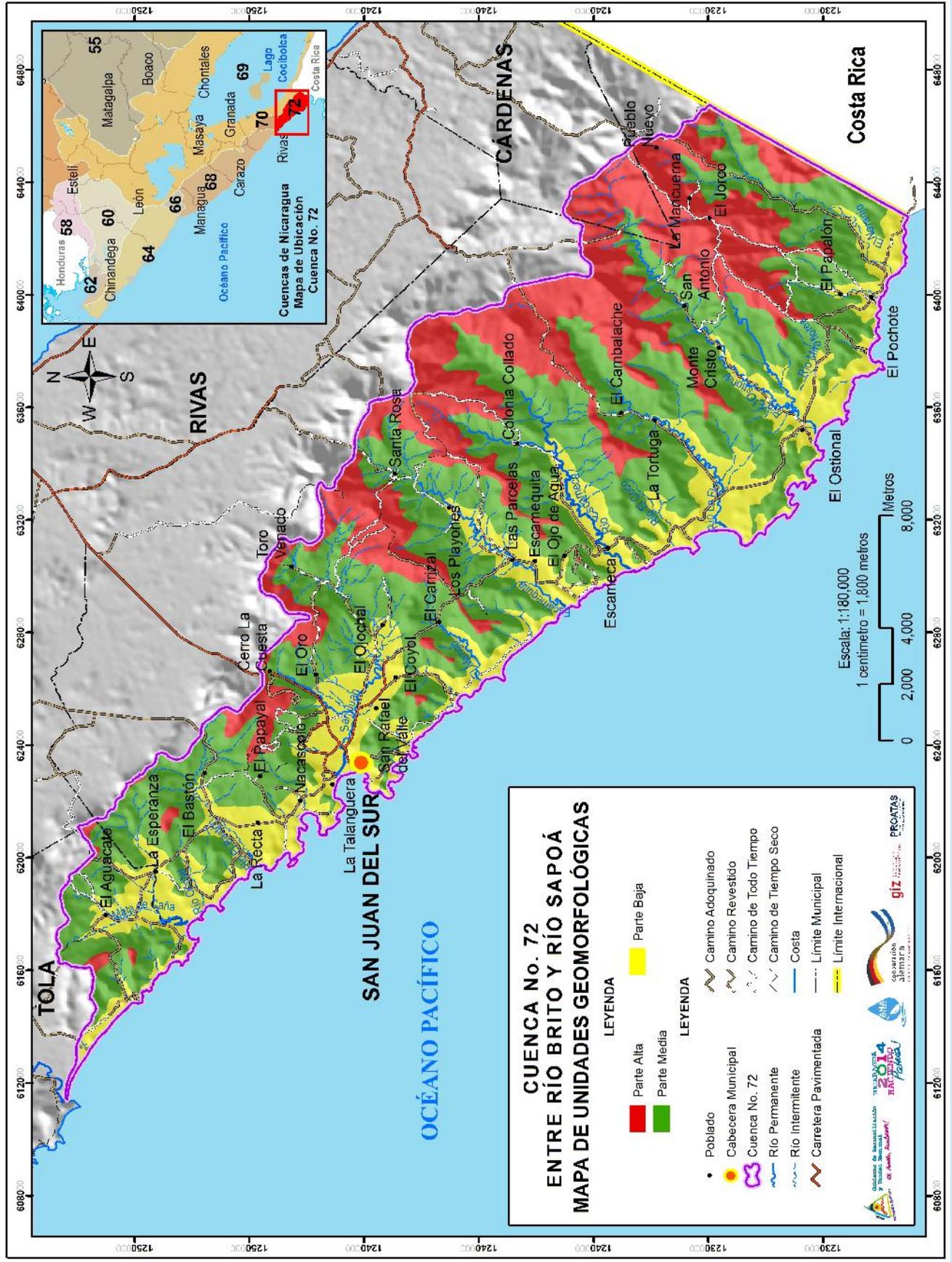
1.1.1. Topografía y geomorfología

A como se menciona anteriormente, las elevaciones en la zona se encuentran a alturas máximas promedio de 400 msnm en la zona sur este de la misma (**ver mapa 3**). Desde el punto de vista geomorfológico y de acuerdo a los rangos de elevación determinados para esta cuenca, se pueden clasificar 4 unidades principales, de las cuales 3 se encuentran muy marcadas en el mapa de unidades geomorfológicas, la cuarta unidad está referida a la línea costera de la cuenca y coincide con el límite oeste de la misma (**ver mapa 4**):

1.1.1.1 Parte alta

Comprende las elevaciones que van desde los 300 a los 460 msnm, estas zonas forman en su mayoría el parte de aguas de la cuenca, siendo la barrera que divide las aguas que superficialmente drenan hacia otras cuencas de las que drenan hacia la Cuenca 72. De igual forma encontramos en la parte sur de la cuenca alturas de más de 400 msnm que representan los sitios más De igual forma encontramos en la parte sur de la cuenca alturas de más de

Mapa 4: Clasificación de unidades geomorfológicas de la Cuenca 72



400 msnm que representan los sitios más altos de la cuenca y a la vez el parte aguas entre las subcuencas Río El Naranjo, Río Mata de Caña y Río El Ostional; al ser las partes de mayor altura comprenden las formaciones rocosas o montañosas de la cuenca así como las zonas de mayor pendiente. Dichas pendientes van desde los 30 a mayores de 45%, esta zona actualmente es utilizada para cultivo agrícola principalmente de subsistencia en su mayoría de granos básicos (arroz, frijoles, maíz, sorgo) y en una menor proporción ganadería extensiva (**ver mapa 5**).

Se caracteriza por ser la zona donde afloran las aguas superficiales creando así manantiales que posteriormente formarán los ríos de cada subcuenca.

1.1.1.2 Parte media

Comprende las alturas entre los 200 y los 300 msnm, son características de valles intramontañas con pendientes onduladas a moderadamente escarpadas. Las subcuencas Escameca y San Juan del Sur son las más representativas para la parte media. La parte media de la cuenca es utilizada para pequeños cultivos de granos básicos mayormente para autoconsumo de la población rural que habita en esa zona.

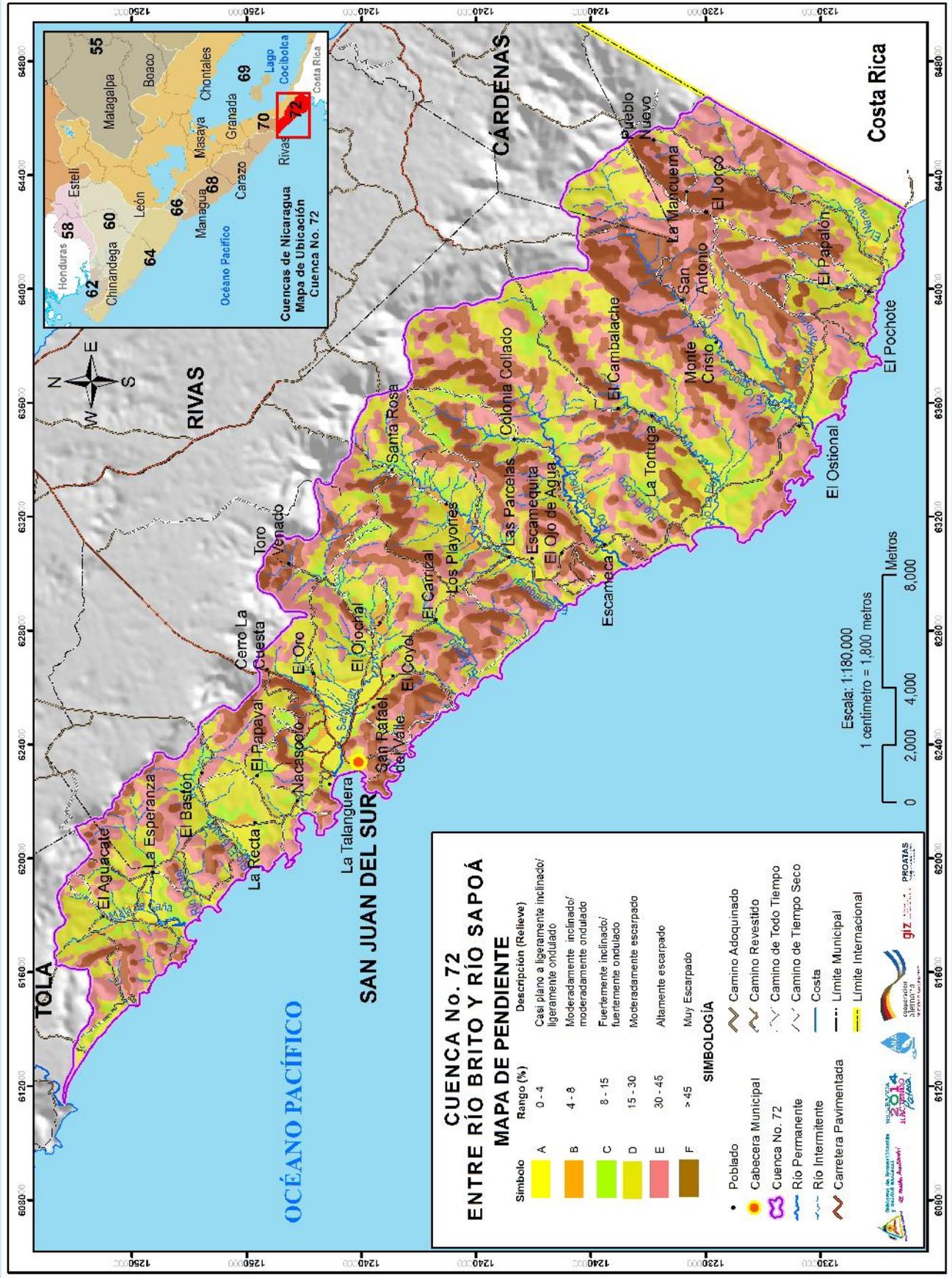
1.1.1.3 Parte baja

Abarca entre los 50 a los 200 msnm y comprende principalmente las zonas urbanas y periurbanas de la Cuenca. Las pendientes de la parte baja de la cuenca van de ligeramente onduladas a casi planas y por ende donde se encuentra la mayor concentración de población, la actividad principal es el turismo y en una menor proporción que en las dos zonas anteriores cultivo de granos básicos de subsistencia, de la misma forma al ser la mayor poblada es la zona mayormente afectada por la contaminación.

1.1.1.4 Zona marino-costera.

Además de estas tres zonas claramente definidas, existe otra que abarca toda la franja costera pacífica, denominada zona marino costera y que por lo general se encuentra por debajo de los 10 msnm. En esta zona se desarrollan procesos de intercambio y estabilización entre el agua salada y el agua dulce de la cuenca, consecuentemente con su posición geográfica es la zona que recibe las aguas superficiales que se generan en la parte

Mapa 5: Rangos de pendientes de la Cuenca 72



alta y atraviesan la parte media y baja, finalizando en esteros de fuentes superficial y subterránea.

1.1.2. Geología

Según CIRA 2008, dentro de la Cuenca se observan claramente dos tipos de formaciones principales: rocas sedimentarias de la Formación Brito y Sedimentos Aluviales del Cuaternario, estas dos formaciones son las que mayor territorio abarcan dentro de la cuenca. También se encuentran rocas sedimentarias de la Formación Rivas en una pequeña proporción de la parte noroeste de la cuenca; debido a su baja representatividad y baja importancia hidrogeológica dentro del área de estudio no se detallará en este capítulo (**ver mapa 6**).

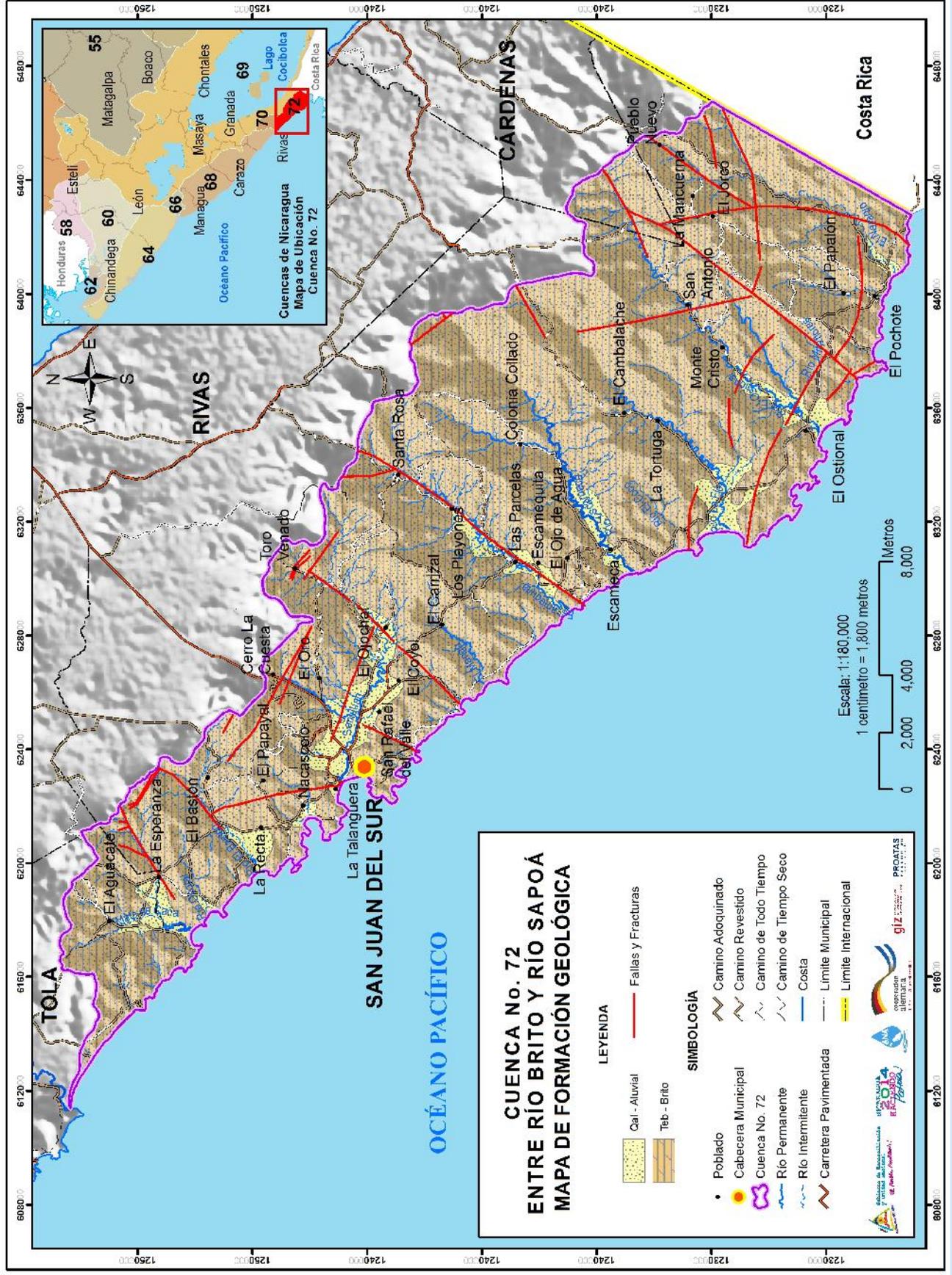
1.1.2.1. Rocas sedimentarias de la Formación Brito (Teb)

Abarca más del 90% del territorio del área de estudio, es una de las formaciones más extensas de la Provincia Pacífico y está constituido por las rocas que dan forma al relieve característico de la cuenca. La litología es principalmente de lutitas tobáceas y areniscas, areniscas calcáreas, areniscas conglomeradas, areniscas tobáceas, intercalada con lentes de caliza, evidencia del ambiente de deposición somero.

1.1.2.1.1. Sedimentos aluviales del Cuaternario

Estos sedimentos se encuentran en mayor volumen de área en la parte norte y en las parte media y bajas de la cuenca, en las subcuencas denominadas "río Escamequita", "río San Juan del Sur" y El Bastón. También se encuentran presentes en las partes bajas de cada subcuenca, precisamente en las zonas medias y bajas de los ríos principales (**ver mapa 6**). Estos sedimentos son consecuencias de la transformación y arrastre de suelos de la formación Brito y Rivas, los cuales se han desprendido de los afloramientos y han sido transportadas por el viento, agua y gravedad hacia las partes más bajas de las cuencas.

Mapa 6: Unidades geológicas de la Cuenca 72



1.1.3. Hidrogeología

En la Cuenca 72, los acuíferos productivos son escasos y solamente se pudieron desarrollar en los sedimentos aluviales cuaternarios de las partes bajas de las subcuencas donde las condiciones geomorfológicas permitieron la acumulación de estos sedimentos en los ríos con algunos espesores significativos. Estas condiciones se encuentran principalmente en las siguientes subcuencas: "Mata de Caña" y "El Bastón", "río San Juan del Sur" y "río Escamequita."

Las rocas de los depósitos de la Formación Brito (Teb) que se extienden sobre 296,6 km² son básicamente impermeables. La conductividad hidráulica de esta formación se debe a una permeabilidad secundaria, creada por fuerzas tectónicas (brechas y fallas) y meteorización. La cantidad de agua almacenada por km² de superficie es limitada. De la Formación Teb solamente las partes más altas afectadas por brechas y meteorización se puede considerar como acuífero. Los afloramientos del (Teb) en la subcuenca de San Juan del Sur no son un "acuífero" en el sentido hidrogeológico.

Los pozos perforados por ENACAL están ubicados en la parte baja de la subcuenca San Juan del Sur y explotan el acuífero aluvial de esta zona que es el más productivo de la Cuenca 72. En la parte alta y media de la cuenca se han formado acuíferos poco productivos del primer y segundo dominio que se encuentran principalmente a lo largo de los ríos.

Se puede distinguir dos dominios hidrogeológicos en la Cuenca 72 (**ver cap. 4.1**):

-  **Acuíferos aluviales poco profundos en sedimentos fluviales que se encuentran principalmente en la parte baja de las subcuencas.**
-  **Acuíferos fracturados poco productivos de la formación Teb en sus zonas de meteorización.**

1.1.4. Uso de suelo

Este capítulo presenta los resultados de la actualización y continuidad del estudio multitemporal para el Pacífico de Nicaragua (Intelsig, análisis multitemporal de imágenes satelitales para la detección de cambios en la cobertura de la tierra para los períodos (1987-1999 - 1999/2005), 2008) para los municipios de Tola, Cárdenas y San Juan del Sur, departamento de Chontales y que conforman la Cuenca 72. El estudio abarca el área total de los 3 municipios, sin embargo para el diagnóstico de la Cuenca 72 descrito en este plan sólo se mostrarán los resultados que comprenden dicha cuenca.

Con el uso de las herramientas de análisis espacial (e.g., "Uso 2000" * 100 + "Uso 2014") y cambios temáticos (thematic change) en programas de sistemas de información geográfica y sensores remotos, se lograron obtener los resultados de uso de suelo por año (2000, 2006 y 2014), así como los cambios del uso al comparar diferentes períodos de tiempo 1980-2000, 2000-2006 y 2006-2014. Adicionalmente, se presenta desglosado el cambio de uso para las áreas de Cuenca 72, municipios de Tola y Cárdenas por años seleccionados.

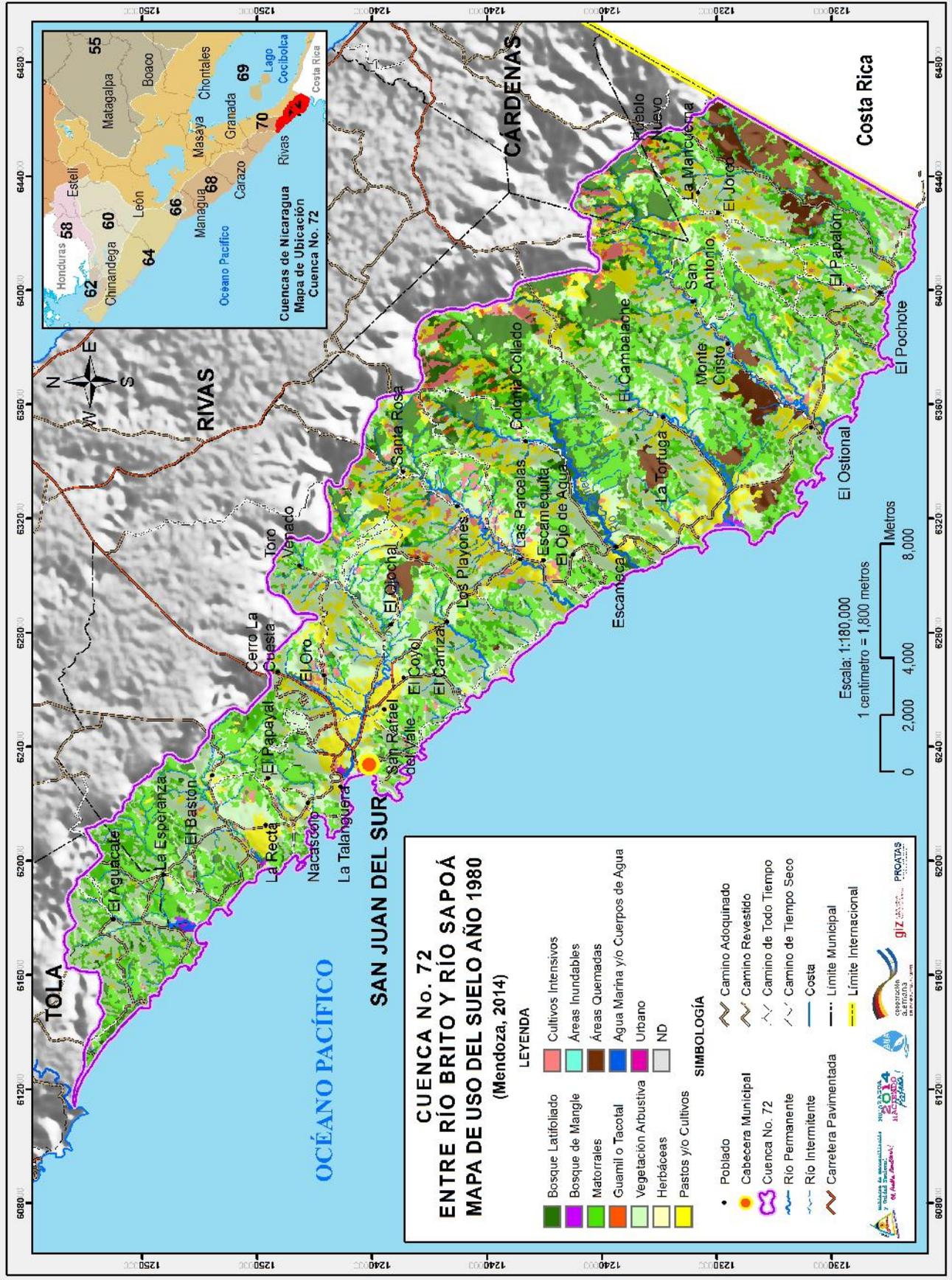
A continuación se presentan los resultados de los usos del suelo para el área de estudio. Los **mapas 7, 8, 9 y 10** muestran los usos del suelo para los años 1980, 2000, 2006 (Fuente Intelsig (2008)) y 2014 respectivamente.

Los mayores cambios de uso de suelo se determinaron para el período 2006 - 2014 donde se refleja la ganancia en áreas 180.50 km² de bosque latifoliado y/o guamil-tacotal (**mapa 11**). Además, del incremento de las zonas de cultivos/pasto y cultivos intensivos de aproximadamente 93.25 km². Es importante mencionar que en el área de Cárdenas es notorio el incremento de estas áreas de cultivos intensivos, ya que se pudo comprobar que existe un ciclo muy marcado de estos dos usos de cultivos/pasto hacia una tendencia de cultivos intensivos.

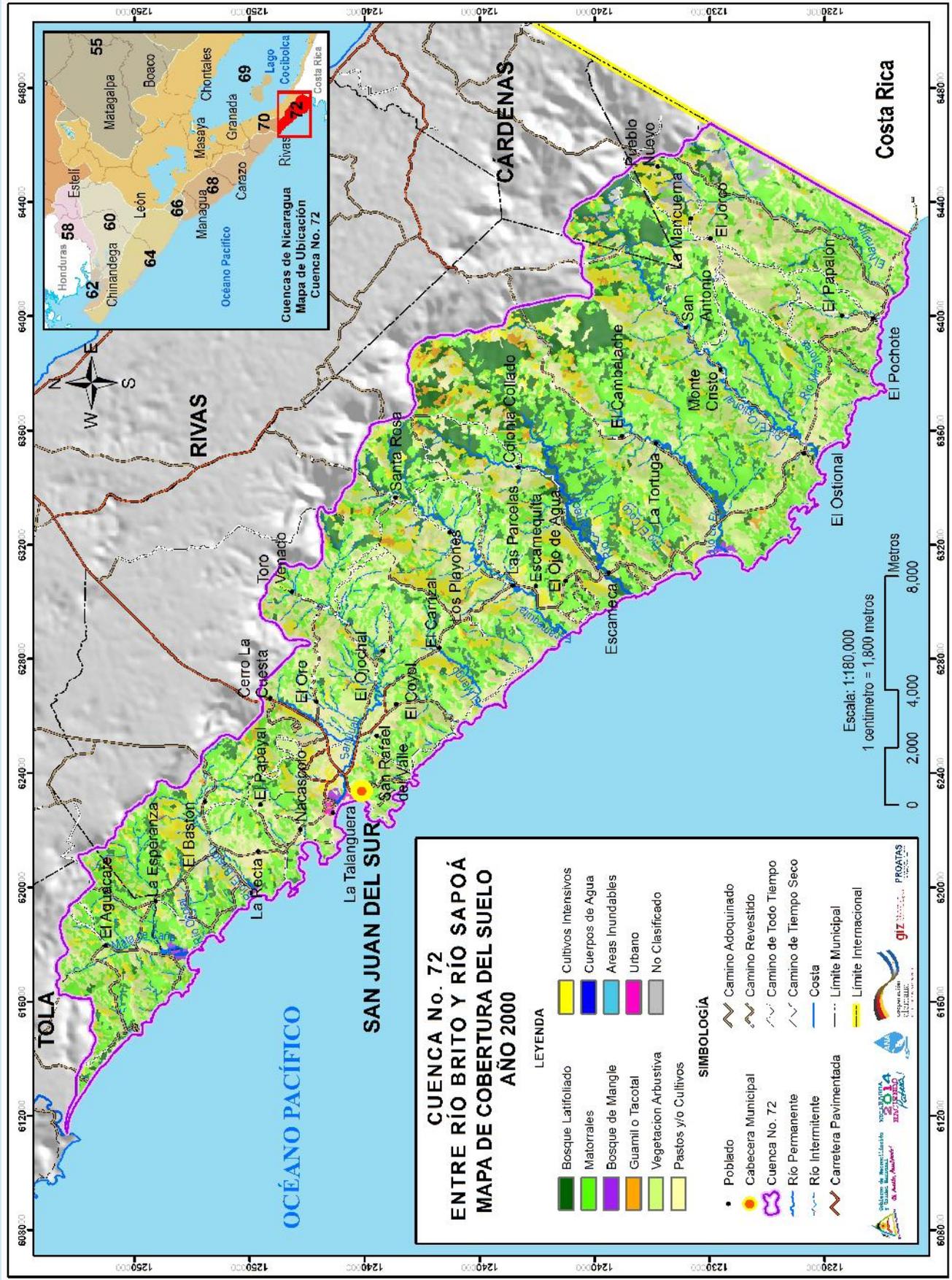
Para 2014 se identificaron áreas donde se practicó la quema como método de preparación de terreno, no así en el 2000 este uso fue delimitado realizando una interpretación visual en pantalla de la imagen satelital, que permite observar claramente en color rojo donde están las áreas quemadas.

El uso del bosque latifoliado fue delimitado automáticamente y ajustado con los índices de vegetación y componentes principales. Este uso es de los que mejor se clasifica y se observa claramente en la imagen del 2014. Sin embargo, se aclara que en los primeros cuatro meses se observarán solo los bosques siempre verdes localizados en zonas altas y frescas como

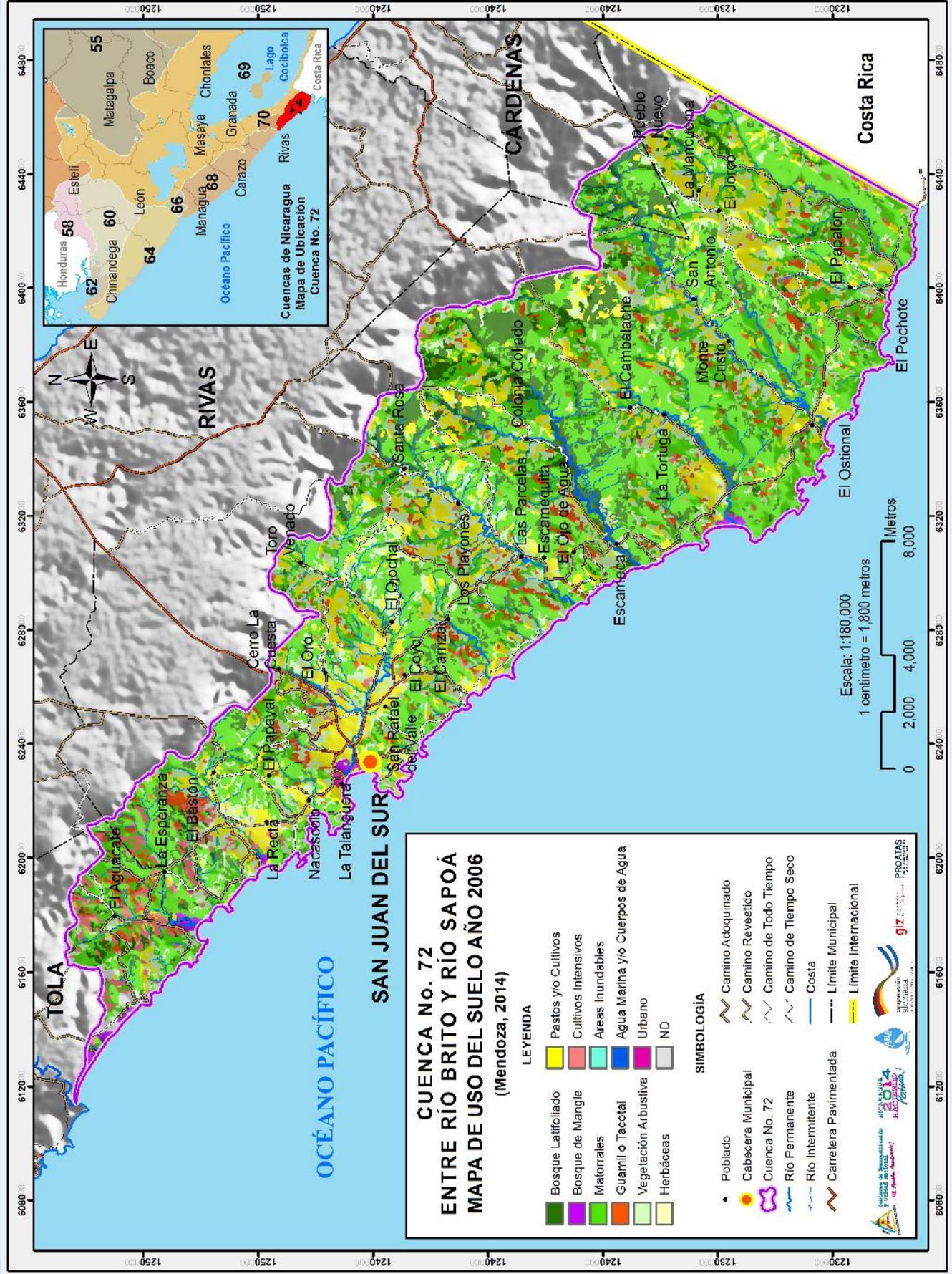
Mapa 7: Uso del Suelo de la Cuenca 72 para el año 1980



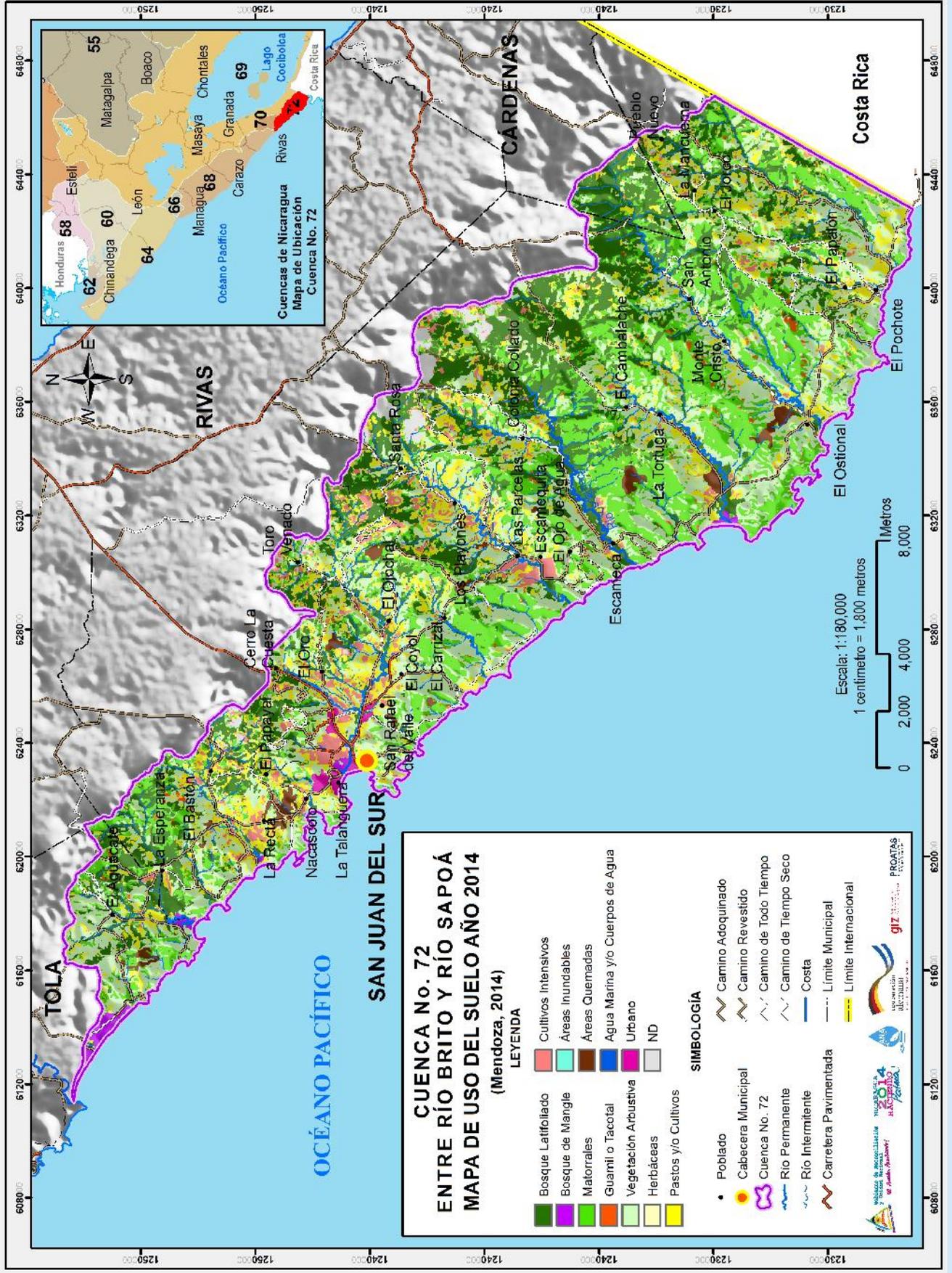
Mapa 8: Uso del Suelo de la Cuenca 72 para el año 2000



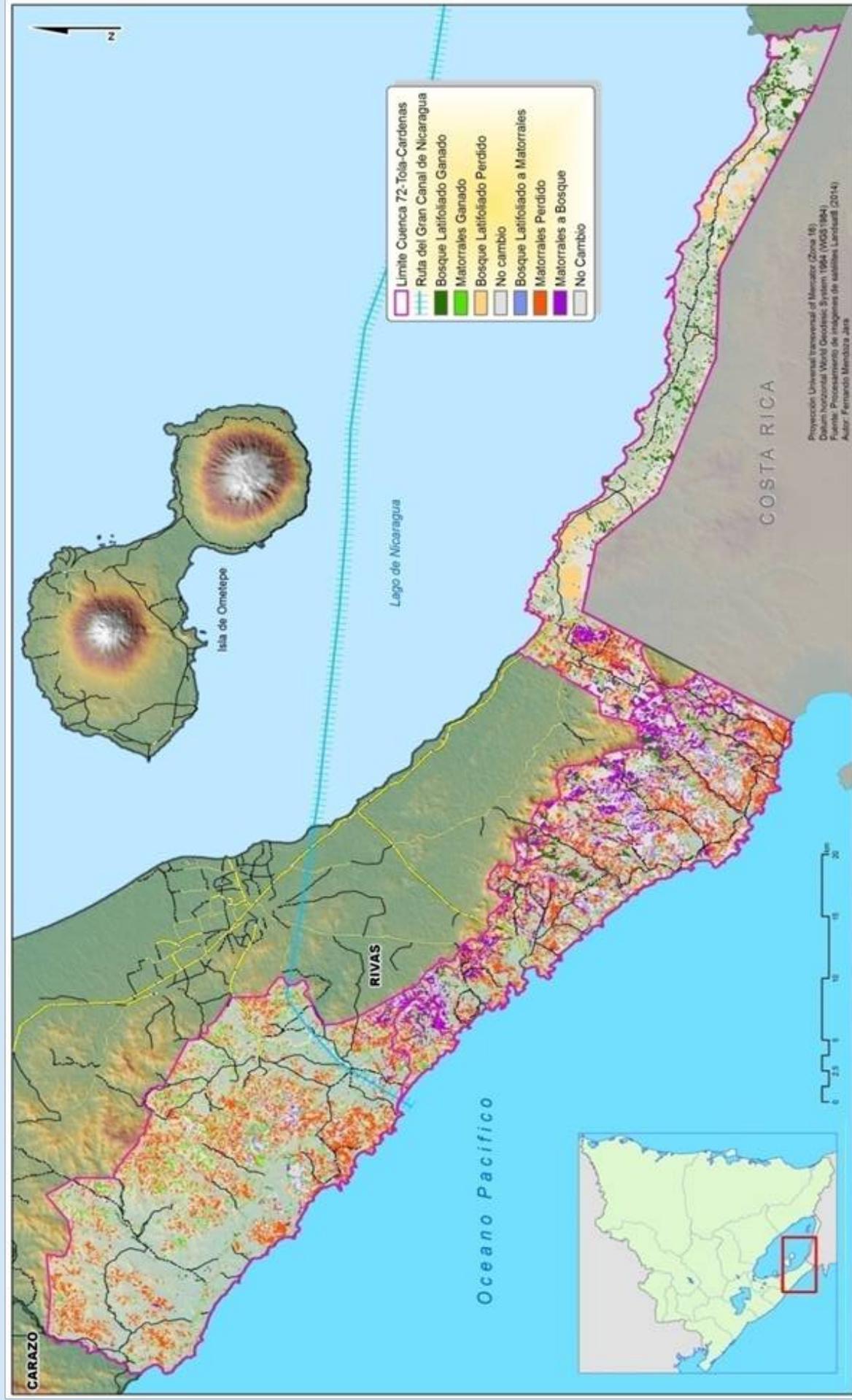
Mapa 9: Uso del Suelo de la Cuenca 72 para el año 2006



Mapa 10: Uso del Suelo de la Cuenca 72 para el año 2014



Mapa 11: Cambio de uso de suelo de la Cuenca 72 para el período 2006-2014



las riberas de los ríos y montañas, no así aquellos bosques medianos caducifolios.

En la etapa de campo, la vegetación arbustiva fue identificada más como un bosque secundario mediano caducifolio (guamiles o tacotales) en el municipio de Tola y la Cuenca 72, pero para evitar falsos cambios al comparar con los usos definidos por Intelsig, se asignó como vegetación arbustiva, siendo uno de los usos más predominantes en estas áreas.

Los matorrales, al igual que las zonas arbustivas y tacotales, tienen un gran parecido ecológicamente. Ellos son localizados en zonas de más laderas con la presencia de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas de tamaños muy pequeños, tienen la apariencia de charrales.

En el caso de las áreas urbanas por su respuesta espectral muy parecido al suelo sin vegetación fue necesario delimitarlas mediante la digitalización en pantalla basado en el conocimiento de la localización específica de las localidades de los sitios de estudio, así mismo el de las aguas por su alta reflectividad en la región del visible la respuesta espectral puede confundirse muy poco con otros usos, por lo que se decidió separarlas y ajustarlas mediante una digitalización en pantalla.

En general, para la Cuenca 72 y el resto del área municipal de Tola-Cárdenas se sugiere el cambio de uso para el período 2000-2014 debido a que éste refleja un mejor análisis de cambio para la zona. Existe un incremento y la combinación de áreas de bosques latifoliado-guamil que está reflejado en el **mapa 10**. Los usos de matorrales, herbáceas, y vegetación arbustivas se presentan en la disminución en áreas.

Referente al incremento del bosque de mangle, debido a la confusión del clasificador con el uso de bosque latifoliado, fue necesario la interpretación y digitalización directa en pantalla auxiliándose por las observaciones en campo, análisis de texturas de usos anteriores definidos por Intelsig 2006. Este podría significar el aumento de estas áreas de mangle. Una explicación a ello es que el uso del 2000 de Intelsig tiene una gran parte como "No Clasificado" en el área de mangle encontrado en el 2014.

Los usos de cultivos intensivos han incrementado en áreas. En Cárdenas donde se presentó incremento de estas áreas, que se pudo comprobar que existe un ciclo muy marcado de estos dos usos de cultivos/pasto hacia una tendencia de cultivos intensivo con un incremento anual de 2.98% TAC. Por tal razón, se puede concluir que durante el período de estudio, estas áreas pueden ser cultivos extensivos/pastos y otros años se vuelven cultivos intensivos.

En la **tabla 2** se muestran los diferentes resultados en km² de cambio de uso de suelo de acuerdo a cada categoría. Los números en color verde muestran la ganancia de cobertura y los números en color rojo la pérdida o disminución de la cobertura por categoría. Concentrándose en el área de la Cuenca 72 que abarca mayormente el área municipal de San Juan del Sur, se detecta el cambio más grande en la conversión de los matorrales (-79.20) hacia la categoría de vegetación arbustiva (24.59), cultivos intensivos (6.28).

En la Cuenca 72, casi la mitad de esta pérdida de matorrales se convierte en bosque denso (38.77), considerada un resultado muy importante, debido al hecho que tanto en el área municipal de Tola y Cárdenas, se observan entre 2006 y 2014, pérdidas en área de bosque denso.

Tabla 2:
Cambio de categorías de uso de suelo de Cuenca 72

No.	COBERTURA (valores en km ²)	1980	DIF.	2000	DIF.	2006	DIF.	2014
1	Bosque Latifoliado	33.66	3.44	37.10	1.27	38.36	38.77	77.14
2	Bosque de Mangle	0.61	0.09	0.70	0.69	1.39	0.27	1.67
3	Matorrales	101.74	8.56	110.30	43.62	153.92	-79.20	74.73
4	Guamil o Tacotal	1.31	2.27	3.58	10.56	14.14	2.16	16.30
5	Vegetación Arbustiva	113.98	-22.91	91.07	-38.04	53.02	24.59	77.61
6	Herbáceas		0.00		0.00		0.00	
7	Pastos y/o Cultivos	46.58	-0.23	46.35	5.16	51.51	-4.21	47.30
8	Cultivos Intensivos	10.83	16.89	27.72	-20.41	7.31	6.28	13.59
9	Cafetales		0.00		0.00		0.00	
10	Áreas Inundables		0.54	0.54	-0.48	0.06	-0.06	
11	Áreas Quemadas	12.16	-12.16		0.00		3.73	3.73
12	Agua	2.33	0.29	2.62	-0.39	2.23	-0.35	1.89
13	Urbano	0.21	0.18	0.39	0.11	0.50	1.29	1.79
14	Lava		0.00		0.00		0.00	
15	No Clasificado		2.47	2.47	-1.50	0.97	4.14	5.11
AREA TOTAL		323.4	-0.59	322.82	0.59	323.41	-2.56	320.8

- 💧 *En el área municipal de San Juan del Sur, que abarca la mayor parte de la Cuenca 72, se detectó el cambio más grande en la conversión de matorrales hacia la categoría de vegetación arbustiva, cultivos intensivos.*
- 💧 *Casi la mitad de esta pérdida de matorrales, se convierte en bosque denso en la Cuenca 72, considerada una observación muy importante; ya que en el área municipal de Tola y Cárdenas se observan pérdidas en área de bosque denso entre 2006 y 2014.*
- 💧 *Otra clase de uso que disminuyó en 4.21 km² son los pastos/cultivos, mientras que entre 2000 y 2006 se habían extendidos por unos 5 km².*
- 💧 *Mientras en Tola se observa una recuperación de bosque denso entre 2000 y 2006, en Cárdenas se observa una pérdida continua del bosque denso durante todos los períodos observados.*

1.2. Características administrativas y demográficas

Disponer de datos confiables sobre el comportamiento de la dinámica de las poblaciones dentro de la Cuenca 72 es un aspecto de suma importancia, para poder determinar la demanda de agua para consumo humano, información que posteriormente pasará a ser parte del balance hídrico de la cuenca.

Con este objetivo se tomaron como fuentes de información los censos llevados a cabo por el Instituto Nacional de Información al Desarrollo (INIDE), para el año 2005 y datos estadísticos de la alcaldía de San Juan del Sur para el año 2012. Esto debido a que desde el último censo nacional del 2005 no se ha llevado a cabo una actualización de dicho estudio, lo que nos obliga a utilizar datos poblacionales locales.

Como datos locales se utilizan solamente la información brindada por la alcaldía de San Juan del Sur, en vista que en el poco territorio que ocupan Cárdenas y Tola dentro de la Cuenca no existe población. En el caso de Tola dicha área es una propiedad privada y en el caso de Cárdenas es un área destinada para cultivos agroforestales, bajo concesión de la empresa MADENICA, por lo que no hay contabilizados asentamientos humanos en estas zonas.

Determinar la población total de una cuenca resulta complicado debido a que los datos del INIDE y de las propias de las alcaldías se levantan a

nivel de los límites políticos administrativos y se clasifican por nivel o tipo de vivienda. Los municipios por su parte dividen a la población de acuerdo a la forma en que la municipalidad da atención a dicha población, usualmente en comarcas y comunidades.

Para estimar la población actual y futura dentro de la cuenca se tomaron en cuenta solamente las comunidades localizadas dentro de la cuenca, no obstante como se observa en el mapa de comarcas y subcuencas existen comarcas que se encuentran parcialmente dentro de la cuenca, por lo que se estimó el volumen de población dentro de cada comarca (**ver mapa 12**).

Como se puede observar en el mapa, las comarcas ubicadas en la parte central se encuentran totalmente dentro de la cuenca, lo mismo con algunas ubicadas en la parte sur como lo son Ostional y Tortuga, por lo cual se tomarán como la población dentro de la cuenca la totalidad de los habitantes de las comarcas. Para las comarcas ubicadas un poco más al norte y otras como Pochote se ha tenido que tomar el porcentaje de población según la distribución de la misma en el territorio, es decir para la subcuenca del El Bastón, Mata de Caña y San Jerónimo, un 50% de la población total de dichas comarcas y para comarca el Pochote un 80% de la población total ya que los centros poblacionales sí se encuentran dentro de la cuenca, siendo el área fuera de ésta en su mayoría fincas privadas y pequeños caseríos.

En la **tabla 3** se presentan de forma sintetizada las informaciones recabadas de las fuentes INIDE 2005 y de los gobiernos municipales. Para el cálculo de la proyección del crecimiento de la población se aplicó la fórmula genérica usada también por INIDE:

$$pf = pi (R \times tf - i)$$

$$R = (1/tf - i) \times \ln (pf/ pi)$$

P f: Población proyectada (futura).

P i: Población inicial.

tf-i: Año proyectado - Año inicial = Período proyectado.

R: Tasa de crecimiento (expresada en porcentaje o en formato decimal).

Mapa 12: División comarcal de la Cuenca 72

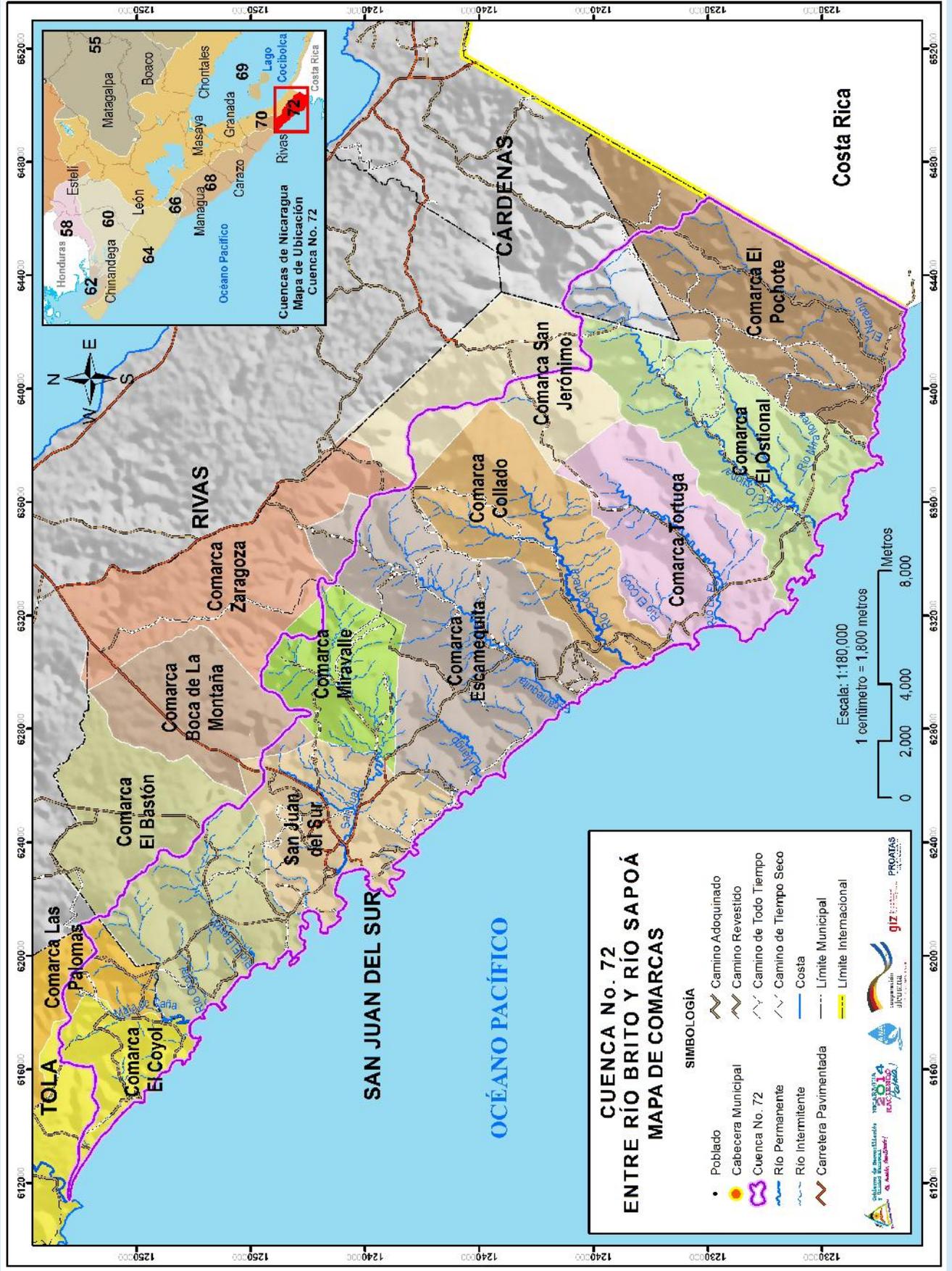


Tabla 3:
Crecimiento poblacional de la Cuenca 72

Municipio	INIDE		Población 2013 (Datos propios Alcaldías)	Tasa crecimiento		Proyección 2013-2023
	Población 1995	Población 2005		R 1995-2005	R 2005-2013	
San Juan TOTAL municipio	13,125	14,741	16,656	0.01161	0.0153	19,308
Tasa de crecimiento en %				1.16%	1.53%	
San Juan urbano			8,550			
San Juan (solo subcuenca)			8,106			
Total San Juan rural y urbano solo comarcas subcuenca			14,214	Promedio R	0.0148	16,481

De los datos oficiales presentados por el INIDE se desprende que desde la población base para el año 1995 existe un crecimiento para el año 2005 del 11% en población general, obteniendo una tasa de crecimiento de alrededor de 1.16% anual, encontrándose para el 2012 que aproximadamente el 50% de la población se encuentra asentada en el centro urbano del municipio, siendo este la cabecera municipal de San Juan del Sur.

Respecto al crecimiento observado hasta el 2005 y el observado para el año 2012 se evidencia que dicho crecimiento es de casi el 1.53%, lo que representa un aumento en el crecimiento poblacional pero que no necesariamente representa un aumento en la natalidad del municipio, esto podría explicarse perfectamente por el aumento de la migración hacia el municipio, siendo ésta representada principalmente por el asiento en el territorio de turistas extranjeros producto del gran desarrollo turístico de San Juan del Sur.

Se observa también que más del 86% de la población del municipio se encuentra localizada dentro del territorio de la cuenca. Respecto al caso urbano existe un bajo porcentaje de población en las comarcas fuera de este; por otro lado hay comarcas con alto número de habitantes como lo son Ostional y Escamequita las cuales sobrepasan el millar de pobladores.

Finalmente y como uno de los objetivos de este acápite, se calculó un crecimiento poblacional para la cuenca al año 2023 de 16, 481 habitantes, con una tasa de crecimiento anual de 1.53%. El crecimiento proyectado al 2023 para el municipio de San Juan del Sur fue de 19,308 habitantes.

- 💧 *Para 2013, la Cuenca 72 tenía una población actual de 14,214 habitantes correspondiente a la parte de casco urbano de San Juan del Sur y las comarcas dentro de la Cuenca.*
- 💧 *Considerando un promedio de tasa de crecimiento de 1.53% entre 2013 y 2023 se puede pronosticar una población para el área de cuenca de 16,481 habitantes en 2023.*
- 💧 *Esta tasa de crecimiento puede ser generada tanto por el aumento en los natalicios como por la migración principalmente turística.*

2. Datos meteorológicos

Las condiciones climáticas de la cuenca están definidas por las variables meteorológicas, las cuales juegan un rol de gran importancia en la caracterización del comportamiento meteorológico que acontece dentro de su área; para fines temáticos de este diagnóstico se realiza el análisis del comportamiento de las principales variables meteorológicas, las cuales son descritas a continuación. La Cuenca 72 dispone de dos estaciones meteorológicas, y ambas miden solamente la pluviometría. La estación San Juan del Sur (SJS) empezó a trabajar en 1962 y proporciona pluviometría diaria hasta hoy en día. La estación de Ostional (OST) trabajo desde 1992 hasta 2011.

El régimen pluviométrico en la Cuenca 72 está caracterizado por dos fenómenos que parecen ser típicos en Nicaragua: primero la duración y forma de las estaciones hidrológicas, es decir la estación lluviosa y seca; y segundo la gran variabilidad de la precipitación anual con desviaciones enormes de año en año. El segundo fenómeno es muy marcado en la Cuenca 72, con un patrón típico que consiste en una serie de años secos, hasta 7 (vea más abajo 1987 - 1994), interrumpido por años muy lluviosos.

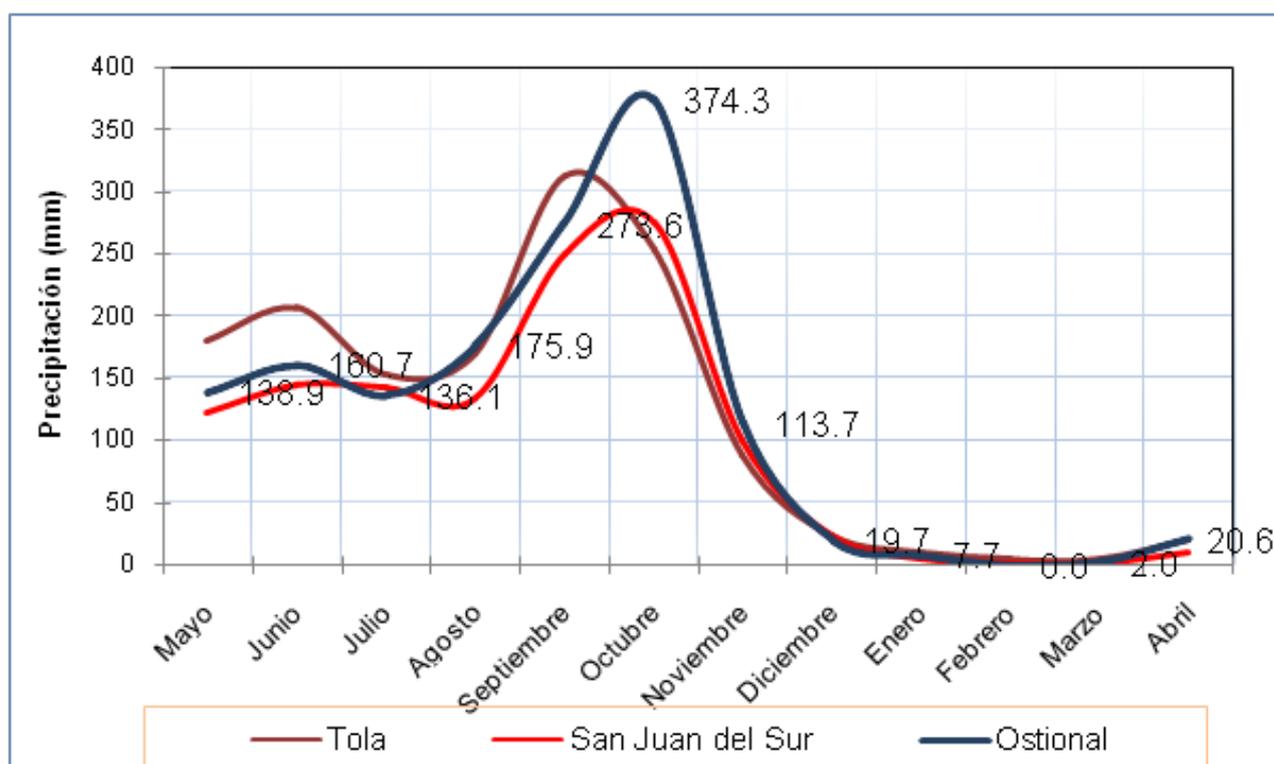
2.1. Precipitación

Este análisis toma como referencia la base de la serie de datos de precipitación correspondiente al periodo variable comprendido entre el año 1970 al 2011, para las estaciones con influencia dentro de la Cuenca. El comportamiento fue ponderado en base al área de influencia aplicando el método de Thiessen, como resultado se obtuvo una precipitación media anual de 1,309 mm. También se determinó la distribuida a nivel mensual, siendo el mes de septiembre el de mayor acumulado de precipitaciones con un promedio de 278 mm, y la estación seca marcada entre los meses de diciembre a abril, el siguiente gráfico muestra el comportamiento de esta variable dentro de la cuenca (**ver gráfico 1**).

En **anexo 1.1** se indica el mapa con la localización de las estaciones de Tola, Rivas, San Juan del Sur y Ostional y su influencia de acuerdo a los polígonos de Thiessen.

Gráfico 1:

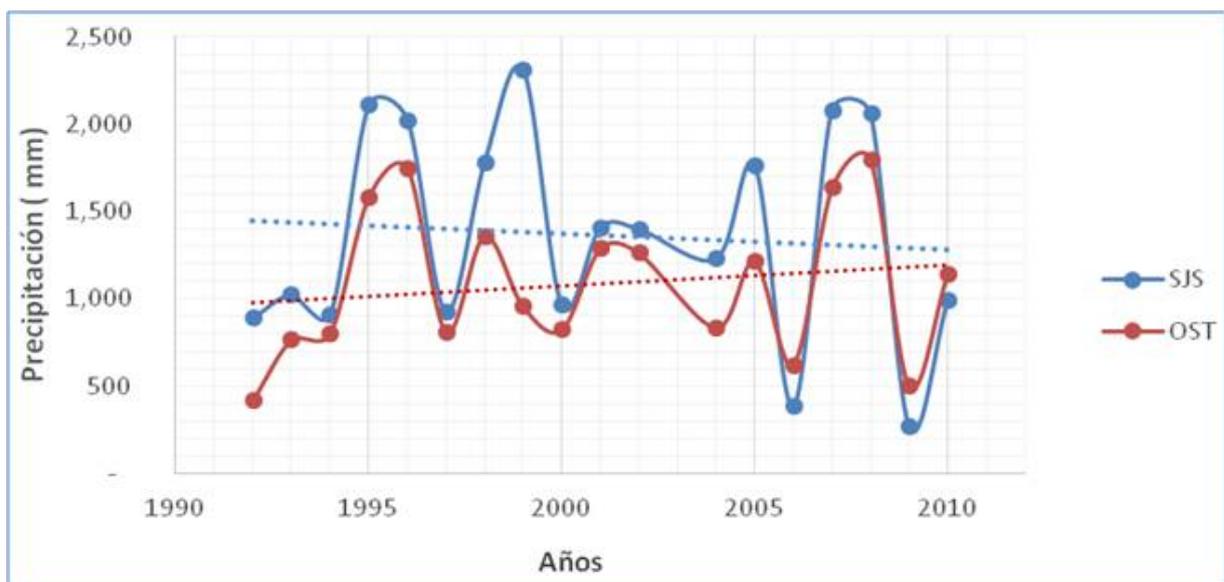
Precipitación media mensual no ponderada dentro de la cuenca 72 para el periodo (1970-2011)



Se realizó una correlación entre las dos estaciones de la Cuenca 72 (estación San Juan del Sur y estación Ostional) para determinar la precipitación media mensual en la cuenca. Dicha correlación es casi perfecta (**ver gráfica 2**), sin embargo, las precipitaciones en la estación de Ostional son sistemáticamente más altas. El factor de corrección para los 10 años comparativos, es de 0.82, quiere decir: $[(P)SJS \times 1.2 = (P)OST]$.

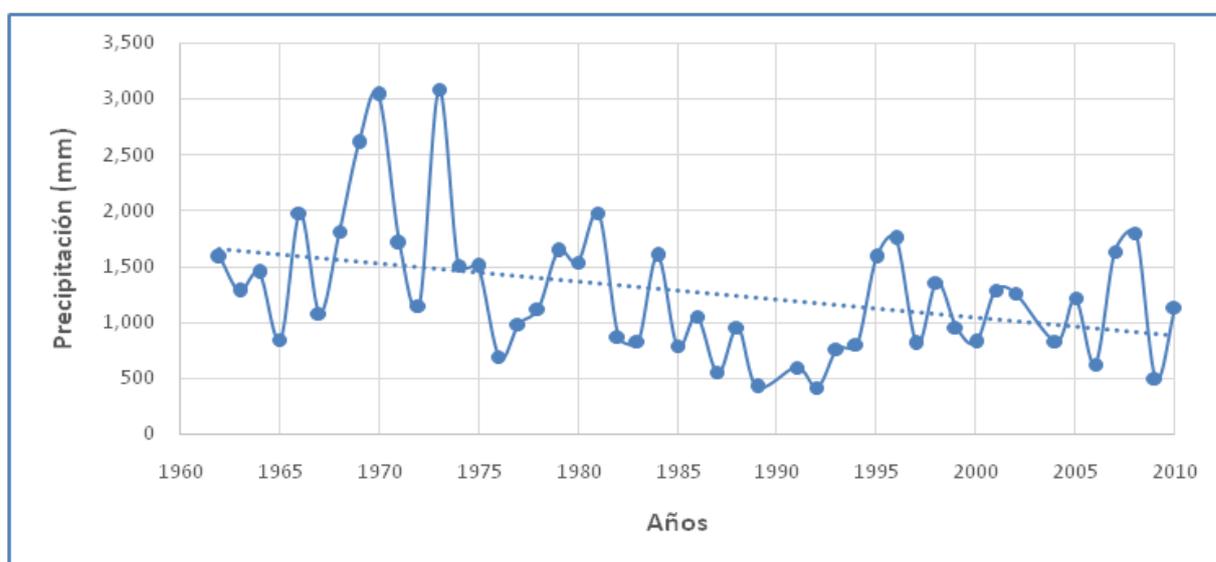
Del análisis de relación entre las estaciones meteorológica Ostional y San Juan del Sur, se comprueba que esta última estación no es representativa de toda la cuenca (**ver gráfico 3**). La pluviosidad media anual medida (1425 mm) en Ostional demuestra una tendencia ascendente que corresponde con la misma tendencia para la estación pluviométrica de Rivas. Si no se hubiera tomado en consideración una tercera estación (en este caso Rivas), se pueden llegar a conclusiones falsas en el análisis, ya que la estación San Juan del Sur tiene un comportamiento diferente. De manera general se puede concluir que la cuenca tiene una precipitación con muy alta variabilidad inter-anual. Para determinar el balance hídrico de toda la unidad hidrográfica es necesario considerar factores de corrección tomando en cuenta cada una de las subcuencas que la componen (**ver capítulo 6**)

Gráfico 2:
Relación de precipitación anual de las estaciones San Juan del Sur (SJS) y Ostional (OST)



Al realizar un análisis multianual más detallado sobre el comportamiento de la precipitación utilizando los datos de la estación San Juan del Sur (**Ver gráfico 3**), se puede establecer una tendencia descendente muy marcada. Esta tendencia determina las medias anuales para diferentes décadas, así en los años 60 - 70 la media era mayor a 1,500 mm; en la década 70 - 80 1,400 mm; la década 80 - 90 en 1,300 mm; década 90 - 00; 1,200 mm; para década 2000 - 2010 1,000 mm y un análisis de dos años 2009/10 800 mm.

Gráfico 3:
Precipitación estación de San Juan del Sur
(1962 - 2010, con media lineal)



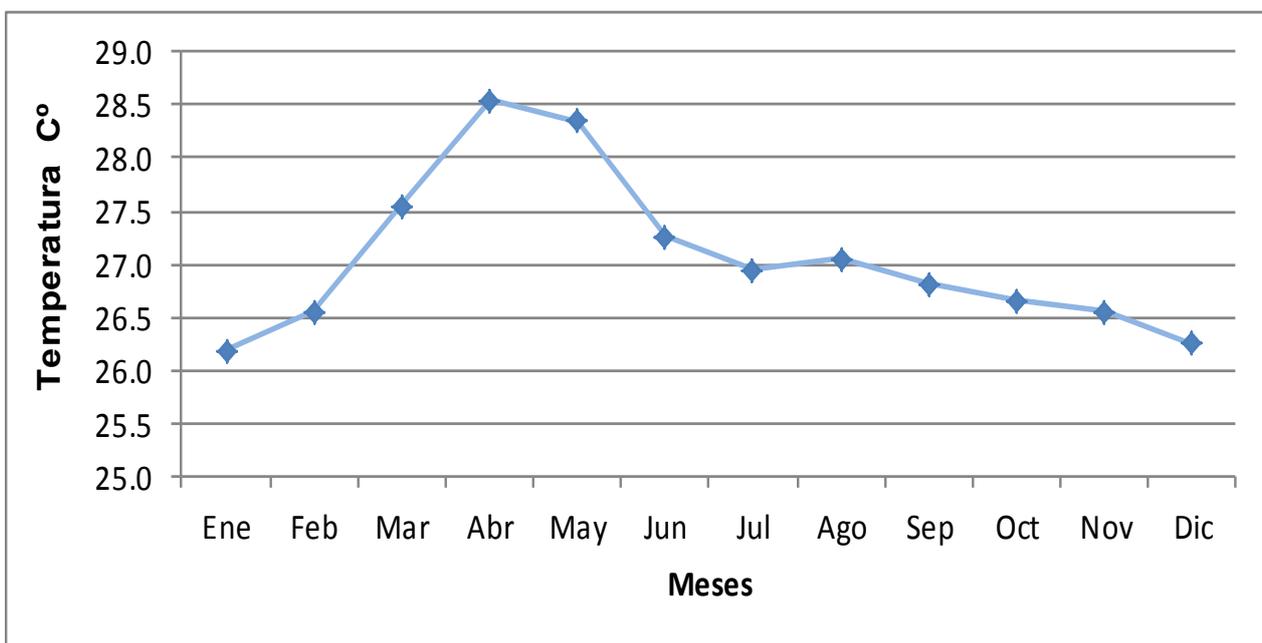
2.2. Temperatura

Al no existir datos de temperatura dentro de la cuenca, para el análisis de este parámetro se utilizaron los datos proporcionados por la estación Rivas, con una serie de datos de 46 años (1968-2013). De acuerdo con los estándares internacionales si necesitan al menos 30 años de medición para poder realizar una evaluación del comportamiento climático de la temperatura en una región en particular. Sin embargo cabe mencionar nuevamente que los únicos datos de temperatura son de la estación de Rivas y tomando en cuenta que se encuentra fuera del límite de la Cuenca

72, sólo pueden ser utilizados para describir los rangos de temperatura similares dentro del área y algunas descripciones generales sobre cambios a lo largo del tiempo. Se realizó un análisis mensual y anual, mediante el cual se logró determinar que la temperatura media de la cuenca es de 27° C, con una temperatura máxima de 28.1°C y una mínima de 26 °C para los años reportados. La variación de temperatura media mensual es poca y a lo largo de todo el año fluctúan alrededor de 2 a 3 grados.

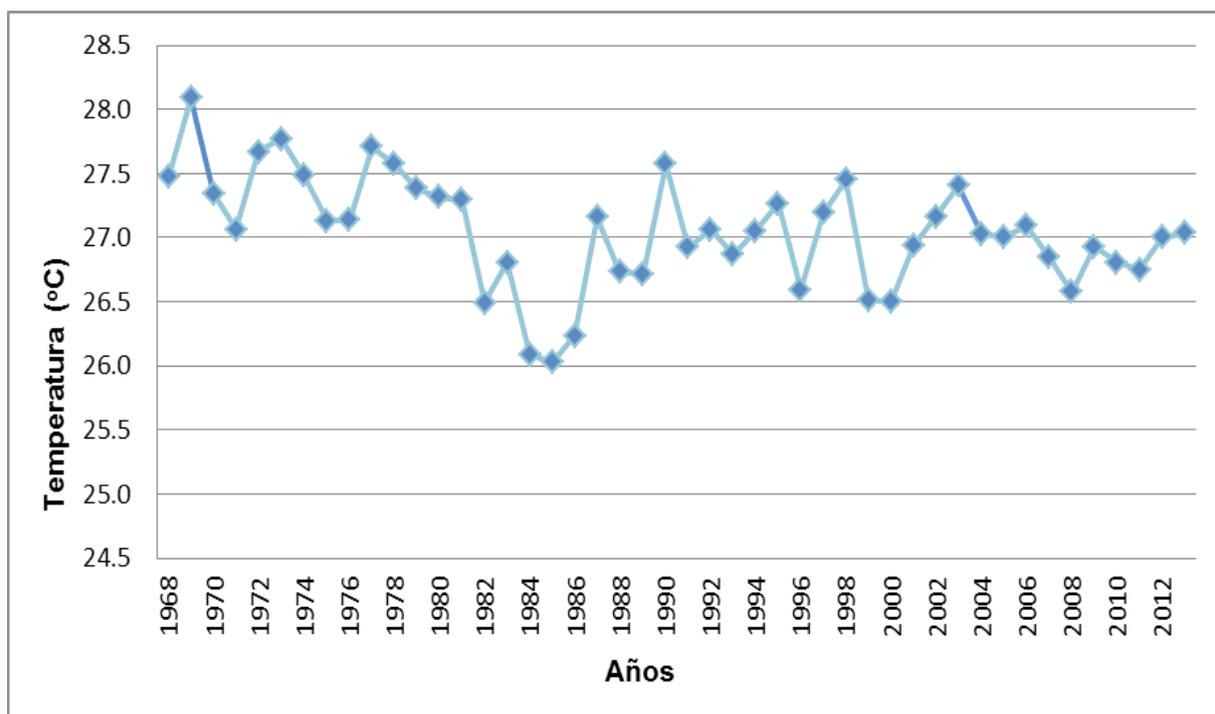
A como se logra observar en el **gráfico 4**, la tendencia es que la temperatura descienda en el mes de mayo, coincidiendo con el inicio del período lluvioso, hasta llegar a un valor mínimo en el mes de diciembre, consecuentemente las temperaturas más elevadas las comenzamos a observar en el mes de enero, con la entrada del periodo seco.

Gráfico 4:
Temperatura media mensual de la estación de Rivas



En el **gráfico 5** observamos el comportamiento de la temperatura media anual desde 1960 hasta 2015, a grandes rasgos se distingue una variabilidad bien marcada causada por las fluctuaciones estacionales que se dan cada año y una tendencia descendente. Vista en detalle la gráfica tiene un descenso máximo en 1985, a partir de este año se distingue un cambio hacia un ligero aumento, así mismo un promedio de 27.1 C° a nivel cronológico con un máximo de 28.1 °C y una mínima de 26 °C.

Gráfico 5:
Temperatura media anual estación Rivas (1968-2013)



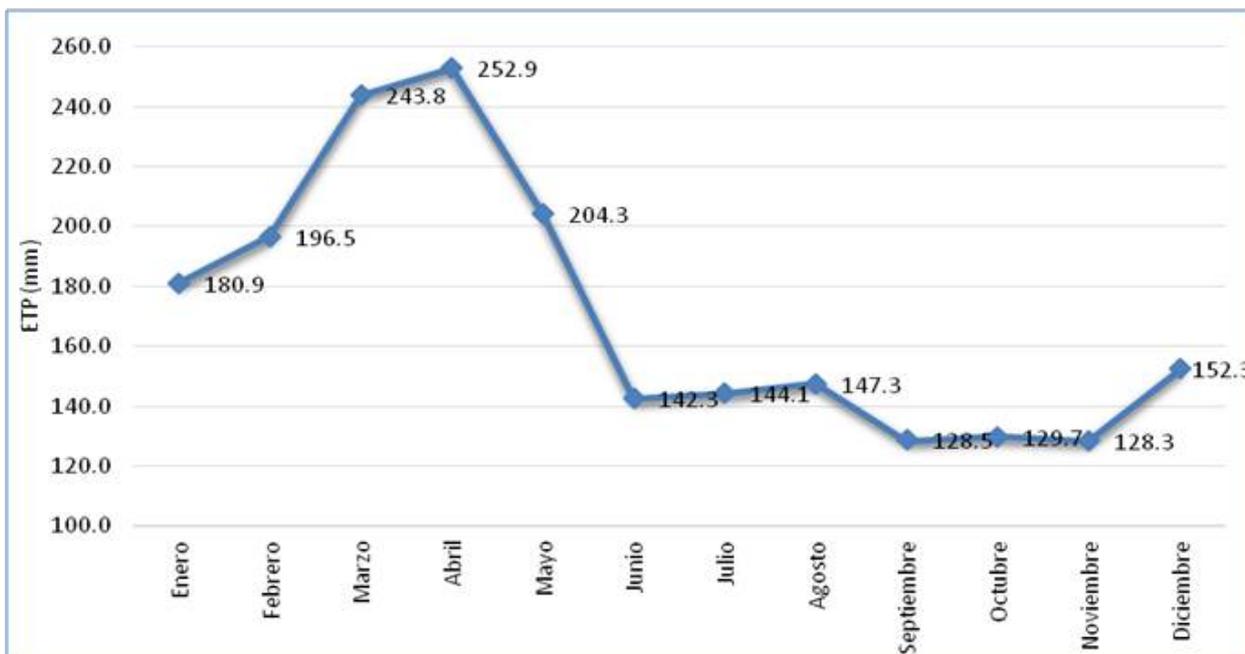
2.3 Evapotranspiración

La variable de Evapotranspiración Potencial (ETP) se obtuvo mediante la relación entre la evaporación de pana existente en la estación meteorológica de Rivas y relacionada con los datos de precipitación de la estación de San Juan del Sur. Estos valores coinciden con los resultados de rangos de evaporación potencial establecido en el atlas climático de INETER (2004) que consideran valores en el rango de los 120 a 180 mm y acumulados anuales en el rango de 1,600 a 1,800 mm, los valores obtenidos corresponden a los mostrados en la siguiente tabla (ver gráfico 6).

Como se explicó, las precipitaciones anuales entre las dos estaciones de San Juan del Sur (SJS) y Rivas no coinciden bien. Sin embargo, algunos años tienen precipitaciones muy similares y fueron seleccionados para el cálculo de la evapotranspiración real (ETR).

Gráfico 6:

Evapotranspiración Potencial Media Mensual Cuenca No. 72.



La selección se basó en 9 años donde la precipitación entre SJS y Rivas coincide bien y tiene una dimensión similar. Se asume además, que la evaporación potencial de la estación de Rivas está en el mismo orden de magnitud de la hipotética (ETP) en la Cuenca 72. De esta manera se obtuvo un valor de 970.5 mm para la ETR a partir del cálculo de ETP por el método de Thornthwaite (1948).

Como se puede apreciar en el gráfico anterior, los valores de ETP obtienen su máxima expresión en el período mensual de enero a mayo, lo cual tiene una relación directa con el déficit de lluvia existente en el mismo período, siendo éstos los meses más críticos del año respecto al déficit de agua existente dentro de la cuenca.

- 💧 *Se realizó una correlación entre las dos estaciones de la Cuenca 72 (estación San Juan del Sur y estación Ostional) para determinar la precipitación media mensual en la Cuenca. Dicha correlación es casi perfecta, sin embargo las precipitaciones en la estación de Ostional son sistemáticamente más altas. El factor de corrección por los 10 años comparativos, es de 0.82, quiere decir: $[(P)SJS \times 1.2 = (P)OST]$.*
- 💧 *La precipitación media mensual de la Cuenca 72 es de 1,309 mm, esta cuenca tiene una precipitación con muy alta variabilidad interanual.*
- 💧 *Un análisis multianual más detallado sobre el comportamiento de la precipitación utilizando los datos de la estación San Juan del Sur se puede establecer una tendencia descendente muy marcada (Década de los 60 - 70 la media era mayor a 1,500 mm, para la década 2000 - 2010; 1,000 mm).*
- 💧 *La precipitación medida en San Juan del Sur no es representativa para toda la cuenca; ya que otros análisis de las estaciones de Ostional y Rivas muestran un comportamiento similar en la precipitación*
- 💧 *La pluviosidad media anual medida en Ostional (1,425 mm) demuestra una tendencia ascendente que corresponde a la misma tendencia en para la estación pluviométrica de Rivas.*
- 💧 *Se obtuvo un valor de 970.5 mm para la ETR en la Cuenca 72 para un año de pluviosidad media.*

3 Agua superficial

3.1 Red hidrológica

La Cuenca 72, al igual que las cuencas que drenan sus aguas hacia el Pacífico, está conformada por agrupaciones de varias subcuencas, en su caso por 8, las cuales poseen características físicas casi homogéneas.

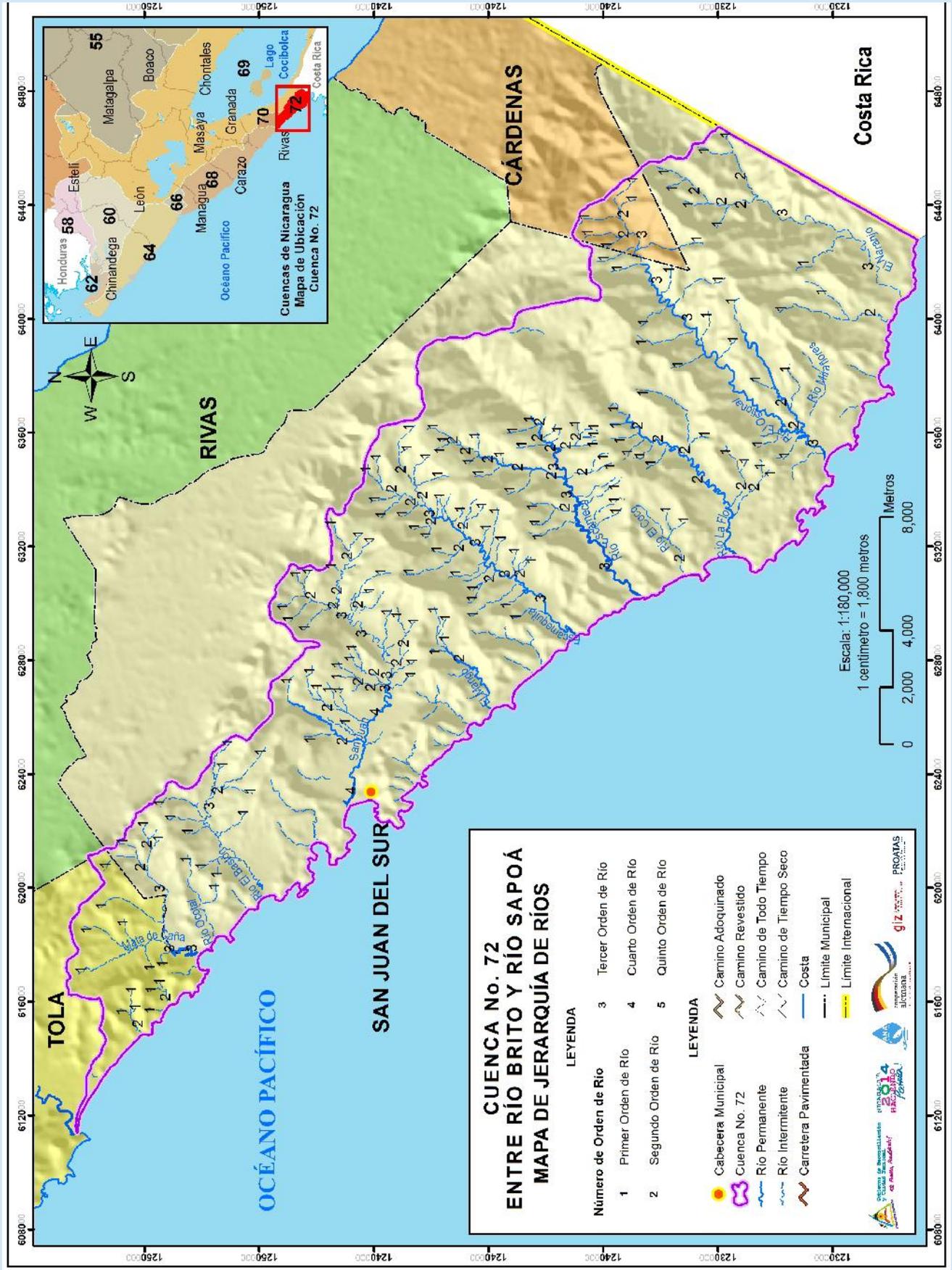
Una de las características físicas de la cuenca en su conjunto, es la densidad de drenaje, la cual corresponde al 1.2 km de cauce por cada km². Aunque este valor es considerado alto en correspondencia con el área total de la cuenca que es de 324.13 km², la corta trayectoria de los ríos principales que se ubica en el rango de los 7 a los 19 km, y principalmente las pendientes bajas, hacen que esta cuenca posea un número de orden de río muy bajo prevaleciendo el número de orden entre 2 y 3 (**fotos 2 y 3**). Estos tipo de órdenes de ríos indican una red de drenaje muy pobre; lo cual conjugado con el tipo de ríos cuyas aguas escurren solamente en período de lluvia colocan a esta cuenca como una baja productora de agua a nivel superficial y desde luego baja recarga de agua subterránea.



Foto 2 y 3 Parte media de la subcuenca San Juan del Sur, río San Juan del Sur

El **mapa No. 13**, muestra la distribución del drenaje y orden hidrológico de los ríos de acuerdo con la clasificación "Strahler" (Strahler (1952, 1957)). Según el mapa el orden de predominancia es 1, sin embargo como se ha mencionado anteriormente los ríos más importantes según su densidad y tamaño corresponde al orden 2 y 3.

Mapa 13 Jerarquía de ríos



3.2. Estado actual cualitativo y cuantitativo

3.2.1. Estado actual cuantitativo

Respecto al comportamiento de los caudales de los ríos principales, resulta difícil obtener un dato concluyente de los mismos; esto se debe a la falta de registro o monitoreo consecutivo de esta variable. A partir de la poca información disponible a través de los aforos puntuales realizados por el CIRA en 2007/08, entre los meses de agosto a diciembre, se puede observar un comportamiento de caudal con tendencia similar. En total se hicieron 10 mediciones y los sitios de medición (3 por subcuenca) estuvieron ubicados en la subcuenca El Bastón, La Flor y Ostional (ver **gráfico 7**). Las mediciones son interpretadas utilizando gráficas de Q (m³/s) versus t (meses), en la **gráfica 8** del aforo del río Ostional se distingue claramente la escorrentía superficial (septiembre hacia diciembre) del flujo base (diciembre hacia mayo).

Gráfico 7:

Datos de caudales medios determinados a partir de aforos puntuales en los ríos principales de la Cuenca No. 72 (CIRA, 2008)

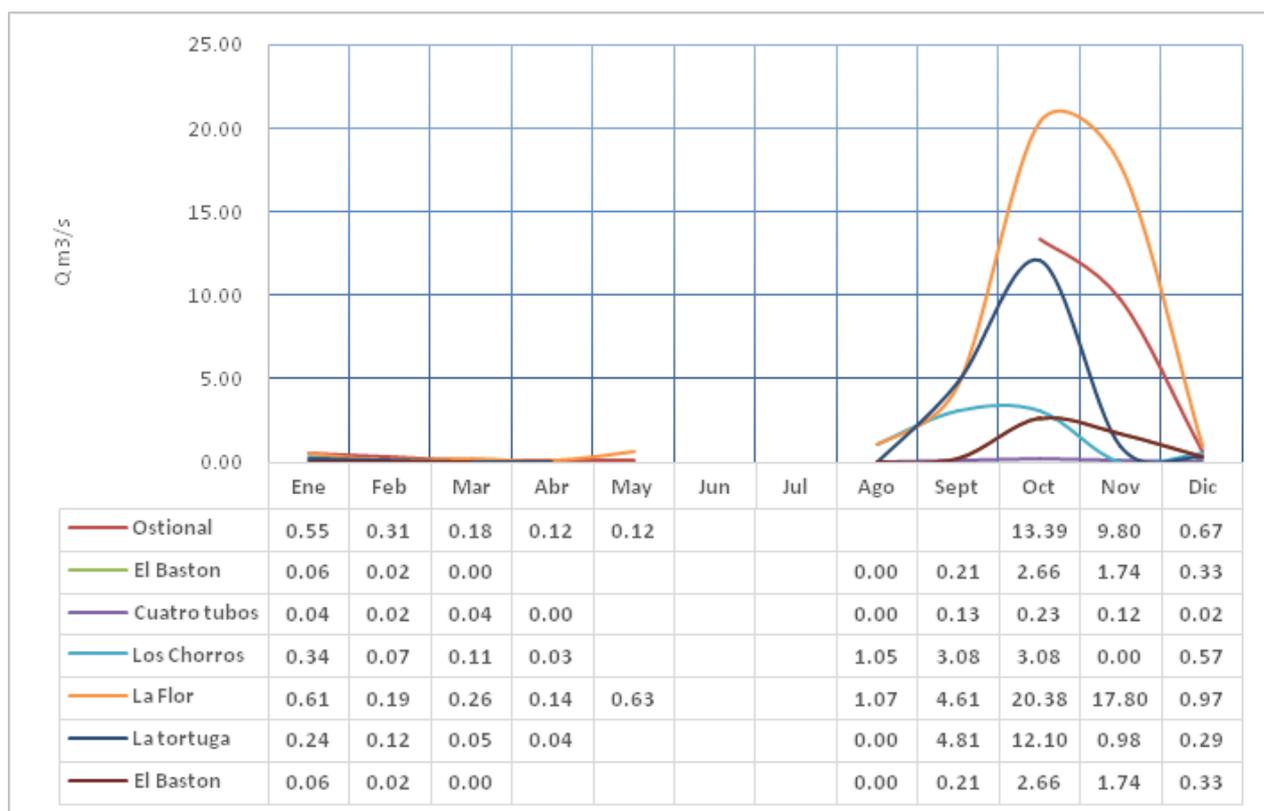
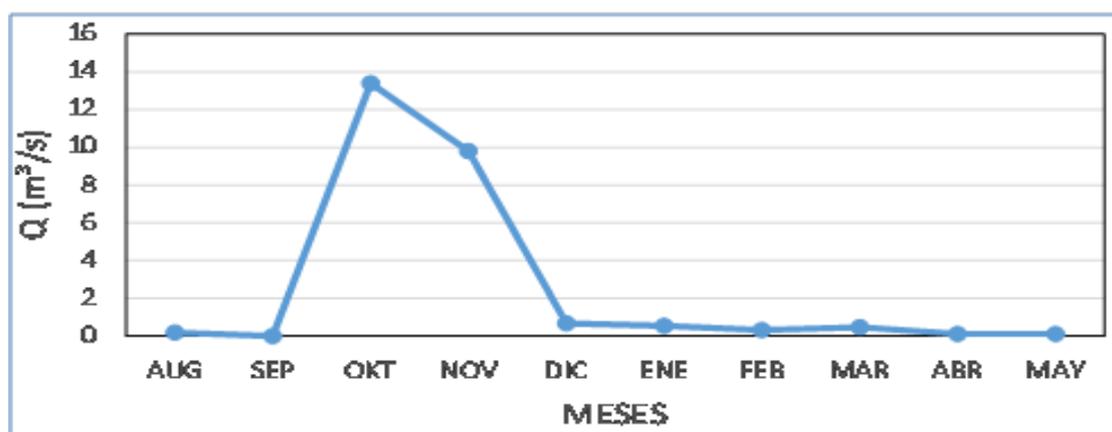


Gráfico 8:

Ejemplo de los aforos en río Ostional, (año 2007/08)



En la **tabla 4** se muestran resumen de los resultados de los aforos medidos en el estudio de CIRA-UNAN 2007/08. Las mediciones fueron realizadas durante un año muy lluvioso, con una precipitación de 2,079 mm, y gracias a esta abundancia de lluvias, produjeron valores de caudales altos. Estos valores también pueden estar influenciados por el tipo de medición realizada, si se realiza una sola medición en el mes durante un año lluvioso pueden generar una escorrentía no representativa de las subcuencas.

Tabla 4:

Resumen de resultados de los aforos medidos en el estudio CIRA UNAN 2007/2008

Sub-Cuenca (Total)	Sitio de aforo	Subcuenca (km ²)	Distancia Desembocadura (km)	Distancia Divisora (km)	Caudal promedio (m ³ /s)
Ostional	desembocadura	41.9	1	11	2.56
La Flor	desembocadura	34.3	1	11	4.66
El Bastón	desembocadura	17.6	0.5	5	0.5

Asimismo se obtuvieron datos de caudales medidos en la estación Brito en La Flor con datos del 2000 hasta 2014 con 5 series utilizables, específicamente: 2001/02; 2002/03; 2006/07; 2008/09; 2012/13 (**tabla No.5**). Cabe señalar que si bien, los datos fueron medidos en una estación de la Cuenca Río Brito, estos pueden ser utilizados para la Cuenca 72 debido a las características hídricas muy similares de ambas cuencas. Sin embargo no existen datos para el año 2007/08, por lo cual se utilizaron los datos

realizados por CIRA-UNAN.

El análisis del flujo base en la estación La Flor, Cuenca de río Brito alcanzan resultados coherentes y de buena calidad. Cuatro de los 5 resultados son del mismo orden de magnitud. Tres de estos 4 resultados se pueden relacionar con la precipitación anual en la estación de SJS y/o de Rivas. Así se tiene relación del caudal y precipitación para un año medio, un año seco y un año lluvioso, y para todos estos años se tiene un flujo base casi idéntico. Para la última serie de mediciones no tienen referencias de la precipitación. El área de influencia de la cuenca aguas arriba es de 247.7 km².

Tabla 5:
Mediciones de caudales líquidos en la estación Brito en La Flor (2007/2008)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000							0.828	0.826	S/D	S/D	S/D	S/D
2001	S/D	S/D		0.364	1.19	10.5	1.36	0.752	3.05	3.48	13.4	1.21
2002	1.03	0.925	0.887	0.880	30.6	3.40	1.86	0.855	54.1	4.73	2.28	1.60
2003	1.07	0.754	0.600	0.500	0.694	7.27	15.3		6.57	7.87	5.23	1.81
2004	1.05		S/D	0.321	2.43		2.31	2.41	2.00	4.21	3.52	
2005	0.920	0.712	0.566	0.465	1.53	7.96		1.54	70.9	278	S/D	S/D
2006	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.642	5.46	1.41	0.720	0.323
2007	0.265	0.251	0.257	0.237	0.752	1.18	0.433	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2008	S/D	S/D	S/D	S/D	0.356		S/D		S/D	S/D		1.58
2009	1.44	0.961	0.717	0.453	0.465	0.562	1.27	0.590	0.225	0.171	4.16	0.178
2010	0.200	0.100	0.100	0.100	0.200	1.20	1.9	74.2	19.3	12.4	S/D	S/D
2011	1.740	1.450	1.070	0.680	0.860	3.00	S/D	S/D	S/D	32.3	11.2	S/D
2012	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	1.55	0.69	1.88	0.433	0.262
2013	0.208	0.150	0.132	0.080	1.05	1.11	0.487	0.958	S/D	3.12	S/D	S/D
2014	0.198	S/D	0.087	0.053								

De acuerdo con las características de la cuenca 72, y sus correspondientes subcuencas, un caudal representativo para toda la unidad hidrográfica no ha

podido establecerse. Los caudales han sido medidos por subcuencas y los otros obtenidos a través de la estación de río Brito. Tomando en cuenta las cinco series de años (arriba mencionados) se pueden estimar un caudal promedio anual de 4.73 m³/s.

Después de realizado un análisis detallado del comportamiento de la precipitación a través de medias móviles⁴ para 47, 11 y 3 años, se seleccionaron 9 años con precipitaciones representativa dentro de la cuenca (1971, 1972, 1975, 1977, 1984, 1994, 1996, 2001, y 2002). En consecuencia, se puede estimar que para un año medio (1323 mm), la escorrentía corresponde a 322 mm equivalente a 27% de la precipitación total; para un año seco (1072) la escorrentía sería 97.5 mm (9% de la precipitación) y para un año lluvioso (1638 mm) varía en 603.9 mm (37% de la precipitación).

Se necesitan mucho más mediciones para llegar a informaciones válidas y consistentes. El mejor procedimiento para lograrlo sería lo que se hace en países con monitoreo hidrológico desarrollado: la medición de la escorrentía superficial a base de mediciones diarias - incluyendo el flujo base y de ahí la determinación fácil de la infiltración (ver capítulo 6).

-  ***De acuerdo con las características de la Cuenca 72, y sus correspondientes subcuencas, un caudal representativo para toda la unidad hidrográfica no ha podido establecerse.***
-  ***Tomando en cuenta las cinco series de años se pueden estimar un caudal promedio anual de 4.73 m³/s para el río Brito.***
-  ***Se puede estimar que para un año medio (1,323 mm) , la escorrentía corresponde a 322 mm equivalente a 27% de la precipitación; para un año seco (1,072) la escorrentía sería 97.5 mm (9%) y para un año lluvioso (1,638 mm) varía en 603.9 mm (37%).***

⁴ Se utilizan los promedios móviles (medias móviles) como una manera de disminuir la variación de los datos, eliminando su efecto aleatorio. Estos promedios se mueven a través del tiempo dejando ver sus tendencias (Araya, 2003).

3.2.2 Estado actual cualitativo de las aguas superficiales y sus fuentes de contaminación

El análisis cualitativo de las aguas superficiales se realizó en dos diferentes períodos. El primero fue realizado por el laboratorio CIRA-UNAN⁵ en 14 sitios en el mes de noviembre del 2012. Posteriormente el laboratorio PIENSA⁶-UNI hizo un segundo muestreo en noviembre del 2013 en los mismos 14 puntos, además de un sitio adicional sumando en total 15 sitios. Las dos campañas de muestreos fueron levantadas en diferentes fechas con el objetivo de determinar posibles cambios químicos en las aguas superficiales durante un ciclo hídrico.

En todos los sitios, se tomaron muestras para análisis de diferentes parámetros químicos (**foto 4 y 5**). En estas dos campañas, para todos los sitios muestreados se realizó análisis físicos-químicos, a través de los cuales se determinó la línea base de parámetros como: nitritos, nitratos, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (SDT) y turbidez (**ver anexos 2.1 y 2.2**). También, se analizaron las cargas bacteriológicas para cada muestra, así como demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO). Para el análisis de contaminantes orgánicos e inorgánicos: en el primer muestreo se realizaron 7 sitios para análisis de plaguicidas organoclorados, organofosforados e hidrocarburos, además



Foto 4: Izquierda. río El Naranjo, medición de parámetros de campo. Foto 5: Derecha Puente Ostional, toma de muestras para análisis físico químicos (Créditos fotos CIRA-UNAN).

⁵ Centro de Investigaciones de Recursos Acuáticos, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

⁶ Programa de Investigación Estudios Nacionales y Servicios Ambientales, Universidad Nacional de Ingeniería.

de 5 sitios para análisis de metales pesados. Posteriormente, en el segundo muestreo sólo se analizaron contaminantes de hidrocarburos en 2 sitios, con el objetivo de complementar el primer muestreo.

Para la interpretación de los análisis bacteriológicos se utilizó una clasificación basada en 4 tipos de calidad de agua de acuerdo a los grados de contaminación encontrados. Esta clasificación fue utilizada para el análisis de los recursos hídricos en otros países tales como México e incluido en el "Diagnóstico Hídrico de las Américas" (FCCyT⁷, 2012).

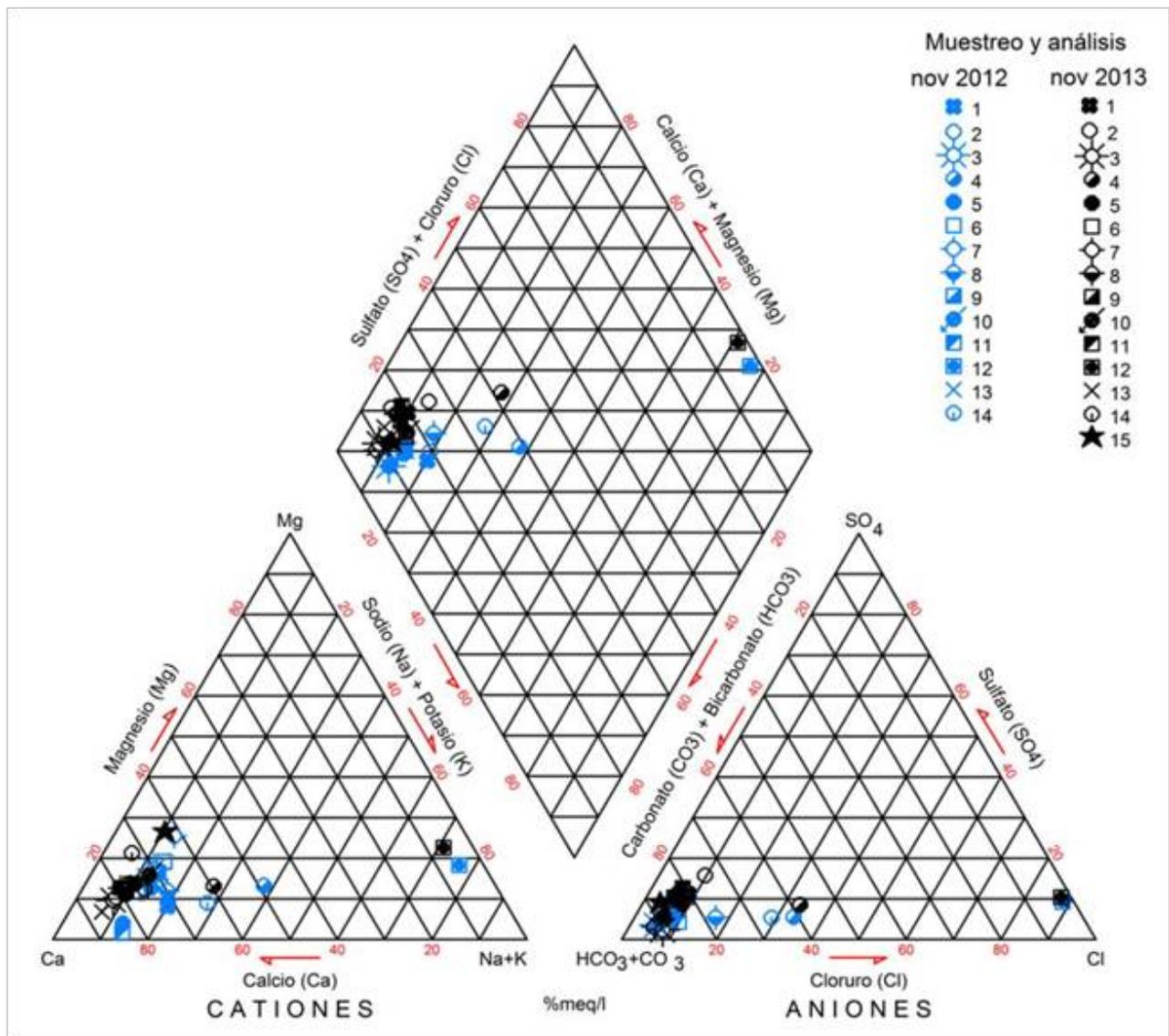
3.2.2.1 Análisis físico-químicos

3.2.2.1.1 Carácter hidroquímico del agua superficial

Se determinó el perfil hidroquímico de las aguas a través del contenido de los iones mayores disueltos en el agua (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , Cl^{-} , NO_3^{-} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^{-}). El diagrama muestra la composición química de las aguas superficiales en la Cuenca 72, la cual consiste en el tipo bicarbonatada-cálcica-magnésica, correspondiente a aguas de ciclo corto (**fig. 7**). Los resultados completos de todos los análisis físicos-químicos realizados en esta cuenca se muestran en **anexo 2.1 y 2.2**.

⁷ Foro Consultivo Científico y Tecnológico

Figura 7:
Diagrama Piper de las aguas superficiales de la Cuenca 72



3.2.2.1.2 Parámetros físico-químicos

El análisis de los parámetros físico-químicos de las aguas superficiales proporciona información sobre la calidad química natural de las aguas. Estos análisis también se realizan para determinar algunos valores importantes de potabilidad de las aguas basados en parámetros tal como: Conductividad Eléctrica (CE), Potencial de Hidrógeno (pH), Sólidos Disueltos Totales (SDT) y Turbidez.

Los resultados de los análisis físico químicos para la mayoría de los puntos muestran aguas con elevada conductividad eléctrica, que cumplen con las normas CAPRE en cuanto a dureza, y aguas que se clasifican como duras o muy duras según la OMS, predominando la dureza temporal para la mayoría de los casos por sobre la dureza permanente. En la mayoría de los puntos muestreados se observa una elevada turbiedad y color verdadero.

Los resultados de estos parámetros muestran valores dentro de los rangos permisibles, los valores de pH no mostraron cambios significativos entre los dos períodos de medición 7.72 y 8.41 en noviembre 2012 y para noviembre 2013 entre 7.98 y 8.40, los cuales pueden interpretarse como valores normales de pH de aguas cerca del mar. La conductividad eléctrica reflejó valores entre 405 y 33700 ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) para el primer muestreo y valores entre 331- 17,950 ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) para el segundo muestreo. La mayoría de sitios muestreados tiene altos valores de conductividad debido a la cercanía con el mar. Los valores más altos de dicho parámetro corresponden al estero de San Juan del Sur con casi 70 veces más de lo permitido (33,700 $\mu\text{S}/\text{cm}$) de acuerdo a la norma CAPRE⁸ (**ver anexo 2.2**). Cabe esperar una elevada conductividad eléctrica en estas aguas por la presencia de los remolinos que se forman con las aguas del océano, sin embargo estos elevados valores pueden también indicar que la contaminación antropogénica en el sitio es de gran magnitud. Esto último está estrechamente correlacionado con los elevados valores de los diferentes iones analizados como: sodio, potasio, sulfatos, cloruros, entre otros

Los resultados de sólidos disueltos totales son altos para el estero de San Juan del Sur (12,045 mg/L). El hecho que los sólidos disueltos sean extremadamente elevados y están más de 13 veces por encima del límite permitido por la norma, indica que el color observado en agua se debe fundamentalmente a la actividad antropogénica en el lugar.

Los porcentajes de salinidad según los resultados varían de 0.13 a 21.10, con el valor más alto en el estero San Juan del Sur. La mayoría de los ríos con agua dulce y sus valores menores son a 0.5%, pero el estero de SJS corresponde a agua de salobre. El estero San Juan del Sur tiene altos valores de cloruros (6,814 mg/L) y sodio (3,730 mg/L) y dureza total (2,534 mg/L), que son indicadores de agua salobre.

⁸ CAPRE= Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana.

3.2.2.1.3 Demanda bioquímica de oxígeno:

Parte de la interpretación realizada por PIENSA UNI refiere que los altos valores de DQO y bajos valores de DBO, podrían estar indicando que en mayor cuantía la naturaleza de los residuales que están entrando al estero son de naturaleza química y por ende son químicamente degradables por oxidación; en menor cuantía la materia orgánica presente es de naturaleza biodegradable.

En este punto de muestreo de San Juan del Sur se obtuvo un alto valor de demanda química de oxígeno (135.22 mg/L) y un bajo valor de demanda bioquímica de oxígeno (1.60 mg/L). Estos valores están en estrecha correspondencia con los elevados valores encontrados para cloruros, sulfatos, calcio, magnesio y sodio entre otros; esto explica el elevado valor que se reporta para la demanda química de oxígeno. El bajo valor de demanda bioquímica de oxígeno, por el contrario, es un indicativo de que existe muy poca materia orgánica que sea biológicamente biodegradable. Cabe destacar que la norma CAPRE no establece límites para estos parámetros.

3.2.2.2 Análisis bacteriológicos

Como indicadores microbiológicos se realizaron análisis de coliformes totales, coliformes termotolerantes (también conocidos como coliformes fecales) y *Escherichia coli*. Para efectos del diagnóstico se describió la calidad microbiológica basada en los coliformes totales (**mapas 14 y 15**). Los resultados de los otros indicadores se muestran en (**anexo 2.3**).

Según los resultados del muestreo en noviembre 2013 se obtuvieron altos valores de contaminación de coliformes totales y coliformes termotolerantes para los dos muestreos realizados. Entre los sitios con mayor contaminación destacan: río El Naranjo (>16,000 NMP⁹ /100ml), Estero de Ostional (>16,000 NMP/100ml), Puente Ostional (>16,000 NMP/100ml), Río Comarca Tortuga (16,000 NMP/100ml), Puente La Flor (3,300 NMP/100 ml), Estero San Juan del Sur (11,000 NMP/100ml), río Comarca Miravalle (490 NMP/100 ml) y Puente San Juan del Sur (350,000 NMP/100ml). Los demás puntos no se exceptúan de contaminación conforme a la anterior conclusión, pero es menor que en estos puntos.

⁹ Números Más Probables

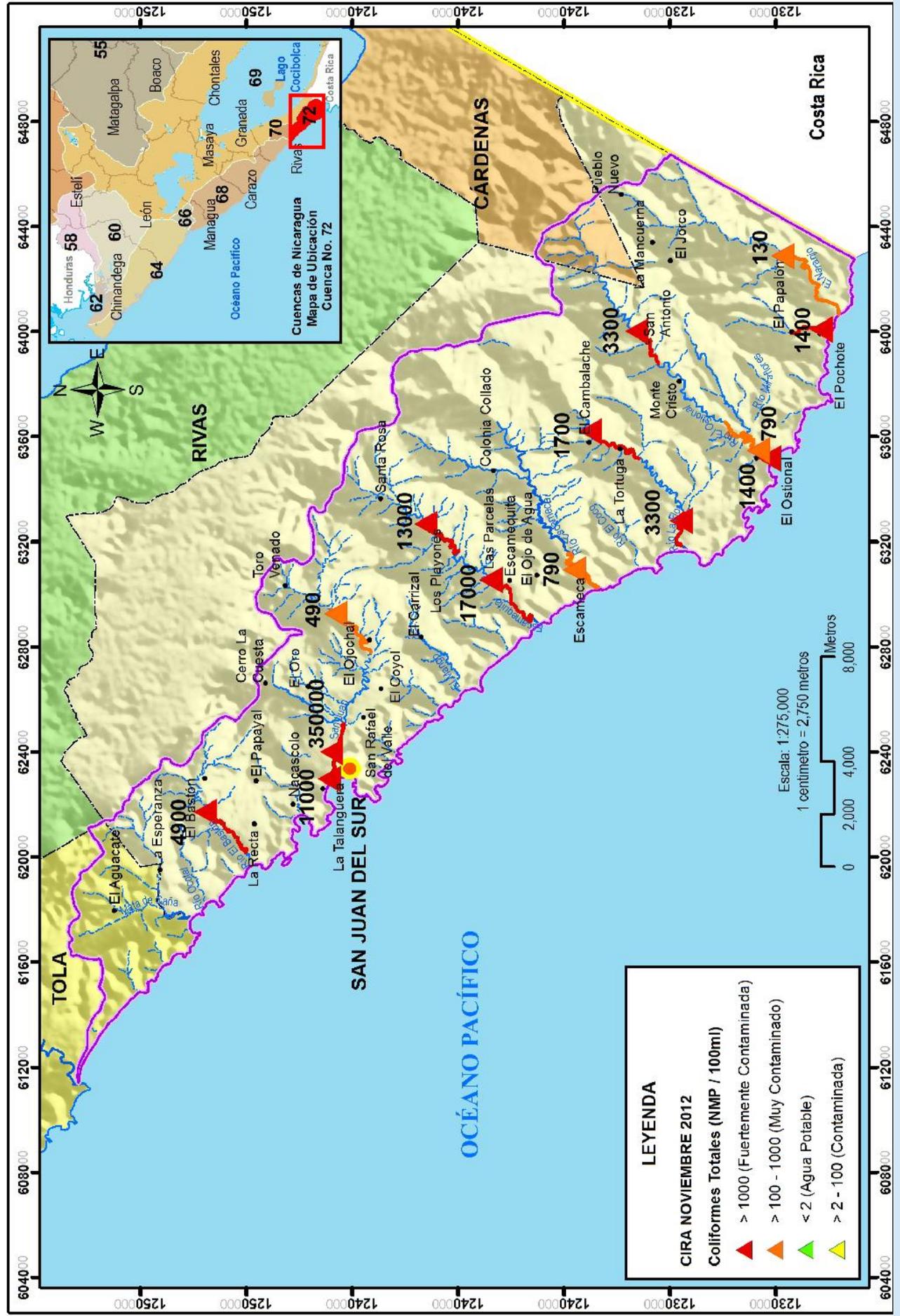
Se puede concluir que todos los puntos donde se tomó muestras están contaminados en mayor o menor grado con heces fecales de procedencia humana o animal y dada la cercanía poblacional a la mayoría de los sitios se sugiere como la principal fuente de contaminación. Los valores más altos fueron en los ríos: Escamequita, La Flor y en el Estero San Juan del Sur.

En ninguno de los puntos se logró detectar huevos de helmintos, ni Salmonella Sp, lo cual podría interpretarse como positivo, pero se debe tener mucho cuidado porque la contaminación fecal constante podría hacer que este sea un valor puntual válido para un momento determinado y puede cambiar en cualquier situación con resultados muy perjudiciales para la población que está en contacto con esas aguas.

3.2.2.3 Análisis orgánicos: plaguicidas organoclorados, plaguicidas organofosforados, hidrocarburos aromáticos policíclicos y bifenilos policlorados

En la **tabla 6** se presentan los resultados de las muestras químicas de 9 sitios para análisis de plaguicidas organoclorados y fosforados, bifenilos policlorados e hidrocarburos policíclicos. Siete muestras corresponden al muestreo de noviembre 2012 y dos muestras para 2013. Todos los resultados de los análisis demostraron valores no detectados.

Mapa 14: Calidad microbiológica de las aguas superficiales-2012



Mapa 15: Calidad microbiológica de las aguas superficiales 2013

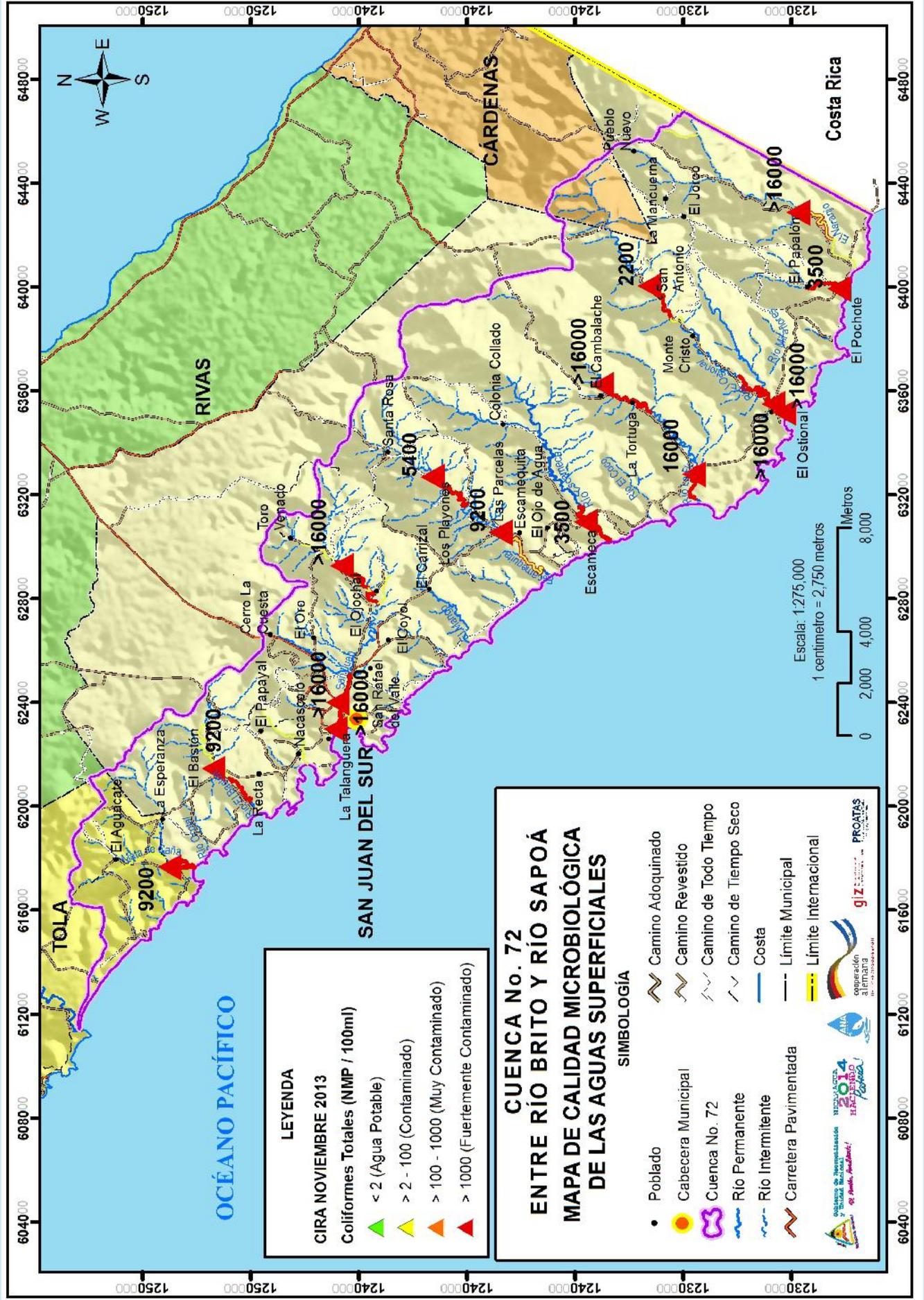


Tabla 6:
Resultados de contaminantes orgánicos de las aguas superficiales de la Cuenca 72

ID	ID LAB	X	Y	Fecha de muestreo	Plaguicidas Clorados (ng/l)	Plaguicidas fosforados (ng/l)	Bifenilos Policlorados (µg/l) PCB	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (ng/l) HAP's
4	CO-327	635200	1228247	28/11/2012	ND	ND	ND	ND
5	CO-325	635503	1228653	28/11/2012	ND	ND	ND	ND
8	CO-322	630960	1235620	28/11/2012	ND	ND	ND	ND
10	CO-323	630570	1238756	28/11/2012	ND	ND	ND	ND
12	CO-326	622988	1244879	28/11/2012	ND	ND	ND	ND
13	CO-324	629280	1244637	28/11/2012	ND	ND	ND	ND
14	CO-328	624012	1244787	28/11/2012	ND	ND	ND	ND
12	LA-1310-0737	642887	1227752	02/11/2013	NR	NR	ND	<0.00018
14	LA-1310-0739	639950	1226237	02/11/2013	NR	NR	ND	<0.00018
ND= Analizado, pero no detectado, NR= Análisis no realizado								

3.2.2.3 Análisis Inorgánicos: Metales Pesados

Se realizaron cinco análisis de contaminantes metálicos para la Cuenca 72, dentro de los que se incluyeron: arsénico, mercurio, plomo y cobre (**ver tabla 7**). Estos análisis se efectuaron con el propósito de comprobar la no existencia de metales pesados en la zona, a diferencia de la subcuenca Mayales en la Cuenca 72 no hay evidencias de alteraciones hidrotermales, ni actividad minera que provoquen presencia de metales pesados en las aguas superficiales. Como se muestra abajo en la tabla, todos los valores son menores al límite de detección según las normas CAPRE y OMS.

Tabla 7:

Resultados de contaminantes metálicos de las aguas superficiales de la Cuenca 72

ID	ID-LAB	X	Y	Fecha	Arsénico1 (µg/L)	Mercurio1 (µg/L)	Plomo1 (µg/L)	Cobre2 (µg/L)
7	CM-765	632819	1231587	28/11/2012	<ld	0.39	<ld	<ld
8	CM-762	630960	1235620	29/11/2012	<ld	0.19	<ld	<ld
10	CM-763	630570	1238756	30/11/2012	<ld	0.25	<ld	<ld
12	CM-764	622988	1244879	01/12/2012	<ld	0.39	<ld	<ld
14	CM-767	624012	1244787	02/12/2012	<ld	0.48	<ld	<ld
Todos los análisis están medidos en (ug.l-1)								
<ld= menor al límite de detección					1 El Valor Límite según la norma CAPRE y OMS: 10µg/L			
					2 El Valor Límite según la norma OMS: 20µg/L			

-  *La mayoría de los ríos tienen agua dulce, sin embargo el estero San Juan del Sur presentó altos valores de salinidad, cloruros, sodio y dureza total, que son indicadores de agua salobre.*
-  *Al igual que en la Subcuenca Mayales, actualmente la mayoría de las aguas superficiales de la Cuenca 72 no tienen la calidad deseada y necesitan tratamiento para ser usadas como agua potable.*
-  *Las contaminaciones son exclusivamente de origen bacteriológicas provocadas por coliformes totales y fecales que en la mayoría de los sitios fueron comprobadas en altas concentraciones.*

3.3. Monitoreo de las aguas superficiales

En la Cuenca 72, el monitoreo de la calidad y cantidad de los ríos como un proceso rutinario, previo a la elaboración del plan de GIRH de la Cuenca 72, no ha sido constante. El monitoreo de calidad de los ríos en la cuenca es prácticamente nulo, ya que no existen períodos de monitoreo continuo en dicha área que permitan realizar comparaciones con la línea base de calidad levantada en este estudio.

CIRA (2008) realizó un muestreo químico puntual durante este mismo año, en 3 puntos de agua superficial. Respecto al monitoreo de la cantidad de las superficiales de la cuenca, sólo existen los datos de aforos mensuales durante un año que realizó CIRA en 2008.

También existen datos de precipitación registrados por 5 estaciones pluviométricas: Estación de Tola, Rivas, San Juan del Sur, Ostional y la Virgen, dentro de las cuales la estaciones de San Juan del Sur y Ostional cuentan con 41 años de registro (**ver sección 2.1 y anexo 1.1**).

Como parte de la implementación del plan de GIRH de la Cuenca 72, se ha venido trabajando de forma paralela en algunas medidas prioritarias contenidas en dicho plan. Una de las medidas más importantes es la instalación de la red de monitoreo de los recursos hídricos de agua superficial y subterránea. La red de monitoreo de aguas superficiales en la Cuenca 72 comprendió la instalación de 5 estaciones pluviométricas: 4 en San Juan del Sur (comarcas de San Antonio, Ojochal y Collado; y Campo de pozos ENACAL, alcaldía San Juan del Sur) y 1 en Tola (Aguacate) (**Ver foto 6 y 7**). También se instalaron 3 estaciones limnimétricas (en río San Juan del Sur, río Ostional y río Escamequita). El funcionamiento de la red de monitoreo es a través de una estrategia ya consensuada con cada una de las alcaldías de la cuenca y cuya implementación será supervisada por el comité de cuenca. La lectura de datos de todas las estaciones de medición se hará en coordinación con las unidades ambientales y unidades de agua y saneamiento de dichas alcaldías.



Foto 6: Descripción de izquierda a derecha: (i) Técnico municipal de San Juan del Sur, Delegado de la ANA Cuenca 72, Asesor GIZ, Técnico de INETER. Foto 7: (d) Proceso de capacitación a comunitarias (os) de San Juan del Sur en la lectura de los pluviómetros.

- 🔹 *El monitoreo en calidad y cantidad de las aguas superficiales fue identificado como una medida prioritaria dentro del PGIRH de la cuenca 72.*
- 🔹 *La red de monitoreo de aguas superficiales está constituida por 5 estaciones pluviométricas y 3 estaciones limnimétricas.*

4 Agua subterránea

4.1. Acuíferos y su potencial

La información sobre el agua subterránea en la Cuenca 72 se recopiló de fuentes diversas. En el área de estudio se han realizado muy pocos estudios, uno de los más reciente fue en 2008 llevado a cabo por CIRA donde se midió el nivel de agua subterránea de 38 pozos, dentro de este mismo estudio se menciona un registro histórico de INETER (1968-1978) con un poco menos de 60 sitios. También se cuenta con los datos generados a partir de la actualización de línea base de datos hídricos 2013-2014 (ver descripción detallada en Sección 4.1.1).

De manera general se cuenta con información hidrogeológica referida al nivel estático del agua (NEA), el espesor de agua, la extracción (para los 9 pozos de ENACAL), pero casi ninguna información sobre la litología de los acuíferos (4 pozos con datos litológicos) y sobre su conductividad hidráulica (1 prueba de bombeo). Como consecuencia de falta de monitoreo continuo, tampoco hay datos sobre la variación del nivel estático, o sobre el nivel dinámico y en consecuencia sobre capacidad específica de los acuíferos.

Los acuíferos son libres, o no confinados, es decir, que el nivel estático medido en un pozo equivale al nivel de agua en el acuífero. La recarga es directa, por infiltración vertical de las lluvias en el suelo, y puede ser lateral también, por alimentación a lo largo de un cauce de agua.

La caracterización hidrogeológica de la cuenca ha sido definida mediante la delimitación de seis perfiles hidrogeológicos (**ver mapa 16**). Estos perfiles fueron trazados en base al inventario llevado a cabo en marzo 2013 para la ejecución de la línea base del diagnóstico. Cabe mencionar que durante este reconocimiento se lograron medir los datos de aproximadamente 40 pozos.

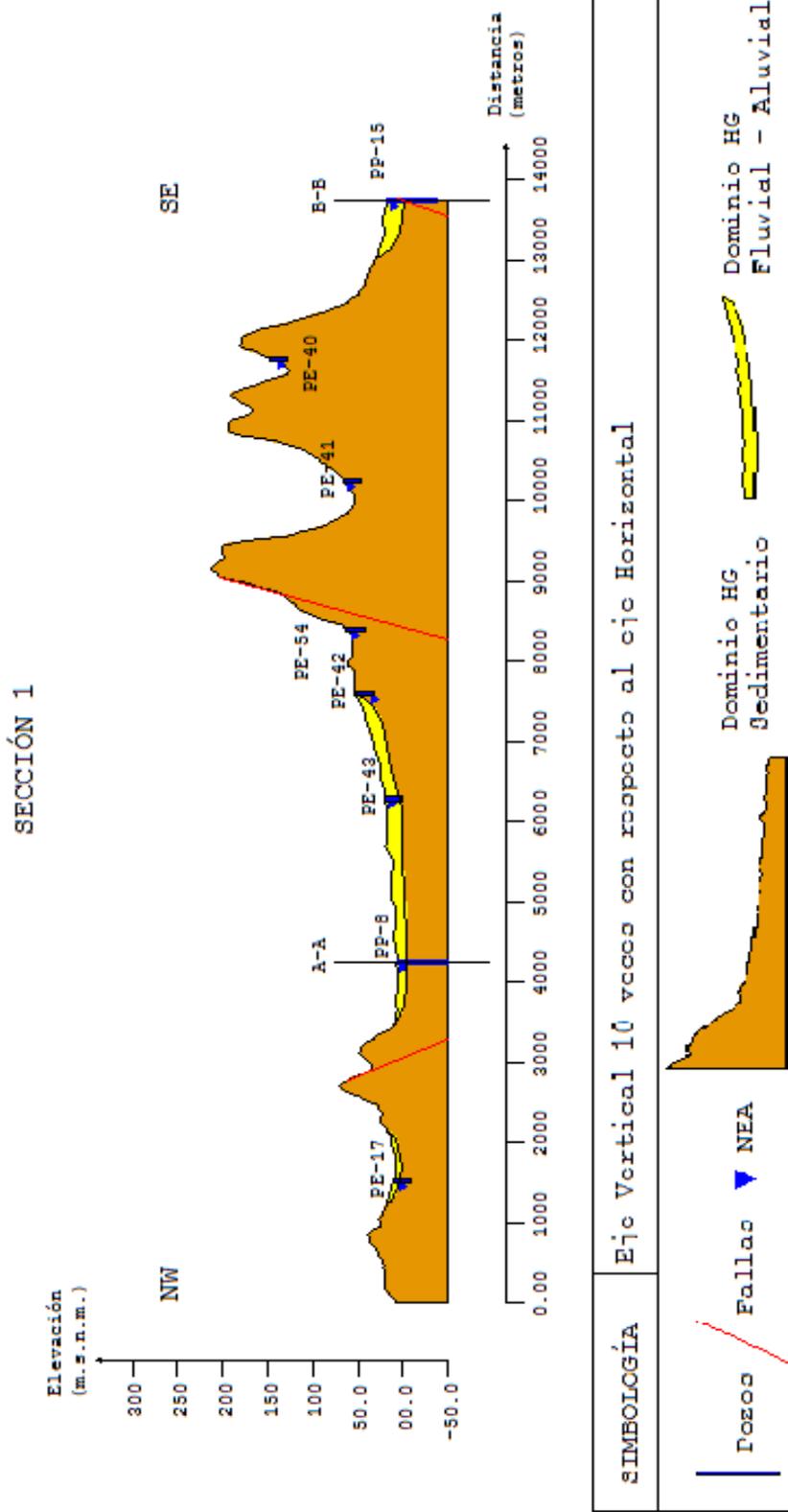


Figura 8: Perfil hidrogeológico transversal 1 -1

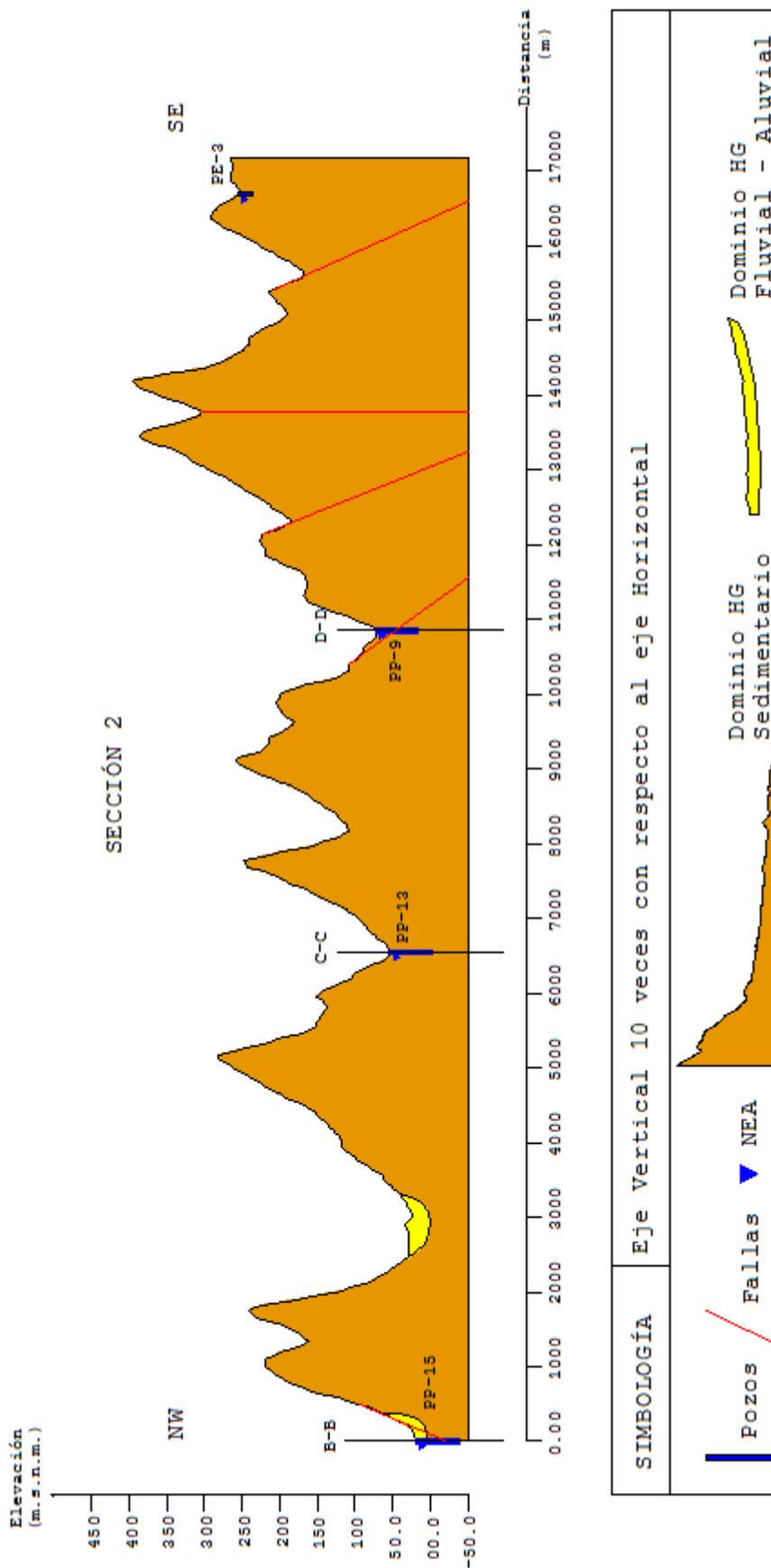


Figura 9: Perfil hidrogeológico transversal 2-2

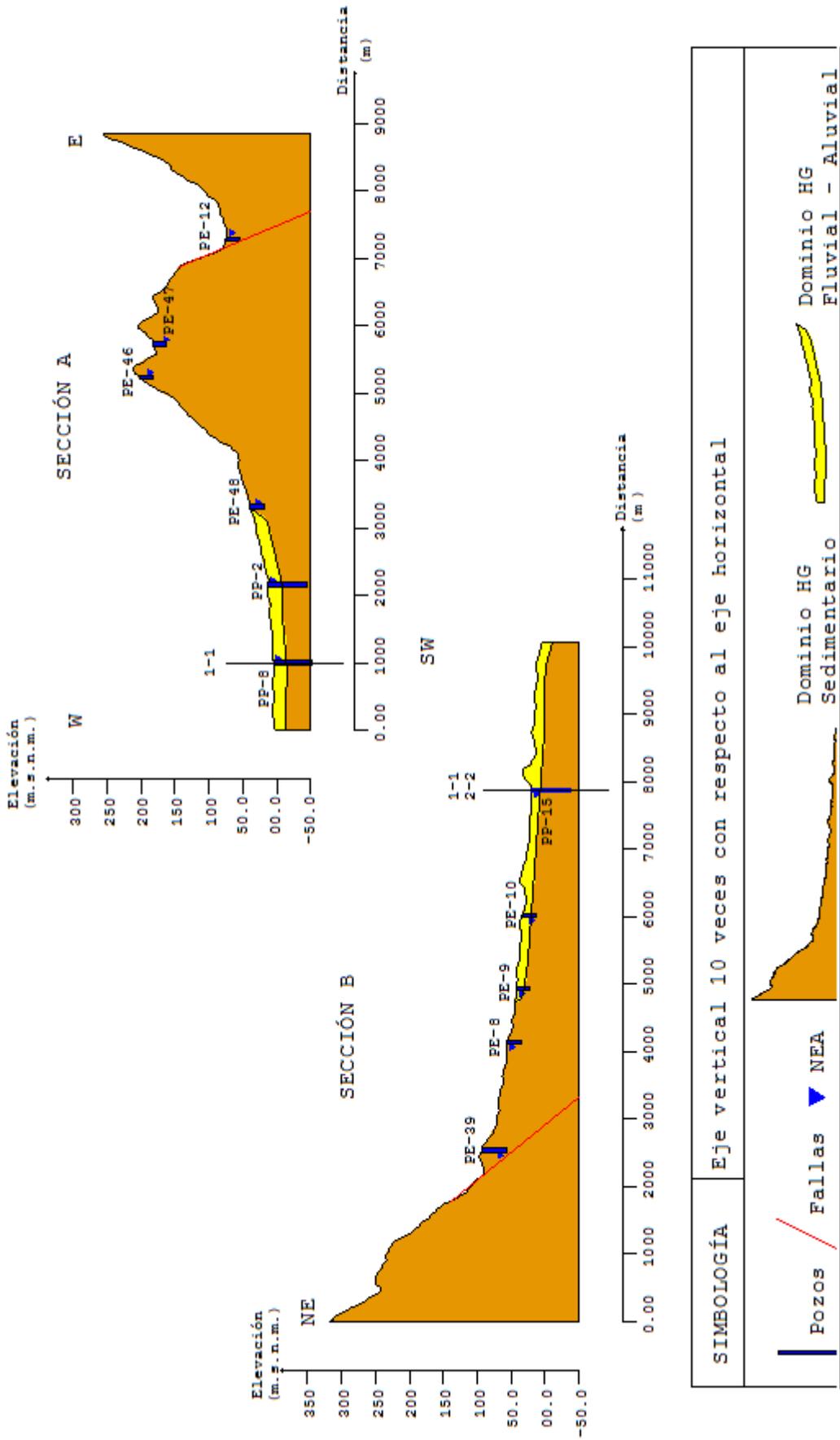


Figura 10: Perfiles hidrogeológicos longitudinales A y B

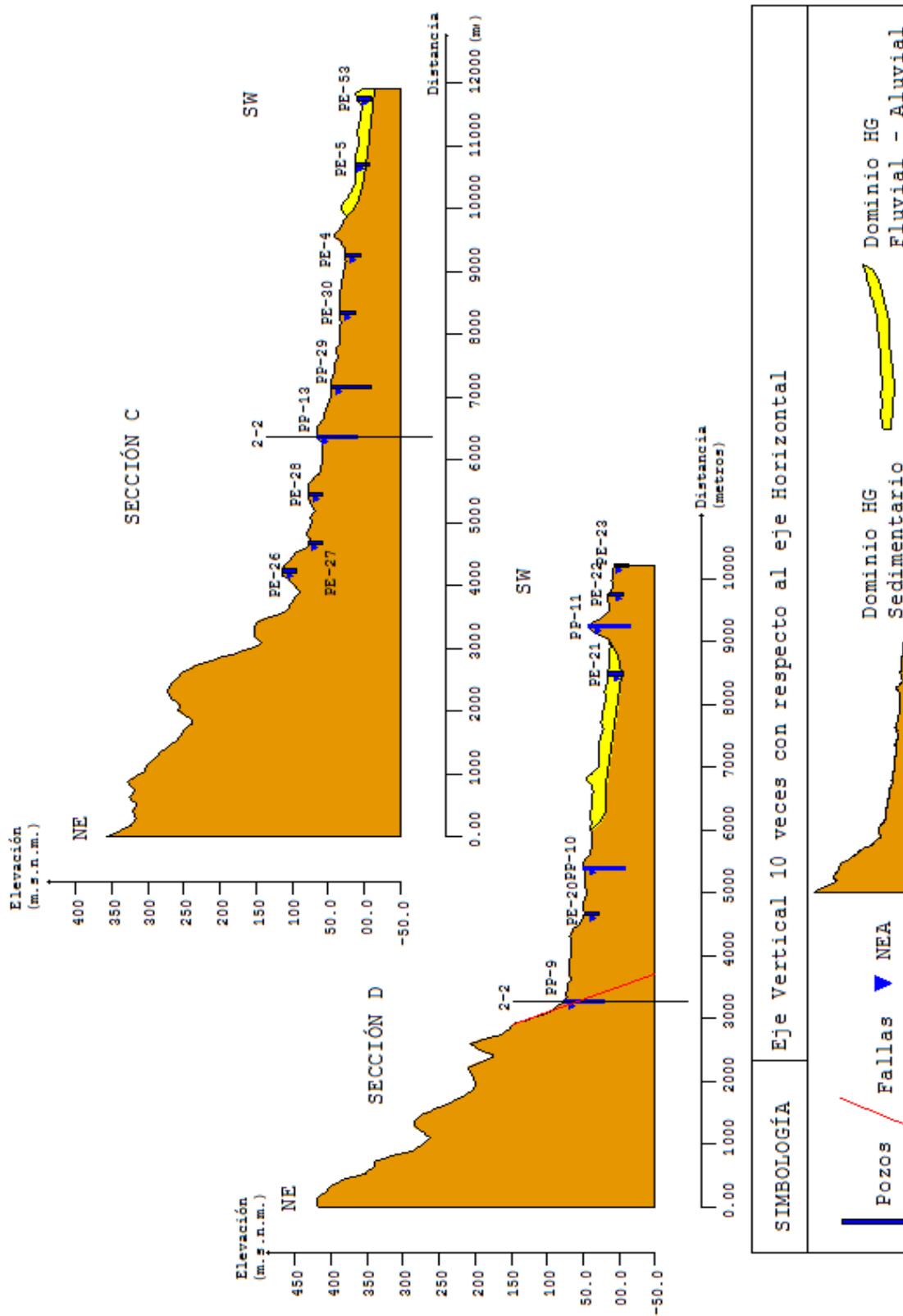


Figura 11: Perfiles hidrogeológicos longitudinales C y D

Asimismo los perfiles incluyen los sitios de medición de niveles de aguas subterráneas que forman parte de la red de monitoreo de la cuenca (Ver sección descrita con mayor detalle en monitoreo de agua subterránea). Por lo tanto, dentro de la cuenca se han categorizado dos dominios hidrogeológicos: fluvial - aluvial y sedimentario (**mapa 16 y figuras 8, 9, 10 y 11**).

4.1.1. Dominio hidrogeológico fluvial/aluvial

El dominio hidrogeológico fluvial - aluvial se encuentra constituido por sedimentos sueltos del Cuaternario que presentan un alto porcentaje de arcilla y limos formando una matriz poco permeable de las rocas. Estos depósitos han sido originados por la meteorización de las capas de la Formación Brito (Teb), y fueron transportados a lo largo de los ríos depositados en forma de terrazas fluviales. Por tal motivo es que este dominio se encuentra acompañando a los arroyos y ríos de las subcuencas, localizados principalmente en la parte baja de las subcuencas, sobre todo en la subcuenca de San Juan del Sur (**mapa 16 y figuras 7 y 10**) y en menor medida en las subcuencas de "La Flor", "río Brito", "El Bastón" y "río Escamequita" (**mapa 16, figuras 10 y 11**). La acumulación de este material formó acuíferos locales, que permiten la explotación de agua subterránea por pozos perforados. El espesor máximo encontrado de estos sedimentos fue 16.50m en el pozo No 12 de ENACAL (Campo de pozos ENACAL, San Juan del Sur).

En julio 2013 cuando el acueducto de San Juan del Sur tuvo una avería, el suministro de agua del lago de Cocibolca a San Juan fue interrumpido. Hasta la reapertura en diciembre 2013, el campo de pozos fue la única fuente de abastecimiento de San Juan y en consecuencia muy demandado. Durante este tiempo el proyecto pudo ejecutar mediciones de conductividad, que mostraban un aumento de este valor registrado, sobre todo en los pozos próximos al río San Juan del Sur. Es muy probable que el aumento de la producción en este campo de pozos se traduzca en una intrusión marina al acuífero, que sería un indicador de que una explotación de este orden de magnitud excede el rendimiento seguro del acuífero.

De acuerdo al estudio llevado a cabo por el CIRA (2008), el Cuaternario ocupa un total de 24.7 km² en la Cuenca 72, con un máximo de 8 km² en la subcuenca de San Juan del Sur (**tabla 8**).

Tabla 8:

Extensión de las formaciones geológicas por subcuencas

Valle	Formación	Litología	Área Km ²
Mata de Caña	Qal	Arena, limo y Arcilla	2,82
Ocotal	Qal	Arena, limo y Arcilla	0,39
El Bastón	Qal	Arena, limo y Arcilla	1,47
Nacascolo	Qal	Arena, limo y Arcilla	0,36
San Juan del Sur	Qal	Arena, limo y Arcilla	7,92
Escamequita	Qal	Arena, limo y Arcilla	3,08
Escameca	Qal	Arena, limo y Arcilla	2,10
La Flor	Qal	Arena, limo y Arcilla	3,24
El Ostional	Qal	Arena, limo y Arcilla	2,80
El Naranjo	Qal	Arena, limo y Arcilla	0,48
Resto del Terreno	Teb	Lutitas y Areniscas	296,6

💧 *Los acuíferos de este dominio tienen una conductividad hidráulica favorable. Son los acuíferos más productivos de la cuenca y se encuentran en la parte baja de las subcuencas.*

💧 *Sus reservas son limitadas por el tamaño de los acuíferos. Solamente en las subcuencas más grandes se formaron acuíferos significativos de este dominio. En condiciones de sobre explotación este acuífero puede estar amenazado por intrusión de agua salada.*

4.1.2. Dominio hidrogeológico sedimentario

El dominio hidrogeológico sedimentario se encuentra conformado por las capas de la Formación Brito (Teb) que afloran en todo el territorio de la Cuenca 72. De acuerdo al estudio realizado por el CIRA (2008), estos depósitos comprenden alrededor de 296 km². Son formados por secuencias intercaladas de lutitas, y que generalmente desfavorecen la formación de acuíferos productivos. Sin embargo, se han encontrado pozos con agua no solamente en los valles, sino también en mesetas o valles intramontañas, es decir en todas las altitudes de la cuenca (**mapa 16 y figuras 8-10**).

Dichas lutitas están compuestas de areniscas arcillosas o arcillas arenosas de granulometría fina, estratificadas en bancos delgados con raras inclusiones de granos con granulometría más gruesa, tipo graucava. Esta

formación no favorece la infiltración de agua, ya que como roca tienen una permeabilidad primaria de casi cero. Su permeabilidad es secundaria y se debe a un esfuerzo tectónico intensivo, que ha formado un sistema denso de grietas y ha abierto juntas por el flujo de agua al largo de los bancos. Estas fracturas y fugas están abiertas y son susceptibles a la absorción de agua en una franja relativamente somera, más o menos idéntica a la profundidad de la zona de meteorización de las rocas.

Durante una visita de campo realizada en noviembre 2013 y después de una fuerte lluvia, se ha observado agua saliendo entre los juntas de los capas y de las numerosas grietas verticales o sub-verticales. Los suelos residuales que se forman sobre el Teb son mayormente compuestos de un limo nodular.

La mejor forma de explotar este tipo de acuífero es a través de pozos excavados, tienen diámetros relativamente grandes y no están profundos explotando la zona meteorizada y así pueden aprovechar las características favorables de estos acuíferos que son las brechas y fracturas. A diferencia, los pozos perforados son desventajosos porque sus pequeños diámetros no pueden explotar bien la conductividad limitada de esta formación geológica. Además son normalmente más profundos y llegan a las zonas menos fracturadas y meteorizadas y consecuentemente menos permeables.

El esquema de abajo (**figura 12**) muestra las ventajas de una intercepción horizontal de agua subterránea, sobre la vertical en un medio almacenador como el formado por el Teb. Como por ejemplo las imágenes muestran una galería / pozo horizontal y un río.

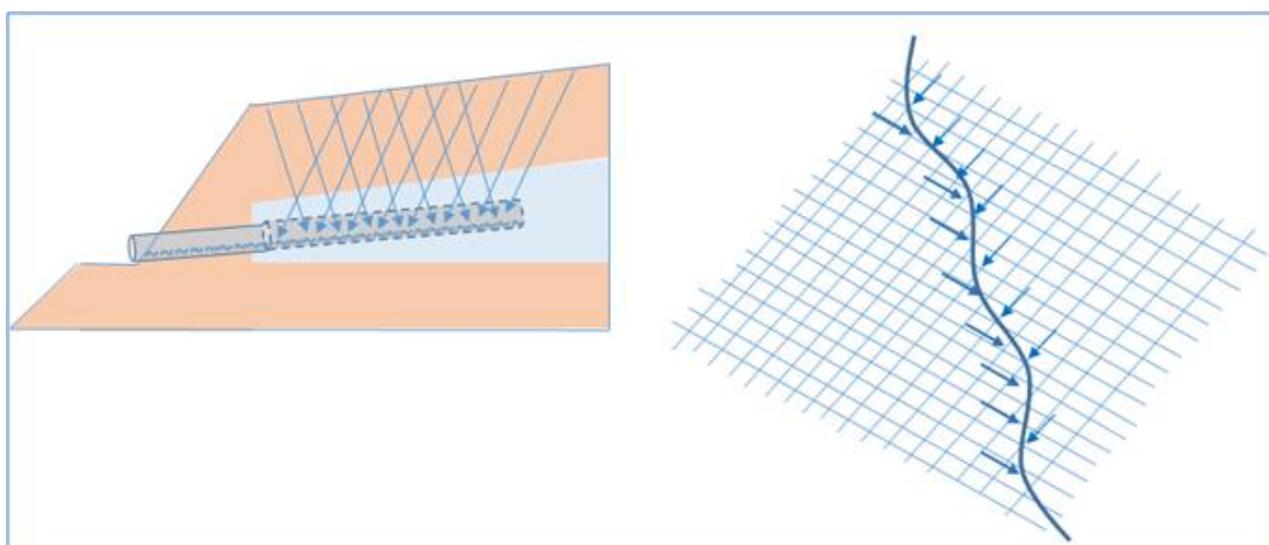


Figura 12: Esquema de intercepción horizontal de agua subterránea por medio de galerías o pozo horizontal (izquierda) y río interceptando un sistema de grietas (derecha).

La penetración vertical de este sistema no es favorable, pero la intercepción horizontal es totalmente diferente. Un río que drena en este tipo de sistema de grietas en una cuenca puede interceptar toda el agua almacenada en todas las grietas, porque el flujo de agua subterránea está dirigido en dirección al cauce del río, que constituye la base de drenaje. De esta manera se puede acumular recursos considerables.

La evaluación de los aforos del CIRA, del flujo base en el año lluvioso 2007/08 en la subcuenca de Ostional y La Flor dio como resultado un coeficiente de descarga de 4-5 ($l/s \text{ km}^2$). Para un río permanente este resultado se traduciría en una cuenca caudalosa con un acuífero potente. Sin embargo, la realidad es otra para la subcuenca de Ostional o de La Flor, ya que al calcular el coeficiente de descenso (α) se determinan resultados más apegados a la situación de la cuenca. Este coeficiente con un orden de magnitud de 0.25 - 0.30 indica que el caudal del río disminuye por 25-30% de un mes al otro. Su valor recíproco ($1/\alpha$) indica que el agua del río se infiltró en el acuífero apenas 3 meses antes. En conclusión, los recursos son "caudalosos" en un período de tiempo corto y por factores de rápido escurrimiento y altas tasas de evapotranspiración, estos recursos se desvanecen más rápido de lo que tardan en llegar.

A manera de conclusión se ha decidido describir el "dominio hidrogeológico de la Formación de Teb" como acuífero de recursos limitados. Se trata de un sistema de almacenamiento freático, idéntico a la zona de meteorización formado sobre el substrato (Teb) de permeabilidad primaria casi cero. La conductividad hidráulica es muy limitada y se debe a la fuerza tectónica que ha afectado la cuenca. La permeabilidad es secundaria y muy limitada, caracterizada por un flujo a través de fugas y grietas. La capacidad de almacenamiento por m^3 de roca es muy baja, pero sumándole 296 km^2 de superficie de la cuenca resulta en recursos considerables.

Las aguas subterráneas almacenadas en las rocas del Teb no se pueden movilizar por sistemas verticales tal como pozos perforados. De esta consideración resulta que el aprovechamiento de agua por perforaciones horizontales o galerías abiertas inclinadas, puede ser una opción interesante en la cuenca. De preferencia, el punto de partida de un pozo horizontal o de una galería tiene que ubicarse al pie de una vertiente abrupta, para interceptar un máximo de grietas y fallas verticales. Para ser explotable por pozos verticales, el agua subterránea tiene que encontrarse en un estrato almacenador con cierto espesor, con permeabilidad suficiente y alta posibilidad de movilización. Esta condición se cumple únicamente en la acumulación de sedimentos cuaternarios, descritos en el capítulo anterior.

💧 *Generalmente la productividad de este dominio hidrogeológico es baja especialmente si es explotado por pozos perforados. Su meteorización y sistema de brechas y fracturas favorece su explotación por pozos excavados y/o pozos perforados horizontalmente.*

4.2. Estado actual cuantitativo y cualitativo

4.2.1. Inventario de pozos

Como parte de la actualización de la línea base de la cantidad de los recursos hídricos en la dicha cuenca, se ejecutó en marzo 2013 un inventario de los pozos más representativos de la cuenca, se lograron medir 36 pozos entre excavados y perforados (**fotos 8 y 9**). Luego en junio 2014 se realizó una segunda campaña de medición de 15 pozos, estos últimos pozos fueron seleccionados para realizar mediciones continuas y forman parte de la red de monitoreo de agua subterránea que se ha establecido dentro de la Cuenca 72.



Foto 8: Izquierda, Técnico municipal de San Juan del Sur midiendo base de concreto de un pozo excavado. Foto 9: Derecha, Técnicos municipales de San Juan del Sur con el delegado de la ANA para la Cuenca 72 midiendo parámetros físico químicos en un pozo excavado.

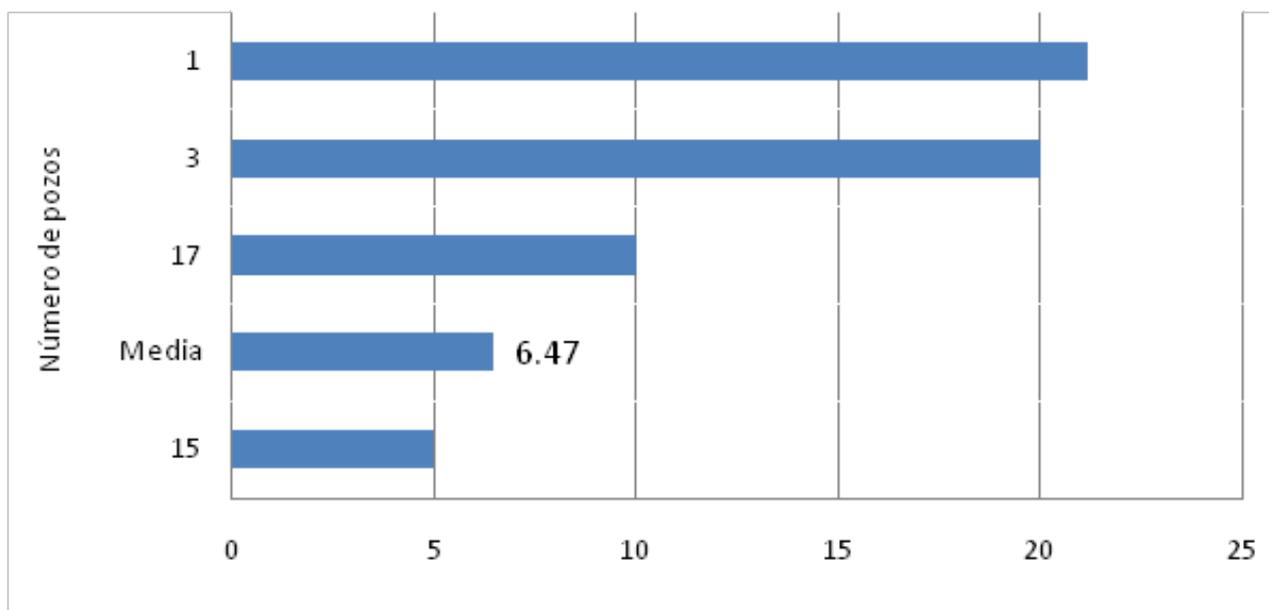
Cada pozo fue investigado y documentado de la siguiente manera:

- Tipo de pozo.
- Coordenadas.
- Nivel freático.
- Parámetros físico químicos in situ.

En las zonas media y baja, la profundidad del nivel del agua subterránea es menor a 10m. De todos los pozos medidos sólo un pozo localizado en el Ojochal tiene una profundidad mayor a 20m. Cabe señalar que la profundidad del agua se ve directamente influenciada por la profundidad que presentan los pozos; ya que los pozos excavados sólo extraen agua de los depósitos más superficiales mientras que los perforados penetran hasta los depósitos donde el acuífero se forma en un medio sedimentario.

La mayoría de los pozos tienen un nivel freático somero. La media de la muestra, de 36 pozos con datos, se sitúa a 6.47m bajo la superficie del terreno (**ver gráfico 9**). La mayoría de los pozos se encuentran próximos a un cauce de agua o ríos con el cual tienen contacto hidráulico (**ver mapa 16**).

Gráfico 9:
Distribución de nivel freático de las aguas subterráneas de la Cuenca 72



De acuerdo a los resultados del inventario de pozos realizados en los dos últimos años, el nivel del agua en metros sobre el nivel del mar en la Cuenca 72 tiene los siguientes valores: para la parte alta se encuentra localizado entre 100 y 200 msnm, parte media entre 50 y 100 msnm y para la parte baja los valores varían entre 5 y 50.

Así como en la subcuenca Mayales la falta de conexión hidráulica entre los acuíferos de los 2 dominios presentes en esta cuenca, impiden la elaboración de un mapa de superficies piezométricas respecto al nivel del mar.

4.2.2. Espesor de agua

Otra característica similar de la Cuenca 72 a la subcuenca Mayales es la columna de agua en los pozos, la cual es poco profunda, con un promedio de 4.57m para una cantidad de 31 pozos con datos. El escaso espesor de agua en los pozos es una de las razones porque muchos de ellos se escurren al finalizar la estación seca.

Estos pozos con pequeños espesores de agua son en su mayoría sistemas de suministro rurales que abastecen a familias o comunidades ubicadas dentro de las diferentes subcuencas.

En la cuenca también existen muchos pozos perforados con espesores de agua mayores, generalmente estos pozos pertenecen a la subcuenca de río San Juan del Sur, donde existen 14 pozos de ENACAL generalmente tiene un espesor de agua mayor, pero los datos son desconocidos.

4.2.3. Extracción

En la Cuenca 72, la extracción de agua se realiza de diferentes formas tanto para la parte urbana o rural. El casco urbano de San Juan del Sur dependía durante largos períodos de tiempo de la explotación de un campo de 7 pozos perforados, administrado por ENACAL. Los pozos son ubicados en una terraza fluvial, próximo a la desembocadura del río San Juan en el Océano Pacífico. Estos pozos tienen una capacidad máxima de explotación de alrededor 90,000 (m³/mes), volumen que desde hace tiempo no satisfacía la demanda de la municipalidad. Este volumen nunca pudo ser mantenido por tiempos largos, por problemas técnicos o averías de las bombas.

Una explotación de esta magnitud es probablemente más alta que el rendimiento seguro del acuífero, lo cual ya ha sido evidenciado en el aumento de la conductividad del agua en los pozos del campo de producción San Juan del Sur, lo cual pudiera traducirse en una intrusión de agua salada desde el mar al acuífero.

Para resolver este problema de abastecimiento en 2010, se realizó un proyecto de abastecimiento con obras de captación en el lago de Nicaragua, específicamente desde La Virgen con línea de conducción hasta la ciudad de San Juan del Sur. Sin embargo, el campo de pozos de la ciudad siempre sigue funcionando como pozos de reserva, cuando se presentan averías en la captación San Juan del Sur.

En la **tabla (9)** se muestran los datos de extracción de agua del campo de pozos de San Juan del Sur para los años 2010, 2012 y 2014 para la zona urbana del municipio. En el año 2010, la extracción era de 1.1 MMC/A y para el año 2012, subió a 1,22 MMC/A. En 2014 la extracción de los 6 pozos disminuyó considerablemente a 312,308m³, y la extracción 2014 de la captación proveniente del lago era de 1,83 MMC.

Tabla 9:

Datos de extracción de agua subterránea para San Juan del Sur

Municipio	Mes	Extracción de campo de pozos San Juan del Sur (m ³)		
		2010	2012	2014
San Juan del Sur	Enero	95,243	148,509	119,646.15
	Febrero	92,182	163,032	79,679.06.
	Marzo	100,575	140,192	6,023.16
	Abril	90,980	164,008	33,637.02
	Mayo	104,589	166,787	12,593
	Junio	94,880	149,503	3,933.8
	Julio	100,601	151,041	10,200.42
	Agosto	105,490	140,983	16,253.82
	Septiembre	98,770	0	14,887.11
	Octubre	92,825	0	9,208.93
	Noviembre	87,571	0	3,722.18
	Diciembre	94,814	0	2,523.09
TOTAL		1158,520	1224,055	312,308

En la zona rural, la extracción también se hace a través de pozos perforados y excavados. La mayoría de las comunidades tienen pozos excavados, sin embargo no existen datos oficiales de la cantidad de agua extraída para esta zona de la cuenca.

- 💧 *Similar a la subcuenca Mayales, la mayoría de pozos investigados explotan acuíferos someros. El promedio del nivel freático es 6.47 m bajo la superficie del terreno (49.38 msnm).*
- 💧 *La falta de conexiones hidráulicas entre los acuíferos de los diferentes dominios de cada subcuenca no permiten la elaboración de un mapa de superficie piezométrica representativo de toda la Cuenca (respecto al nivel del mar).*

4.2.4. Estado actual cualitativo de las aguas subterráneas y sus fuentes de contaminación

La determinación del estado actual cualitativo de las aguas subterráneas de la Cuenca 72 se basó en los resultados de los muestreos y correspondientes análisis químicos realizados y llevados a cabo por PIENSA-UNI en abril 2013 y por CIRA-UNAN en octubre del mismo año. Los parámetros físico-químicos más importantes para evaluar la calidad de las aguas de los pozos en la subcuenca fueron: nitritos, nitratos, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (SDT) y turbidez. En total para los dos períodos se realizaron análisis físico-químicos y bacteriológicos en 42 puntos de muestreo, con el propósito de evaluar el carácter hidroquímico y bacteriológico de la cuenca. Los contaminantes orgánicos y metálicos también fueron analizados en 5 y 3 sitios, respectivamente.

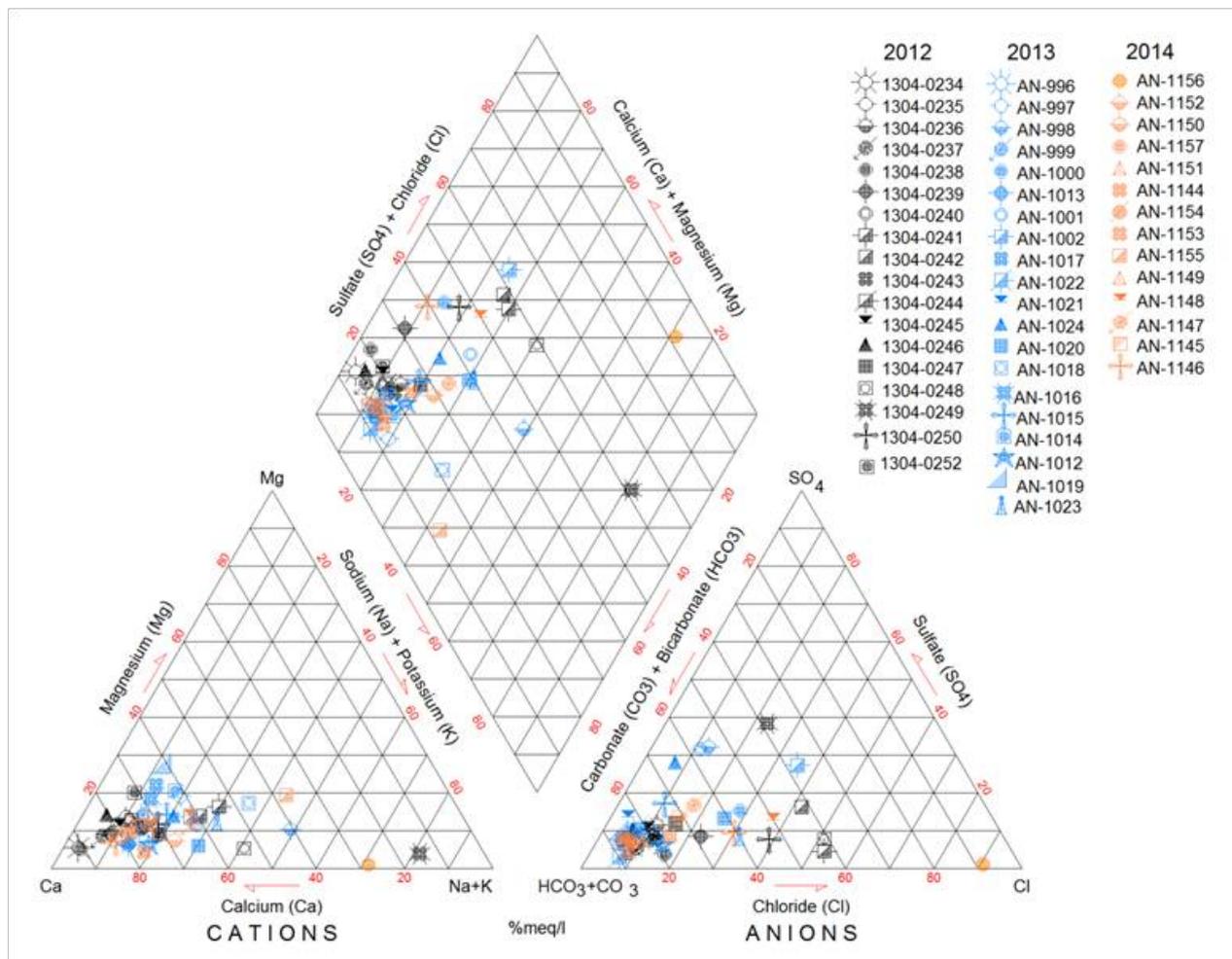
En esta sección también se describen los resultados de los análisis de 15 sitios de muestreo realizados a finales del 2014 como parte del monitoreo de calidad de agua realizado por las alcaldías de San Juan del Sur y de Tola.

4.2.4.1 Análisis Físico-químicos

4.2.4.1.1 Carácter hidroquímico del agua superficial

La composición hidroquímica del agua subterránea, de acuerdo a los resultados de los análisis de los muestreos realizados en abril y noviembre 2013, es mostrada en el siguiente diagrama (**ver diagrama 13**). Esta composición determina un carácter hidroquímico bicarbonatado-cálcico-magnésico.

Diagrama (13) de Piper de las aguas subterráneas de la Cuenca 72



4.2.4.1.2 Parámetros físico químicos

Los valores de temperatura para abril y noviembre de 2013 estuvieron en un rango de 25.4 a 31.4 °C. Las temperaturas más bajas fueron encontradas en la parte alta de la Cuenca (25.8 a 28°C) y valores altos de 30 y 31°C se encuentran en la parte baja, específicamente en el campo de pozos de ENACAL San Juan del Sur. Para 2014, los resultados de temperatura estuvieron en un rango de 26.6 a 29.5 °C.

Los resultados de turbidez de los 20 pozos muestreados en 2013 tienen valores variables de 0.6 a 26.5 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT), según la norma CAPRE, el límite para agua potable deber ser menor a 5 UNT, de tal forma, se tiene que 17 de los sitios se encuentran por debajo de la norma y sólo tres obtuvieron valores altos, que corresponden a los lugares de El Bastón y unos pozos privados ubicados en el casco urbano de San Juan del Sur. Los resultados del muestreo 2013 determinó que sólo un sitio está por encima de la norma CAPRE, este pozo excavado se encuentra en una zona cercana de San Juan del Sur conocida como playa Nacascolo (Comarca Los Miradores). Para 2014, todos los análisis registraron valores por debajo de la norma antes mencionada **(Ver anexo 3.3)**.

Respecto al parámetro de conductividad eléctrica, de los tres muestreos realizados, los valores más altos fueron para el período de abril 2013, con un mínimo de 465 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en la comarca San Antonio y un máximo de 1,191 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en la zona de Nacascolo que puede deberse a la cercanía con el mar (relación de salinidad en este punto 0.4% correspondería a agua salobre). Los resultados de la conductividad eléctrica en el segundo análisis químico (noviembre 2013) destacan valores altos para la comarca de Escameca con 1,625 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el segundo valor más alto (1,133 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se encuentra en Ostional. De 20 análisis realizados en noviembre 2013 sólo tres sitios se encuentran por debajo de los valores típicos de agua potable de buena calidad (<500 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Finalmente en el muestreo de 2014, de 14 pozos analizados, 12 sitios tienen valores más altos a los <500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con un rango de 656 hasta 1,920 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El valor alto está localizado en un pozo privado dentro del casco urbano, además de contener un alto porcentaje de salinidad, este pozo se encuentra a menos de 500 de la zona costera y posiblemente estos valores se deben a la intrusión salina al acuífero evidenciada en altos valores de conductividad, salinidad y cloruros y sodio. En estos resultados 2014 también los valores altos son de sitios ubicados en la zona costera de la cuenca (Bahía de Ostional y Playa Escameca).

En general, todos los sitios muestreados en los diferentes períodos tienen altos de conductividad respecto a otros lugares (por ejemplo subcuenca Mayales) y esto es debido a las características costeras de la Cuenca 72 y su cercanía con el del mar.

Dentro de los resultados más importantes vinculados a conductividad eléctrica se destacan, los valores altos (967- 1,581 μ S/cm) de los pozos perforados de la parte urbana de San Juan del Sur.

La salinidad también es otro factor importante para determinar la calidad del agua en esta Cuenca. Clasificaciones de cuerpos de agua de acuerdo a los porcentajes de salinidad destacan que el agua dulce debe tener un 0.5% máximo de salinidad, después de este porcentaje se considera agua salobre (0.5 - 3.0) hasta llegar a un máximo de 30% de salinidad donde empiezan a clasificarse los diferentes tipos de aguas de mar.

En el primer muestreo de 18 pozos analizados, 5 sitios resultaron con valores cercanos o mayores a 0.5 %. El valor más alto fue registrado en Escameca con 0.5 %, y el segundo valor más alto fue determinado en las playas de Nacascolo con 0.4 %, los rangos para esta medición fueron de <0.05 a 0.5%. Para el segundo muestreo se incrementó el análisis a 20 pozos, sin embargo se conversaron 12 sitios del primer muestreo para un segundo análisis con un laboratorio diferente y de esta manera comparar posibles cambios en los resultados. Dichos resultados sí muestran cambios, siendo esta vez valores más altos para todos los sitios de medición en relación con el primer muestro.

Este segundo análisis muestra resultados más confiables de acuerdo con la localización de los pozos; ya que todos los sitios (pozos) cercanos a la costa muestran los valores de salinidad más altos en toda la cuenca, desde 0.3 (límite de la Cuenca 72 en Brito) hasta 0.8% (zona costera Escameca). Los valores para la parte alta de la cuenca (ejemplo de San Antonio y Los Playones) tienen valores más bajos que todavía se encuentran dentro de los valores de agua dulce.

Los porcentajes de salinidad para el campo de pozos "alcaldía San Juan del Sur" pertenecientes a ENACAL sobrepasan el límite de agua dulce y los otros se encuentran en el límite de la norma correspondiente a agua salobre.

El último y tercer muestreo de 2014 también demostró altos valores de salinidad en relación con el segundo muestreo, de 14 pozos analizados 8 obtuvieron valores por encima del valor de agua dulce. En esta ocasión destaca el valor más alto ubicado en la comarca Miravalle con 2.32 % seguido por un pozo ubicado en Escameca (0.6%) y de bahía de Ostional (0.5%).

4.2.4.1.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno

Después de realizado el primer reconocimiento de campo, no se encontraron lugares contaminados, por lo cual sólo se realizaron 3 análisis de control en lugares distribuidos en la Cuenca: Ostional, Pochote y Escameca Grande en Abril 2013 (ver tabla 10). Los resultados obtenidos están por debajo de la norma admitida por INAA¹⁰ Categoría 1A.

Tabla 10:
Resultados de los análisis de DBO y DQO de las aguas subterráneas de la Cuenca 72

ID	X	Y	Fecha	DQO	DBO	SDT	Nitrógeno Amoniacal	Fósforo Total
1304-0236	6641066	1225881	09/04/2013	14.86	1	362	0.336	0.108
1304-0238	6635256	1228837	09/04/2013	2.97	0.34	498	0.224	0.348
1304-0242	6630969	1235287	09/04/2013	28.25	2.4	937	0.336	0.541

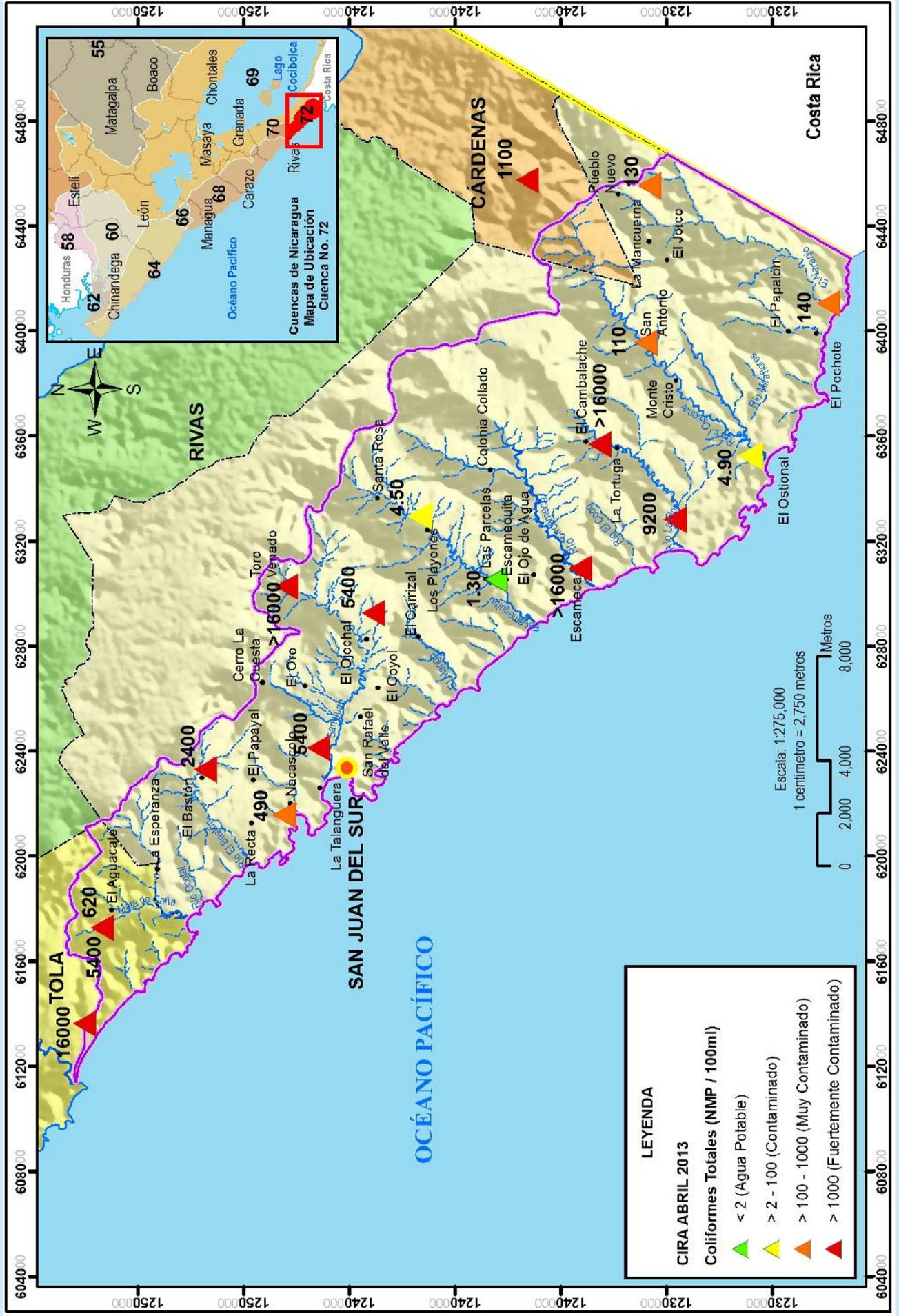
4.2.4.2 Análisis Bacteriológicos

Los resultados de los análisis bacteriológicos de las dos primeras campañas de muestreo se ilustran en el mapas 17 y 18. Para la campaña de muestreo realizada en abril 2013, los resultados de 19 análisis bacteriológicos demostraron que sólo 3 pozos no tienen contaminación. Los valores más altos de heces fecales se encuentran en los pozos excavados de las comarcas Escameca (>16,000 NMP/100 ml), La Tortuga (>16,000 NMP/100 ml), Miravalle (>16,000 NMP/100 ml), Santa Adela, Tola (16,000 NMP/100 ml), La Flor (9,200 NMP/100 ml), El Ojochal (5,400 NMP/100 ml), El Talón, Tola (5,400 NMP/100 ml) Villas de Palermo (5,400 NMP/100 ml) y El Bastón (2,400 NMP/100 ml) (ver anexo 3.4).

En el segundo muestreo en noviembre 2014 realizado por el CIRA UNAN, también mostró altos valores de contaminación en los 18 de los 20 puntos de muestreo. La mayoría de los sitios analizados coinciden con el primer muestreo, donde todos los pozos son excavados a manos y no cuentan con los procedimientos de purificación de agua. En este análisis también destacan los valores altos en lugares como El Ojochal (110,000 NMP/100 ml), el valor más alto en toda la Cuenca; Santa Adela (23,000 NMP/100 ml),

¹⁰ Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (Ente regulador del sector agua y saneamiento)

Mapa 17: Calidad Microbiológica de las aguas Subterráneas de la Cuenca No. 72, abril 2013



Ostional (13,000 NMP/100 ml), Escameca y El Aguacate (4,900 NMP/100 ml). Finalmente un pozo en los límites de la cuenca, en la comarca El Bastón con un valor de fuerte contaminación (33,000 NMP/100 ml).

Un último muestreo realizado en noviembre de 2014 en 14 pozos siempre manifiestan resultados con fuerte contaminación para las aguas subterráneas. En esta ocasión El Ojochal repite con el valor más alto con 24,000 (NMP/100 ml) y comunidad Las Brisas 17,000 (NMP/100 ml). Todos los demás sitios muestran resultados dentro de la clasificación de muy contaminado a fuertemente contaminado (**ver anexo 3.4**).

4.2.4.3. Análisis Orgánicos: Plaguicidas Organoclorados, Plaguicidas Organofosforados, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos y Bifenilos Policlorados

Se realizaron 5 análisis de plaguicidas organoclorados y 5 de organofosforados, en Las Brisas, Miravalle, El Pochote, Escameca Grande y Ostional. Para todos los casos no se detectó presencia de estos elementos en la Cuenca. Los resultados son presentados en la **tabla 11**. También se efectuaron 3 análisis de hidrocarburos aromáticos policíclicos y bifenilos policlorados El Pochote, Escameca Grande y Ostional con los mismos resultados que para plaguicidas, no se detectaron valores por encima del valor permisible.

**Tabla 11:
Resultados de los análisis orgánicos de las aguas subterráneas**

ID	X	Y	Fecha	HAP's	PCB's	Hidrocarburos	Plaguicidas Organoclorados	Plaguicidas Organofosforados
1304-0236	6641066	1225881	09/04/2013	ND	ND	ND	ND	ND
1304-0238	6635256	1228837	09/04/2013	ND	ND	ND	ND	ND
1304-0242	6630969	1235287	09/04/2013	ND	ND	ND	ND	ND
1304-0243	6632962	1241341	09/04/2013				ND	ND
1304-0245	6630287	1246390	09/04/2013				ND	ND
ND= No detectado								

4.2.4.4 Análisis Inorgánicos: Metales Pesados

También de estudios previos realizados en la Cuenca (CIRA, 2009) ya se conocía que no hay presencia de metales pesados en altas concentraciones, por lo cual sólo se hizo una actualización en 3 sitios para análisis de metales pesados en abril 2013. Estos incluyeron metales como: Arsénico, Cobre, Plomo y Mercurio. Los lugares analizados fueron Ostional, Escameca Grande y El Pochote. Los resultados son mostrados en la siguiente **tabla 12**. Todos los valores obtenidos se encuentran por debajo de las normas permitidas de CAPRE y OMS.

Tabla 12:
Resultados de los análisis de metales pesados de las aguas subterráneas

ID	X	Y	Fecha	As(µg.l-1)	Cu (µg.l-1)	Pb (µg.l-1)	Hg (µg.l-1)
1304-0236	6641066	1225881	09/04/2013	0.004	0.0043	0.0032	<0.00009
1304-0242	6630969	1235287	09/04/2013	<0.001	0.00291	0.00305	<0.00009
1304-0238	6635256	1228837	09/04/2013	0.00267	0.00378	0.00268	<0.00009
CAPRE	10	10	10	10			
OMS	10	2000	10	6			

-  *Las aguas subterráneas poco profundas en los alrededores de aldeas, cascos urbanos y de los ríos contaminados no son aptas para el consumo humano sin tratamiento previo.*
-  *También muestran las mismas contaminaciones bacteriológicas provocadas por coliformes fecales como en las aguas superficiales.*
-  *Las aguas subterráneas procedentes de los acuíferos más profundos muestra una buena calidad.*
-  *Los pozos perforados de la parte urbana de San Juan del Sur tienen altos valores de conductividad eléctrica y de salinidad producto de la sobreplotación del acuífero.*

4.3. Monitoreo de las aguas subterráneas

Al igual que en la subcuenca Mayales, la Cuenca 72 no cuenta con una rutina de monitoreo de los recursos hídricos subterráneos. Hasta la fecha, únicamente el CIRA-UNAN realizó el levantamiento de la línea base de calidad y cantidad en 2008. Respecto a la cantidad de las aguas subterráneas, en dicho estudio se realizaron mediciones de niveles freáticos de aproximadamente 70 pozos excavados y perforados de la Cuenca 72.

El monitoreo de calidad hecho durante este estudio estuvo referido a 9 análisis en pozos excavados y perforados. Los tipos de análisis fueron físico-químicos, microbiológicos y biológicos.

Como parte de la implementación del plan de GIRH de la Cuenca 72, se está trabajando de forma paralela en algunas medidas prioritarias contenidas en dicho plan. Una de las medidas más importantes es la instalación de la red de monitoreo de los recursos hídricos de agua superficial y subterránea debido a la escasez de datos hídricos para poder establecer una buena toma de decisión. La red de monitoreo de las aguas subterráneas en la Cuenca 72 comprendió la instalación de 10 estaciones de mediciones de las aguas subterráneas, 2 estaciones localizadas en Tola y 8 estaciones en San Juan del Sur (**fotos 10 y 11**). Dichas estaciones realizan registros automatizados de mediciones diarias y guardan los datos en una memoria interna para una descarga periódica de los datos almacenados.

Asimismo existe una red de monitoreo realizado de forma manual en 15 pozos distribuidos en toda la cuenca. Este monitoreo manual permite verificar los niveles medidos con los sensores de mediciones automatizados. Estas últimas mediciones están previstas a realizarse trimestralmente.

El funcionamiento de la red de monitoreo es a través de una estrategia ya consensuada con cada una de las alcaldías de la cuenca y cuya implementación será supervisada por el comité de cuenca. La lectura de datos de todas las estaciones de medición se hará en coordinación con las unidades ambientales y unidades de agua y saneamiento de dichas alcaldías para finalmente alimentar el sistema de información de recursos hídricos SiAGUA, que está bajo la administración, según Ley No. 620, de la Autoridad Nacional del Agua.



Foto 10. Izquierda: delegado de la ANA para la Cuenca 72 realizando descarga de datos vía bluetooth. Foto 11. Derecha: Caseta de seguridad para protección del equipo de monitoreo (sensor de medición de nivel de agua subterránea).

La red de monitoreo de las aguas subterráneas en la Cuenca 72 está constituida por 10 estaciones automatizadas de mediciones del nivel de las aguas subterráneas y 15 estaciones (pozos) complementarias con el monitoreo manual.

5. Consumo y demanda

La relación Consumo-Demanda es una de las interacciones más importantes dentro de la administración del recurso hídrico, se entiende demanda como el volumen y calidad de agua necesaria para satisfacer una necesidad y por otro lado, consumo como el volumen y calidad de agua que es utilizada por los usuarios para solventar dicha necesidad. Esta relación debe encontrarse en equilibrio para poder considerar una utilización equitativa del recurso. Sin embargo, es difícil lograr el equilibrio dentro de esta relación, ya que la demanda no siempre es satisfecha completamente, y se encuentra directamente relacionada con factores como la disponibilidad de agua en la cuenca, infraestructura y principalmente el mal uso del recurso entre otros.

Por ejemplo en el suministro de agua potable donde el consumo real de dicho recurso, muchas veces no corresponde a la demanda de la población. La misma situación existe en el sector agrario cuando el consumo de agua para riego muchas veces sobrepasa la demanda óptima. La razón de esta discrepancia muchas veces es el mal aprovechamiento de los recursos disponibles y/o la falta de regulación por una gestión de demanda institucionalizada.

5.1. Consumo y demanda de agua potable

El análisis del consumo y la demanda de agua para la Cuenca 72 se llevó a cabo tomando en cuenta sólo la población urbana y rural del municipio de San Juan del Sur. Esto debido a que las otras áreas que están dentro de la cuenca correspondiente a pequeñas áreas en los municipios de Tola y Cárdenas, son además propiedades privadas donde no existe población asentada.

En 2014, ENACAL registró una producción anual de 2.15 MMC de agua potable para el municipio de San Juan del Sur, la principal fuente de abastecimiento (El 85% de la producción anual) proviene del Lago Cocibolca. Este recurso se extrae y potabiliza mediante un sistema de potabilización ubicada en el municipio de La Virgen, desde donde, mediante un emisario se envía el agua hacia la ciudad de San Juan del Sur y la comarca El Bastón.

En casos de emergencia o por mantenimientos programados a la planta, los pozos propiedad de ENACAL (campo de pozos alcaldía de San Juan del Sur) son utilizados para abastecer a la población.

Este campo de pozos era la principal fuente de abastecimiento en dicha ciudad previo a la entrada en funcionamiento de la planta, pero debido a salinización del agua subterránea en esa zona ya no funcionan diariamente.

La parte rural del municipio de San Juan del Sur, a excepción de la comarca "El Bastón", es abastecida por medio de extracciones subterráneas, administradas en su mayoría por la misma población organizada en CAPS.

En la **tabla 13** se muestra la demanda real contra la demanda óptima de la cuenca. Dichas demandas han sido subdivididas de acuerdo al tipo de población en la cuenca: urbana y rural, ya que para cada tipo de población se utilizaron diferentes valores de dotaciones. Así, la dotación o consumo real para la parte urbana y rural en el año 2014 se calculó dividiendo el volumen de producción de ENACAL entre los datos poblacionales proporcionados por la alcaldía municipal, para la parte rural se tomaron en cuenta las extracciones realizadas por los CAPS activos en el territorio y el porcentaje de población abastecida por cada uno de ellos.

La dotación óptima para población urbana y rural se proponen en base a la cantidad media óptima de agua para consumo doméstico humano considerada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 100 litros por habitante día para la zona rural y de 150 para las áreas urbanas.

Tabla 13:
Relación de demanda real versus demanda óptima

Municipio	Población total 2014	Producción 2014 (MMC/A)*	Dotación real (l/d/hab)	Dotación óptima (l/d/hab)	Demanda óptima (MMC/A)	Diferencia entre demanda óptima y producción total (2014) (m ³ /año)
San Juan del Sur urbano y El Bastón (ENACAL)*	8,227	2.15	726	150	0.45	1.7
San Juan rural (CAPS)	6,199	0.13	57	100	0.23	-0.10
Total**San Juan urbano y rural	14,424	2.2	754	250	0.68	1.8
* MMC/A: millones de metros cúbicos anuales, este valor contiene la producción de pozos de San Juan del Sur (0.31 MMC/A) y de la captación del lago Cocibolca en La Virgen (1.84 MMC/A)						
**Sólo esta referido a la población dentro de la cuenca						
El valor en rojo se refiere al déficit que existe entre la demanda óptima y la producción						

De igual forma se valoraron como referencia las normas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable de INAA (adaptado a partir de 1989). Dicha norma establece una dotación de acuerdo a rangos poblacionales, es decir a mayor población mayor dotación de agua por día y no aplican un valor por persona independiente de la cantidad poblacional.

En el caso de la Cuenca 72 se han encontrado dos rangos poblacionales, para los cuales la norma establece dos distintas dotaciones, para poblaciones de menos de 5,000 habitantes el consumo estimado será de 75 litros/persona/día (utilizado para el cálculo de la parte rural) y el segundo rango para poblaciones de entre 5,000 y 10,000 habitantes, para los que corresponden 95 litros/persona/día (para parte urbana).

Específicamente la norma recomienda que la dotación para todas las ciudades de Nicaragua, con excepción de Managua, con una población menor a 50,000 habitantes deba ser de 75 litros diarios. Sin embargo, para fines del presente documento se prefirieron utilizar las dotaciones propuestas por la OMS ya que se asemejan mejor a la realidad de consumo encontrada dentro de la cuenca.

Como resultados importantes obtenidos del análisis de los datos recabados y que son condensados en la **tabla 13** observamos, destaca en el área urbana existe una gran diferencia entre la dotación real abastecida y la dotación óptima. Este consumo excesivo de agua puede atribuirse principalmente al fenómeno del turismo, el cual es la actividad económica principal dentro de la cuenca.

Observamos también que el volumen de extracción en la parte rural no satisface la demanda óptima de la población para el año 2014 ni actualmente, este resultado puede deberse a que no toda la población rural tiene acceso al servicio de suministro de agua potable brindado por los CAPS y a que el consumo real por persona en la zona rural del municipio se encuentra por debajo de los óptimos establecidos por la OMS.

No se logró obtener un dato oficial del número de turistas que ingresan a San Juan del Sur por año, a como tampoco se encontraron datos o estadísticas del consumo de agua por turista por día, razón por la cual se hace imposible estimar la demanda real de los usuarios del sector turismo. No obstante es bien sabido que un turista consume más agua per cápita que un residente permanente de la cuenca, esto se debe a factores como el clima, la temperatura y el tipo de actividad que realiza, de igual forma varía de acuerdo al tipo de turismo que estos realizan y a los servicios que brindan los desarrollos turísticos donde se hospedan.

Es decir un turista promedio gastará mayores volúmenes de agua en hoteles que brinden servicio de piscina que hoteles que no lo ofrezcan, de igual forma el gasto de agua en hoteles con sistemas de ahorro de agua con aquellos que no implementen esta tecnología, esto hace que las variaciones de consumos dentro del mismo sector (turismo) sea un factor que no es fácilmente estimable.

5.2 Consumo del sector industrial (turismo)

El sector más desarrollado y de mayor auge en la cuenca es el sector turismo, principalmente en la cabecera municipal. Consecuentemente el turismo es el principal consumidor de agua, y detrás están el sector agrícola y el sector ganadero con algunas fincas de importancia. De estos dos últimos sectores no se pudo obtener datos oficiales. A continuación se presentan los principales usuarios identificados del recurso dentro de la cuenca, los cuales se muestran agrupados por cada subcuenca donde se localizan (**ver tablas 14 a 17**). Cabe resaltar que la información aquí expuesta es el resultado de visitas realizadas a los principales usuarios de la cuenca por la delegación de ANA y comité de cuenca. De igual forma se tomó información de inspecciones oficiales a extracciones realizadas por la ANA.

Para el caso específico de la subcuenca San Juan del Sur y El Bastón, al no haber datos fiables del número de turistas que ingresan durante el año y por tanto no poder estimar un dato de consumo en verdad representativo, no se puede estimar el volumen utilizado por este sector industrial. Debido a esto y como ya se mencionó con anterioridad los valores de dotaciones están en base a la producción de ENACAL y al volumen poblacional (residentes dentro de la cuenca), se asignó la demanda por turismo a la demanda para consumo humano, por lo que no veremos reflejado en la **tabla (14)** a continuación el volumen de agua utilizado por hoteles localizados en el casco urbano.

Tabla 14:
Consumo de agua de la subcuenca río San Juan del Sur

Usuario	Tipo de uso	Extracciones (m ³ /mes)	Consumo (m ³ /año)
Ecodesarrollo Miramar	Turismo	10	120
Lotificación Encantos del Sur		2,579	30,943
Pacífico Marlin		1,819	21,830
Total		4,408	52,894

La tabla arriba presenta solamente tres de los principales usuarios de la subcuenca, ya que no se logró obtener datos de las extracciones realizadas por villas de Palermo y agrícola Santana. Se muestran en la **tabla 15** los datos de condominios de casas de playas. Brasilito 1 es un proyecto con dos etapas, Brasilito 1 de 7 casas y la segunda etapa Brasilito 2 que actualmente se encuentra en etapa de formulación. El consumo de Condominios Playa Coco es compartido entre la empresa y la cooperativa José Adán Calderón, que utiliza el agua para consumo humano en la comunidad La Flor.

Tabla 15:
Consumo de agua de la subcuenca río La Flor

Usuario	Tipo de uso	Extracciones (m ³ /mes)	Consumo (m ³ /año)
Condominios Playa Coco*	Turismo	1800	21,600
Brasilito 1		236	2,832
Parque Marítimo El Coco		750	9,000
Total		2786	33,432

El tipo de turismo que se ha establecido fuera de la cuenca es turismo residencial, donde normalmente existe un dueño de residencias (en su mayoría extranjeros) el cual delega la administración de la misma a una empresa de bienes raíces para su alquiler, y entrega dividendos al propietario. Estas residencias no se encuentran habitadas durante todo el año. Respecto al consumo de agua, este se da por mantenimiento las casas y riego de áreas verdes.

Tabla 16:
Consumo de agua de la subcuenca Río El Bastón

Usuario	Tipo de uso	Extracciones (m ³ /mes)	Consumo (m ³ /año)
Bosques del mar	Turismo	450	5400
Mango rosa		300	3600
Cinco bahía		45	540
Balcones de Majahual		218.3	2619.6
Total		1013.3	12159.6

Promotora para el Desarrollo Eco forestal S.A. se encuentra formada por dos distintas empresas (**tabla 17**) que utilizan el recurso hídrico de forma distinta. La primera empresa es un hotel denominado comercialmente como "Morgan Rock", donde el agua es utilizada con fines meramente turísticos y la segunda comprende una plantación agroforestal con fines de comercialización, el agua es utilizada principalmente para riego de viveros y plantaciones de teca.

Tabla 17:
Consumo de agua de la subcuenca Mata de Caña

Usuario	Tipo de uso	Extracciones (m ³ /mes)	Consumo (m ³ /año)
Protomora para el desarrollo Ecoforestal S.A	Turismo y riego	454.12	5449.44

Con los datos presentados de consumo y demanda de agua potable y sector industrial (turismo) se realizó una estimación de la demanda por sector. En la estimación se tomó en cuenta solamente estos 2 usos, ya que representan el mayor volumen de extracción del recurso dentro de la cuenca. No obstante se hace la salvedad que existen otros tipos de rubros como el agrícola y el pecuario, que aunque se encuentran presentes dentro del territorio, no significan un consumo representativo en comparación con el humano y el turismo.

El uso pecuario existe en el municipio pero este se desarrolla de forma más regular en áreas que no se encuentran dentro de la cuenca, por lo que de forma general no es un uso representativo del consumo.

Tabla 18:
Consumo total de agua en la cuenca 72

Tipo de Uso	Demanda (MMC/A)
Consumo Humano	2.2
Industrial	0.1
Total	2.3

Según se observa en el consolidado anterior por tipo de uso, el volumen para consumo humano es mucho mayor al encontrado para el consumo industrial (**tabla 18**). se debe tener en cuenta el fenómeno turismo en el territorio, a como se expone anteriormente se hace difícil explicar de forma concreta el volumen usado por este rubro, por lo que el consumo humano fue considerado como la demanda real por año y el industrial está referido al volumen de extracción bruto realizada por los desarrollos turísticos.

5.3. Prospección de la demanda

El proceso de planificación y evaluación de la demanda es una técnica utilizada para la construcción de posibles escenarios de demanda futura de los recursos hídricos. Los escenarios son contruidos básicamente por diferentes estimaciones de crecimiento poblacional, el desarrollo de la industria o la producción agrícola, de acuerdo a los tipos de uso dentro de una cuenca. Esto permite conocer los volúmenes del recurso a ser requeridos por cada rubro, para suplir sus necesidades futuras a determinado tiempo establecido según los objetivos del estudio.

5.3.1. Prospección de agua potable

La prospección o proyección de la demanda futura de agua potable es una herramienta utilizada para conocer el volumen a ser requerido para consumo humano por determinado volumen poblacional en un futuro; para fines del presente estudio se ha realizado una proyección de crecimiento poblacional hasta el año 2023 lo cual presenta un periodo de análisis de 9 años para la cuenca.

La tendencia de comportamiento del volumen de habitantes de la cuenca y de demanda optima de agua fueron calculados partiendo de las proyecciones de crecimiento poblacional que se obtuvieron para la cuenca hasta el año 2023. Se utilizó para esto tasas de crecimiento reales calculadas a partir de la información brindada por las municipalidades y datos del censo nacional (ver tabla 3 del acápite 1.2). A dicha proyección se le ha multiplicado la cantidad media óptima de agua para consumo doméstico humano, considerada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 100 litros por habitante día para la zona rural y de 150 para las áreas urbanas. En la **tabla 19** se muestran los resultados los datos de la demanda óptima (2014) y de prospección de la demanda hasta el año 2023 y la diferencia que existe entre los volúmenes de agua que son requeridos actualmente con los que serán demandados por la población para el año proyectado.

Tabla 19:
Proyección de la demanda de agua hasta el año 2023

Municipio	Proyección poblacional (2014-2023)	Dotación óptima (l/día/hab)	Demanda óptima 2014 (MMC)	Demanda óptima 2023 (MMC/A)	Diferencia entre demandas óptimas 2014 y 2023 (MMC)
San Juan del Sur urbano*	9399	150	0.44	1.41	0.97
San Juan del Sur rural	7082	100	0.22	0.71	0.49
Total	16481		0.67	2.12	1.45
*(Solo Cuenca)					

El incremento de la demanda de agua dentro de la Cuenca 72 hasta el año 2023 asciende a un total de 1.45 MMC, a como se puede apreciar el mayor volumen de demanda proyectado lo tiene la parte urbana, consecuentemente con el crecimiento poblacional que experimentará al año 2023 (9,399 habitantes).

Para el sector urbano el reto se centra en asegurar en cantidad y calidad el suministro de agua potable, el cual actualmente se encuentra cubierto por el funcionamiento del sistema de potabilización ubicado en La Virgen. No obstante este sistema se ha visto obligado en varias ocasiones a detener su funcionamiento, causado principalmente por problemas con la tubería de derivación, lo cual ha forzado a que ENACAL abastezca a la población de los pozos perforados localizados en la cabecera municipal.

A pesar que la parte rural experimenta un crecimiento no muy acelerado respecto a 2014, lo cual hace que la diferencia entre la demanda actual y futura no sea muy distinta, debe prestarse especial interés en preservar la calidad del agua mediante acciones de protección de sus fuentes hídricas (pozos excavados o perforados). Pues al no contar con un flujo constante de agua superficial durante todo el año no es posible que este sea considerado como una alternativa a futuro, por lo que el agua subterránea se convierte en la opción más viable.

5.4 Gestión de la demanda

La gestión de la demanda de agua comprende el conjunto de actividades que permiten reducir y limitar los requerimientos de agua de los distintos usos, mejorar la eficiencia en el uso del agua y evitar el deterioro de los recursos hídricos, haciendo posible, a su vez, un uso satisfactorio a largo plazo del agua y una mejora de los niveles de garantía de suministro para dichos usos. Es necesario construir una nueva cultura del agua basada en la máxima «¡mejor con menos!» (Bakeaz, 2011).

Desde un punto de vista estratégico, gestionar la demanda de agua significa incorporar el carácter limitado del agua en las políticas económicas sectoriales que estimulan su uso; es decir, orientar la economía hacia actividades poco intensivas en el uso de agua dulce, particularmente en las zonas áridas y semiáridas (Bakeaz, 2011).

Actualmente en Nicaragua, la implementación de la gestión de la demanda apenas empieza con el otorgamiento de derechos de agua a través de la ANA. Sin embargo todavía está pendiente institucionalizar la regulación de los grandes usuarios a través de diferentes mecanismos, así como completar la elaboración de planes de GIRH que sirven para conocer la disponibilidad del recurso hídrico en una cuenca y de esta manera poder determinar el uso sostenible del mismo.

La gestión de la demanda no solo se enfoca en un paradigma ético-moral o ambiental de la adecuada utilización de un recurso, es un conjunto de herramientas económicas, políticas, técnicas y legales que permiten generar oportunidades y opciones de mejora en la forma en que utilizamos nuestros recursos, teniendo como objetivo el uso racional de los mismos.

En la Cuenca 72 la demanda de agua potable para el suministro urbano se ha solucionado con la entrada en funcionamiento del sistema de potabilización y abastecimiento proveniente del lago de Cocibolca. Sin embargo el resto de la cuenca todavía depende de los recursos hídricos que se encuentra dentro de ella, los usuarios del sector privado fuera del casco urbano de San Juan del Sur dependen de extracción subterráneas de pozos privados que necesitan ser regulados de acuerdo a la ley No. 620.

La aplicación de una gestión de demanda adecuada se ha dificultado por la falta de cumplimiento con la legislación nacional. A pesar que la ANA y el comité de cuenca han realizado distintos tipos de acercamiento con los grandes usuarios de agua, principalmente con los dueños de proyectos turísticos, no se ha logrado que dicho sector responda de la forma esperada ante las propuestas realizadas por el ente regulador, en este caso la Autoridad Nacional del Agua.

La regulación como una de las herramientas de la gestión de la demanda es uno de los principales puntos de partida, ya que con una regulación efectiva es posible generar mecanismos tanto legales, económicos como técnicos dentro de la cuenca para la adecuada utilización del recurso hídrico, tales como incentivos, aplicación nuevas tecnologías y métodos así como seguridad jurídica de sus aprovechamientos.

Hasta inicios del año 2015 no existía ningún usuario dentro de la cuenca que contara con una concesión de aprovechamiento de aguas otorgado por la ANA. Fue a finales del mismo año que se logró que los primeros usuarios de 2 proyectos se legalizaran a través de una concesión de aprovechamiento.

Estos proyectos fueron la urbanización Encantos del Sur ubicado en Nacascolo y el proyecto turístico que se localiza en playa Marsella bajo legalización del señor Marcel Krop como persona natural. Cada proyecto tuvo que pasar por un proceso de evaluación y análisis de la disponibilidad del recurso en la zona, con el fin de asegurar un uso sostenible del mismo.

De igual forma han dado los primeros pasos para regularizar sus extracciones de agua usuarios como Pacific Marlin, condominios Playa Coco, Parque Marítimo El Coco, Agrícola Santa Ana, hotel Pelican Eyes, hotel Mango Rosa y el hotel Morgan Rock, quienes todavía no cuentan con concesión de aprovechamiento, ya se han acercado a las oficinas de la ANA para dar curso a sus gestiones de legalización.

Aunque se ha avanzado en el proceso de regulación de extracciones de la cuenca, todavía otros grandes usuarios no han iniciado el proceso de gestión de sus concesiones, lo que dificulta gestionar efectivamente el recurso.

- 💧 *El suministro en el casco urbano de San Juan del Sur y la comarca de El Bastón satisface la demanda óptima actual del recurso, gracias al aprovechamiento realizado desde el lago Cocibolca.*
- 💧 *En la zona rural el suministro de agua administrado por los CAPS no satisface la demanda óptima del recurso.*
- 💧 *La demanda real del casco urbano de San Juan del Sur excede en 5 veces la demanda óptima, lo que se debe principalmente al incremento en el sector turismo, en cambio la demanda en zona rural es un cuarto de la demanda óptima.*
- 💧 *Sólo dos usuarios cuentan con su concesión de aprovechamiento y 7 que han dado inicio al proceso de legalización, pero aún existen un gran número de empresas usuarias del recurso sin una autorización respectiva de aprovechamiento.*

6. Balance hídrico

6.1. Cálculo de las variables del balance hídrico

El método que se aplicó para calcular el balance hídrico de la Cuenca 72 se fundamenta en una comparación entre la precipitación y la evapotranspiración. El método está basado en la propuesta de Lillich et al. (1973), y es muy útil cuando no existen suficientes datos de escorrentía. Para su aplicación se tomaron valores mensuales medidos en las diferentes estaciones de la red de vigilancia de recursos hídricos de INETER. Cabe mencionar que la evapotranspiración se obtuvo por el método indirecto de Thornthwaite (1954).

De este análisis puede resultar un superávit o un déficit pluviométrico por cada mes. El superávit corresponde generalmente con los meses de la estación lluviosa y equivale a recursos hídricos disponibles para la formación de escorrentía. La escorrentía resultante del análisis está compuesta de dos elementos: la escorrentía superficial y la escorrentía subterránea, la última también designada como "infiltración", "recarga" o "flujo base". Para determinar la escorrentía superficial y subterránea se utilizaron los resultados de los aforos del flujo base por INETER entre 2000 y 2014 en el río Brito y los ejecutados en 2007/08 por CIRA en tres subcuencas de la Cuenca 72.

Los términos del balance hídrico son:

$$\text{Precipitación (P)} = \text{Evapotranspiración (E}_{tr}) + \text{Escorrentía superficial (E}_{sc}) + \text{Escorrentía subterránea (\Delta I)}$$

$$P = ETR + ESC + \Delta I$$

TERMINO	ABREVIACIÓN	UNIDAD
Precipitación	P	Milímetro = (mm)
Evapotranspiración potencial	Etp	(mm)
Evapotranspiración real	Etr	(mm)
Escorrentía superficial	Esc	(mm)
Escorrentía subterránea	ΔI	(mm)
ídem Infiltración		(mm)
ídem: recarga		(metro cubico / año =MC/A)
ídem: flujo base		(metro cubico / segundo)
		(MMC/A=Millones de m³/año)

De estos términos se conoce la precipitación y el flujo de base. La evapotranspiración y la escorrentía superficial deben ser determinados.

6.1.1. Presentación del método de cálculo del balance hídrico

Con el método de Lillich et al. (1973) se deben comparar las sumas de una decena de días consecutivos de (P) y (Etr), (ejemplo, día 01-10; día 11-20; día 21-30/31 del mes). La comparación resulta en un superávit de precipitación o en un déficit. En caso de déficit, se asume que toda la oferta de precipitación se convierte en evapotranspiración. En caso de superávit, el agua en exceso estará disponible para: 1) agua del suelo e infiltración y 2) escorrentía superficial.

Si a un período con déficit le sucede un período con superávit de agua, se liquida primero la demanda no satisfecha de agua de la última decena de días, contra la oferta de la decena siguiente (agua del suelo). En el caso contrario, el agua excedente de la última decena está saldada contra la demanda de la decena siguiente.

$$[\Delta I = P - (Etp + Esc)]$$

El método se puede aplicar sin problemas para la estación de Rivas, ya que está posee datos completos de precipitación y evapotranspiración necesarios para realizar los cálculos. En cambio la aplicación del método para la Cuenca 72 se dificulta, debido a la poca disponibilidad de datos, siendo la aplicación de este método la única posibilidad de obtener un balance de agua para la cuenca.

El procedimiento aplicado está basado en las afirmaciones y correcciones siguientes:

1. Afirmación: la oferta de agua para todos los términos del balance hídrico es limitada por la precipitación (P).
2. Afirmación: la evapotranspiración potencial es siempre igual o más alta que la evapotranspiración real.
3. Afirmación: si la precipitación es menor que la evaporación potencial la evapotranspiración máxima posible equivale al valor de la precipitación.

4. Afirmación: no puede haber ni escorrentía superficial ni infiltración, si la precipitación (diaria) es menor que la evapotranspiración.
- Corrección: La afirmación No. 4 solamente es exacto, si los cálculos se hacen sobre datos medidos diariamente.
 - Conclusión: el método constituye una aproximación, cuya exactitud aumenta con los años de observación y la infinidad de la escala de tiempo aplicada. La escorrentía se compone de la escorrentía superficial y subterránea (flujo base), cuando uno de los dos términos se ha determinado el término segundo puede calcularse.

El efecto del método expuesto más arriba está visualizado en la gráfica No. 8, utilizando las medias mensuales de la estación de Rivas.

Los resultados de la aplicación del método antes expuesto pueden ser observados en la **gráfica No.10**. Para realizar los cálculos se utilizaron las medias de las precipitaciones mensuales de la estación de Rivas. En el gráfico se nota, que los meses de noviembre hacia abril (estación seca) tienen un balance negativo: es decir déficit de agua en la cuenca, lo que se traduce en que toda la oferta de agua (precipitación) es consumida por la evapotranspiración. El superávit que se da en la estación lluviosa (junio hasta octubre), está disponible para la formación de agua superficial y subterránea.

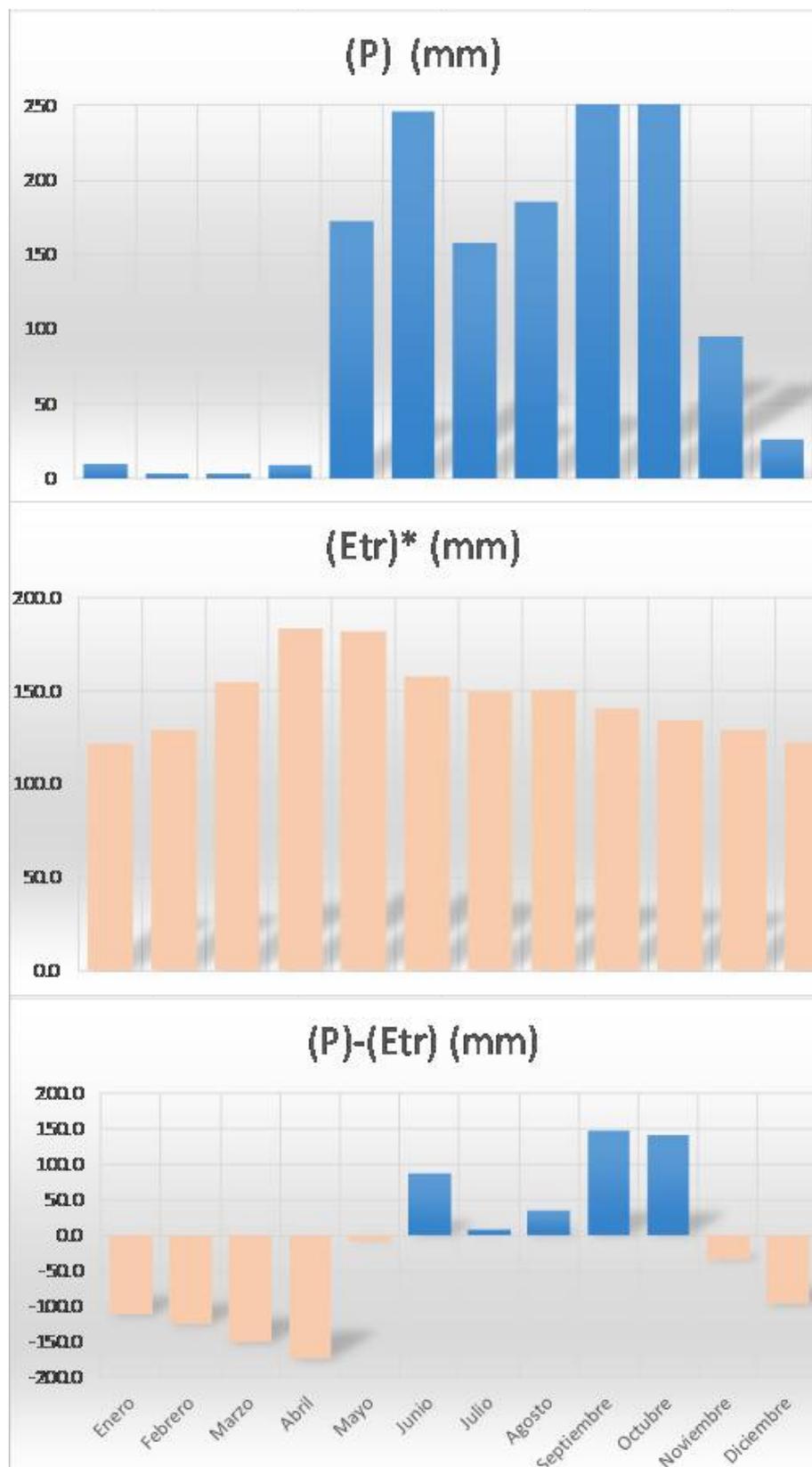


Gráfico 10:

Evaluación del déficit o superávit de agua durante un año y medio.
 Estación de Rivas (1968 - 2006), datos medios mensuales de (P) y (ETR)*.

6.1.2. Procedimiento de cálculo del balance hídrico

A como se explico anteriormente, las precipitaciones anuales entre las dos estaciones de San Juan del Sur y Rivas no coinciden bien. Sin embargo, algunos años tienen valores de precipitación muy similares, por lo cual pueden ser seleccionados para el cálculo de la evapotranspiración real (Etr) en la subcuenca de San Juan del Sur (SJS).

Así, se seleccionaron 9 años donde la precipitación entre San Juan del Sur y Rivas coinciden bien y tienen cifras similares. Además, se identificó que dentro de este mismo período la evapotranspiración potencial de la estación de Rivas se sitúa en el orden de magnitud de la (Etp) hipotética en la subcuenca de San Juan del Sur, haciendo los datos más similares entre ambas zonas. Para realizar este cálculo se trabajó con meses completos de los 9 años seleccionados y no con sumas de decenas de días.

Uno de los años seleccionados y con mayor correlación en precipitaciones entre las estaciones San Juan del Sur y Rivas fue el año de 1972, para el cual se describe el procedimiento de cálculos que se realizó con el propósito de obtener los parámetro a ser usados en el balance hídrico, procedimiento que se repitió para cada año seleccionado (ver gráfica 10).

1. PASO:

Seleccionar años con precipitación similar en las dos estaciones de SJS y Rivas. Para el año 1972 se obtuvo una correlación de (0,7623)¹¹ entre las precipitaciones mensuales de ambas estaciones, considerado como valor aceptable, además fue un año seco (tabla 21).

¹¹ El factor de correlación óptimo para poder realizar comparación entre valores de precipitación debe ser igual o cercano a 1.

Tabla 21:
Resultados de correlación entre precipitaciones de las estaciones San Juan del Sur y Rivas.

Correlación Lluvia SJS-Rivas				
Año	P (mm)			Etp (mm)
1972	SJS	Rivas		Rivas
Enero	0	19.5	Correlación	164.1
Febrero	0	3.4	0.7623	218.8
Marzo	0	0		242.7
Abril	0	0		272.3
Mayo	142.8	190		206.1
Junio	192	257.7		142.7
Julio	217.4	62.5		165.4
Agosto	198.2	133		171
Septiembre	221.2	154		150
Octubre	81.3	36.9		166.6
Noviembre	96.8	123		139.7
Diciembre		20.5		166.3
Año	1,149.7	1000.5		2,205.7
Pluviosidad	69%	68%		112%
Promedio	1,669	1476		1,976

A como se observa en la tabla anterior para el año 1972 la precipitación fue del 69% del promedio experimentado normalmente entre el grupo de años seleccionados. Aunque si bien hay meses donde se observan diferencias entre volúmenes precipitados, de forma global si existen similitudes en los datos registrados por ambas estaciones, lo que le otorga un valor alto de correlación.

2. PASO:

El cálculo de la Evapotranspiración real (Etr) y la Escorrentía (Esc) se realizó mediante la aplicación las afirmaciones antes expuestas (3) y (4) (Ver sección 6.1.1). Para el ejemplo de cálculo resumido en la tabla 22, correspondiente al año 1972, se obtuvo la escorrentía mediante la diferencia entre Precipitación (P) y Evapotranspiración potencial (Etp).

Tabla 22:
Cálculo de evaporación real y escorrentía

Cálculo de control para la estación de Rivas				
Año	Medición	Cálculo		
1972	P (mm)	Etp (mm)	Etr (mm)	Esc (mm)
Enero	19.5	164.1	19.5	0
Febrero	3.4	218.8	3.4	0
Marzo	0	242.7	0	0
Abril	0	272.3	0	0
Mayo	190	206.1	190	0
Junio	257.7	142.7	142.7	115
Julio	62.5	165.4	62.5	0
Agosto	133	171	133	0
Septiembre	154	150	150	4
Octubre	36.9	166.6	36.9	0
Noviembre	123	139.7	123	0
Diciembre	20.5	166.3	20.5	0
∑ anual	1000.5		881.5	119
∑ anual %	100%		88%	12%

De acuerdo a lo observado en la **tabla 22** la precipitación anual en la cuenca para el año 1972 fue de 1,000.5 mm. Un 88% del agua se convierte en evapotranspiración, correspondiente a 881.5 mm y un 12% correspondiente a 119 mm se convierte en escorrentía (superficial y subterránea).

El resultado para el mismo año (1972) con la ETR corregida se explica en la última línea de la tabla 23: precipitación (P) 100%, evapotranspiración real (Etr) 83%, escorrentía superficial y subterránea 17%.

3. PASO:

Este paso es un cálculo de control o confirmación de los resultados obtenidos anteriormente, para este ejercicio se tomaron los valores de precipitación de la estación San Juan del Sur y los de evapotranspiración de pana de la estación Rivas, con el fin de calcular evapotranspiración real y escorrentía de la cuenca (ver tabla 23).

Tabla 23:
Cálculo evapotranspiración y escorrentía

Año	Medición		Cálculo	
	San Juan del Sur	Rivas	San Juan del Sur	
1972	P (mm)	Etp (mm)	Etr (mm)	Esc (mm)
Enero	0	164.1	0	0
Febrero	0	218.8	0	0
Marzo	0	242.7	0	0
Abril	0	272.3	0	0
Mayo	142.8	206.1	142.8	0
Junio	192	142.7	142.7	49.3
Julio	217.4	165.4	165.4	52
Agosto	198.2	171	171	27.2
Septiembre	221.2	150	150	71.2
Octubre	81.3	166.6	81.3	0
Noviembre	96.8	139.7	96.8	0
Diciembre	20.5	166.3	20.5	0
∑ anual	1170.2		970.5	199.7
∑ anual %	100%		83%	17%

Se corroboró que para el mismo año se obtienen resultados similares, en ambos valores (ETR y Esc), comprobándose que la relación entre ambas estaciones es válida.

4 . PASO :

Con el cálculo del paso número 2 se determinó el porcentaje de la precipitación que se convierte en escorrentía en el año 1972. Sin embargo aún se debe determinar que volumen de la escorrentía total se convierte en infiltración y qué volumen en escorrentía superficial. Para este último resultado se utilizaron los resultados disponibles de los aforos del flujo base de INETER medidos desde 2001 en la cuenca vecina del río Brito, y los aforos realizados o por el CIRA (2007/2008) en tres distintas subcuencas.

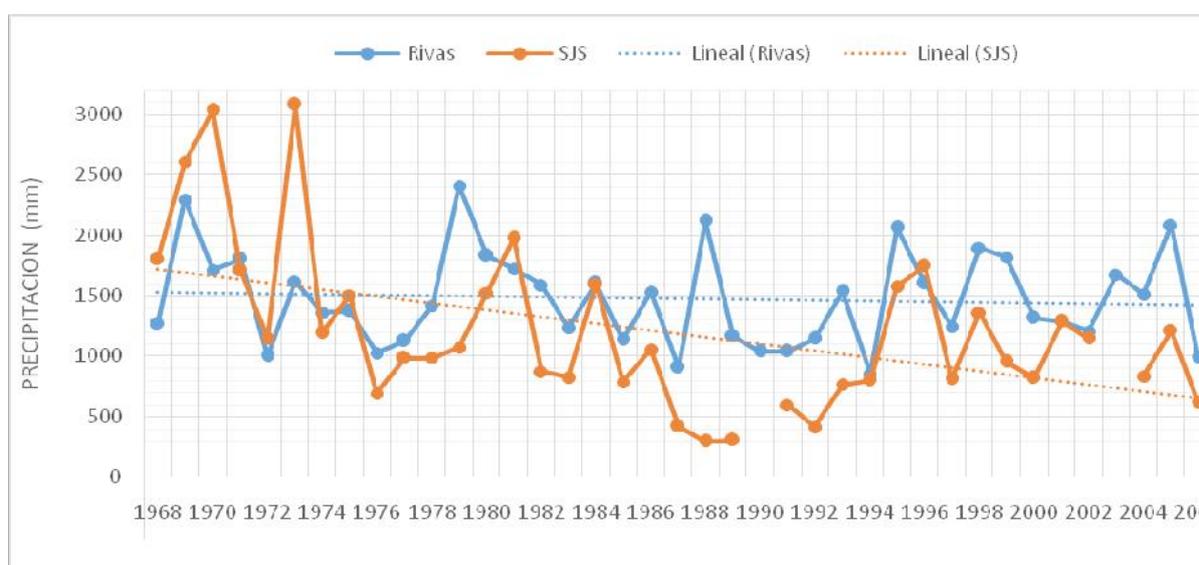
Tabla 24:
Balance hídrico para el año 2001

Parámetro	(mm)	(%)
Precipitación	1287.4	100%
Evapotranspiración	1012	79%
Escorrentía total	275.4	
Escorrentía superficial	158.4	12%
Recarga	117	9%

Como resultado se obtuvo que para el año 2001 donde se midió un volumen de precipitación de 1,287.4 (mm), la evapotranspiración equivale a 1,012 mm, la recarga a 117 (mm) y la escorrentía superficial a 159.4 (mm). Se observa que el 2001 fue el único año en el cual la recarga fue determinada directamente después de las mediciones del flujo base, ya que sólo este año tiene datos de aforo, permitiendo así calcular recarga de forma directa. Para el resto de años seleccionados se debe calcular dicha recarga mediante la aplicación del método de análisis de las curvas de agotamiento

Finalmente el **gráfico 11** muestra el comportamiento de las estaciones pluviométricas de San Juan del Sur y Rivas y algunas similitudes en el comportamiento de ambas curvas, por ejemplo similitudes en el último periodo (1990-2000).

Gráfico: 11
Correlación de la precipitación entre las dos estaciones de San Juan del Sur y Rivas



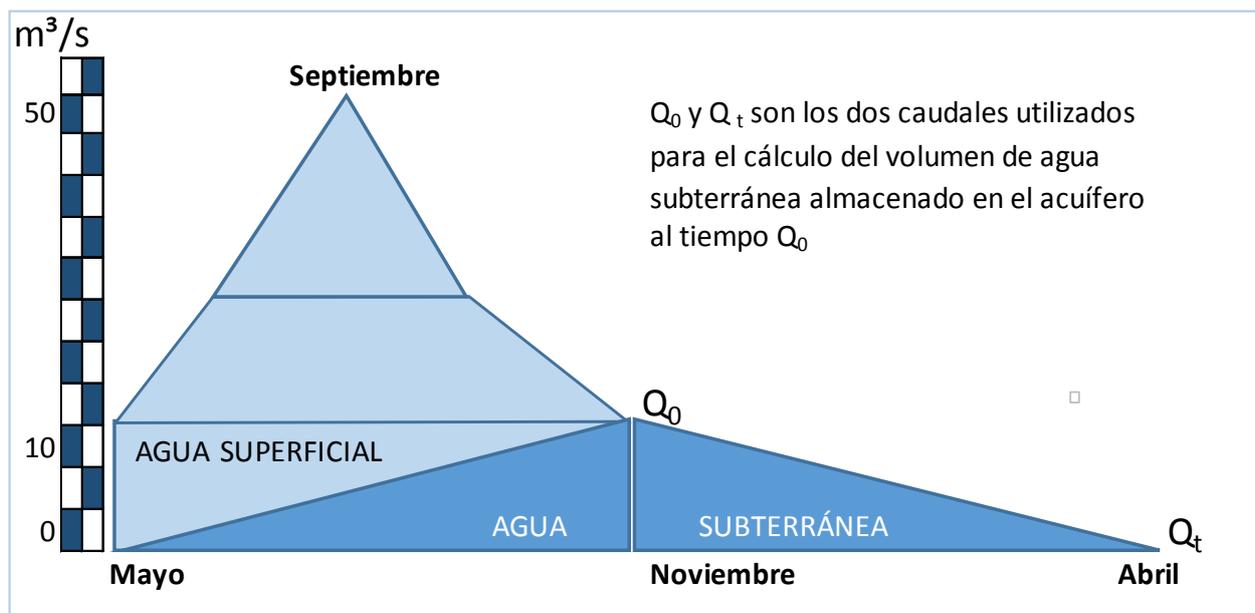
6.1.3. Método para la determinación de la recarga: análisis de las curvas de agotamiento

Los datos disponibles para determinar la recarga de los acuíferos son provenientes de dos fuentes distintas, una serie aforos que CIRA ejecutó entre agosto de 2007 y mayo de 2008 en tres subcuencas de la Cuenca 72 y otra serie de aforos realizada por INETER en la subcuenca La Flor; situada en la cuenca vecina de río Brito, con un rango de 14 años de mediciones, desde el año 2000 al 2014.

La lógica del método de curvas de agotamiento se basa en el principio de que toda el agua que fluye por la red hídrica o red de drenaje en una cuenca durante la época seca, posterior a la época lluviosa, es alimentada por el agua subterránea. Es decir cuando las precipitaciones cesan al fin de la estación lluviosa, el caudal en un río se alimenta únicamente por el drenaje proveniente de los acuíferos, en otras palabras agua almacenada durante la estación lluviosa.

Estas reservas siguen disminuyendo poco a poco hasta que el gradiente de flujo del acuífero hacia el lecho de río llega a cero, en este momento el flujo de agua se detiene y el río se seca (ver **figura 14**). En la esquema simplificado de abajo se muestra la diferencia entre el caudal por agua superficial (color celeste) y el caudal originado por el agua subterránea (color azul). Esta relación agua subterránea-agua superficial sigue una ley logarítmica mediante la cual es posible calcular las reservas de agua subterránea que se encuentran en los acuíferos aguas arriba del punto donde se realizó el aforo.

Figura 14:
Esquema de recarga y descarga de agua subterránea en el ciclo anual



Este fenómeno se ha observado en repetidas ocasiones en las distintas subcuencas de la Cuenca 72, donde los ríos se secan más temprano cuando en el año anterior las precipitaciones fueron inferiores al promedio anual. De igual forma cuando el año anterior fue muy lluvioso, el caudal de agua del río es capaz de mantenerse por un periodo de tiempo mayor.

De acuerdo al principio del método, el flujo base medido en los ríos a final de la época seca correspondería a la recarga producida durante la época de lluvia anterior.

6.1.4 Análisis de las curvas de agotamiento

El calculo del flujo base cuenta con la siguiente ecuación:

$$Q_t = Q_o \times e^{-\alpha t}$$

Donde: Q_t = Caudal del manantial al final del periodo de sequía
 Q_o = Caudal del manantial al principio del periodo de sequía al momento t
 e = Logaritmo natural
 α = Coeficiente de agotamiento

La ecuación anterior permite conocer de forma gráfica o analítica el coeficiente de almacenamiento, mediante el despeje simple de esta variable, esto gracias a que ya se conocen los valores de los otros parámetros dentro de la ecuación, lo que resultaría en:

$$\text{Log } Q_t = \text{Log } Q_o - (\alpha \text{ Log } e) t$$

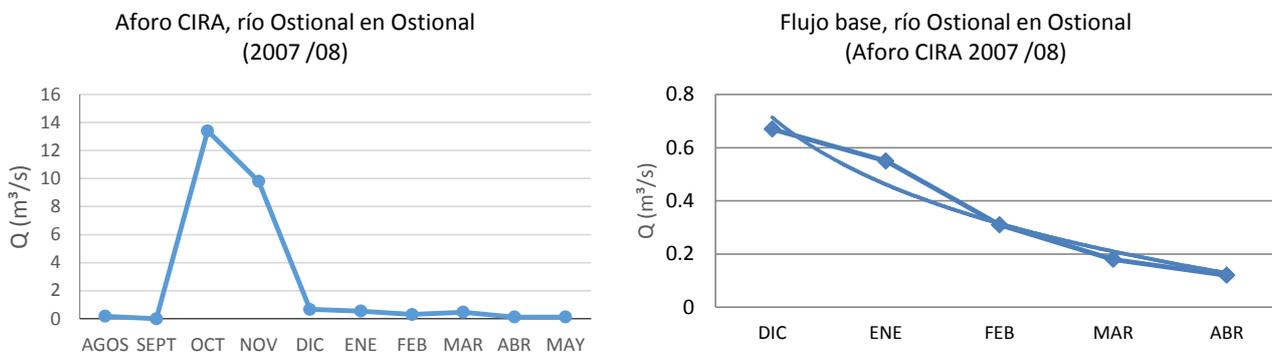
$$\alpha = \frac{\text{Log } Q_o - \text{Log } Q_t}{0.4343 \times t}$$

Los caudales residuales o volumen del recurso en el acuífero al principio de periodo seco se calculan con la siguiente ecuación:

$$Q \text{ recursos} = \frac{Q_o}{\alpha}$$

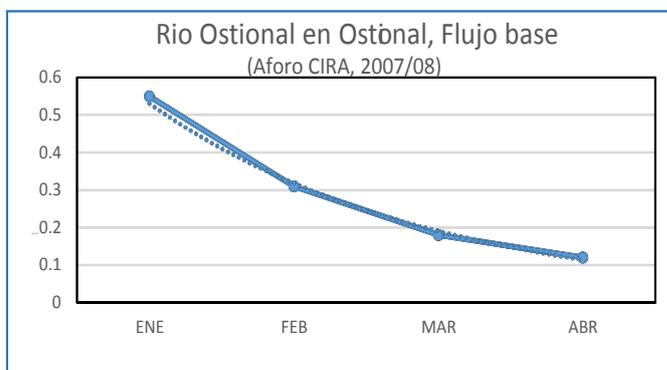
En la **gráfica 12** se observan los aforos realizados por el CIRA en el río Ostional en el año 2007/2008, donde claramente se muestra una marcada época lluviosa de septiembre a diciembre, representada en un flujo mayor de agua sobre el río. La gráfica de la derecha representa los meses de diciembre a abril, correspondiente a la época seca, que al trazar una línea logarítmica (la línea puntuada) sobre la curva de medición, esta no se ajusta en los valores de diciembre.

Gráfica 12:
Aforo (a) y flujo base (b) río Ostional en la subcuenca Ostional.



Al seleccionar los meses de enero a abril (**gráfica 13**) se muestra una marcada coincidencia entre la línea logarítmica que a su vez sigue la ley de agotamiento y los aforos realizados

Gráfica 13:
Curva de cálculo de flujo base



Cuando se logra obtener este nivel de coincidencia se aplican las fórmulas antes expuestas, tomando en cuenta que para el cálculo del coeficiente de agotamiento se debe utilizar la medición del mes de enero como nuestro Q_0 , y como el Q_t el caudal en el mes de abril, obteniendo un α para este ejemplo de 0.27.

$$\alpha = \frac{\text{Log } Q_0 - \text{Log } Q_t}{0.4343 \times t} = 0.27$$

$$Q \text{ recursos} = \frac{Q_0}{\alpha} = 5.27 \text{ MMCA}$$

La **tabla 25** presenta los respectivos cálculos de coeficiente de agotamiento y volumen del recurso con los datos de aforos del CIRA, donde se ha calculado el coeficiente de descarga, que no es más que una relación entre el área de la cuenca y el volumen de recurso.

Tabla 25:
Cálculos de recarga y coeficiente de descarga

Sub-Cuenca	Sitio de aforo	Cuenca (Km2)	Distancia a la Desembocadura	Distancia al Parte Aguas	Mes	Q ₀	Q _t	(α)*	1/α	Q**		q***
						(m³/s)	(m³/s)			(MMC/A)	(mm)	(l/s x km²)
Ostional	Desembocadura	41.9	1 km	11 km	Oct	13.40						
					May		0.12	0.27	3.70	5.27	126	4.00
	Los Chorros	19.0	7 km	5 km	Oct	3.08						
		Total: 45.7			Abr		0.03	0.46	2.17	3.25	171	5.40
La Flor	Desembocadura	34.3	1 km	11 km	Oct	12.08						
					Abr		0.04	0.38	2.60	5.77	168	5.30
	La Tortuga	23.4	4.5 km	7.5 km	Oct	12.10						
		Total: 37.4			Abr		0.04	0.20	5.00	3.63	155	4.90
El Baston	Desembocadura	17.6	0.5 km	5 km	Oct	2.65						
					Mar		0.00	1.24	0.80	0.68	39	1.20
	Cuatro Tubos	4.8	4 km	1.5 km	Oct	0.23						
		Total: 17.6			Mar	0.00	Datos no interpretables					

* Coeficiente de agotamiento
** Recarga anual
*** Coeficiente de descarga

Los coeficientes de agotamiento y de descarga varían en la misma cuenca y entre dos cuencas; aunque entre Ostional y La Flor, la variación no es grande. En la cuenca de Ostional, la parte baja de la cuenca parece ser menos permeable que la parte alta y en La Flor es lo contrario. La Flor es más pequeña (37.4 km²) que Ostional (45.7 km²), pero su acuífero tiene más capacidad de recarga 5.7(MMC/A) contra 5.27(MMC/A) en Ostional.

En general, el orden de magnitud entre las mediciones en Ostional y La Flor es muy similar. Sin embargo hay una diferencia enorme entre Ostional y La Flor y El Bastón en el noroeste. Los resultados más representativos han sido marcados en rojo y corresponden a las mediciones próximas a la desembocadura del río que drena toda la cuenca. En esta medición se suman todas las variaciones que puede tener el acuífero en la cuenca.

Cuando se conoce la superficie del acuífero, la recarga se puede expresar como coeficiente de descarga en (l/s x km²). Es un valor característico que cuantifica el flujo de agua subterránea que esta siendo liberado por unidad de terreno. En el caso de las subcuencas de Ostional y La Flor (y todas los demás subcuencas), las superficies de la cuenca y del acuífero son idénticas y el coeficiente de descarga se puede utilizar. Para Ostional y la Flor, el coeficiente de descarga se sitúe entre 4.0 y 5.3 (l/s x km²), para El Bastón solamente 1.2 (l/s x km²).

Sin embargo, tenemos que recordar que las mediciones se hicieron en un año muy lluvioso. Por un lado la recarga de un acuífero depende de su capacidad de infiltración, pero por otro lado también de la oferta del medio de infiltración, es decir de la lluvia.

6.4. Balance hídrico de oferta y demanda de aguas superficiales y subterráneas

La metodología de cálculo de los parámetros del balance hídrico anteriormente mostrada se aplicó para cada uno de los años seleccionados: 1972, 1975, 1977, 1984, 1994, 1996, 2001, y 2002. Esta selección de años se realizó principalmente en base a la correlación existente entre los datos de precipitación de las estaciones de Rivas y San Juan del Sur.

6.4.1. Resultado de cálculos del balance hídrico por 9 años entre 1972 y 2002

Se realizó un análisis estadístico de medias móviles de las precipitaciones para 3 y 11 años. Las medias o promedios móviles (PM) se utilizaron como una manera de disminuir la variación de los volúmenes de precipitación y así eliminar el efecto aleatorio de los cambios anuales y estacionales. Estos promedios permiten observar más fácilmente las tendencias del comportamiento de la precipitación en la cuenca (Cornejo, 2011).

En la **tabla 26** se reflejan los resultados del balance hídrico en cada año seleccionado, también se presentan los valores para cada parámetro utilizado (por columnas) en el cálculo del balance hídrico, la escurrimiento subterránea se encuentra representada por el símbolo (ΔI).

Cabe señalar que los valores de la media lineal (columna 3) corresponden al resultado del análisis de los PM y que está representado en el **gráfico 9**, donde para cada año de precipitación anual se establece un valor promedio. Este valor medio se utilizó para clasificar los años de acuerdo a la cantidad de lluvia que precipitó obteniendo una clasificación de medio, seco o lluvioso.

Tabla 26:
Balance hídrico para los años seleccionados

1	2	3	4	5	6	7	8
Año	P anual	Media lineal	Pluviosidad Saldo (3-2)	Etr	Esc	ΔI	Saldo de (Esc- ΔI)
	(mm)			(mm)			
1971	1,706	1650	56	1,520.3	185.6	120	65.5
1972	1,150	1600	-450	970.5	199.7	40	159.7
1975	1,502	1500	2	673.8	827.8	90	737.8
1977	981	1450	-469	853.3	127.6	40	87.6
1984	1,599	1300	299	785.1	814.1	150	664.1
1994	799	1000	-201	722.1	76.4	60	16.4
1996	1,747	950	797	899.6	847.6	170	677.6
2001	1,287	800	487	1012	275.4	117	158.4
2002	1,144	750	394	657.9	486.2	150	336.2
Resultados según año pluviométrico							
Medio	1,324			899		104	323
Seco	1,027			738		58	98
Lluvioso	1,639			1,168		141	604
*** Escorrentía superficial y subterránea, los valores de cada una de las columnas están dados en mm							
	Año medio			Año lluvioso			Año seco

En la tabla anterior se observa una clasificación del volumen de precipitación, y de acuerdo a ésta se determinaron 3 años de pluviosidad: año con precipitación media, año con precipitación por debajo del promedio (año seco) y año con precipitación mayor al promedio (año lluvioso). En la tabla cada valor pertenece a un año específico y se representa a través de colores. El color verde es equivalente a un año con precipitación media, (1324mm), el color celeste representa año lluvioso (valor alto) con precipitaciones cercanas a los 1639 mm y el color anaranjado claro un año seco (valor bajo) (1,072mm).

Luego de aplicadas las medias lineales se obtuvo el saldo de la pluviosidad, que corresponde a la diferencia que existe entre la precipitación real con la esperada. Se determinaron 4 años con pluviosidades altas entre ellos un año muy lluvioso (1996), dos años medios y tres años secos, y un año muy seco (1977). La pluviosidad es el parámetro que relaciona la precipitación de cada año con su media lineal, es decir que la precipitación en un año puede haber superado el valor promedio que se establece para calificarlo como año lluvioso, aunque no necesariamente los volúmenes de lluvia alcancen los esperados de acuerdo a la media establecida por año.

La evapotranspiración real es un parámetro que depende directamente de la temperatura, para los años seleccionados (de acuerdo a lo mostrado en la tabla), se obtuvieron 2 años con evaporaciones altas, 5 años con evaporaciones bajas y 2 años con evaporación media. Esta clasificación se hizo mediante el uso de umbrales, donde todo valor que exceda los 1,168 mm es considerado alto, todo valor entre 899 y 1168 mm es considerado medio y todo valor entre 738 y 899 o menor es considerado bajo.

El balance también logra identificar que existen 5 años con alta infiltración de agua y cuatro años con bajas infiltraciones, correspondiendo estas últimas a tres de los años donde se experimentaron las menores precipitaciones. Algunos resultados similares se obtuvieron con la escorrentía superficial, los valores bajos coinciden con los años de poca precipitación.

Las mayores infiltraciones se encuentran en los años con mayor superávit de pluviosidad, de igual forma la escorrentía superficial es alta en estos mismos años, no así en 1975, donde hubo un valor medio de pluviosidad y un valor muy elevado de escorrentía superficial. En este caso se encontró la respuesta en el bajo valor de la evapotranspiración real, posiblemente relacionado con bajas temperaturas, lo que permite que esté disponible mas recurso en el medio.

Un valor que resaltar es 1996, donde tanto la escorrentía superficial como la escorrentía subterránea obtuvieron valores altos, de igual forma la evapotranspiración, esto se debe principalmente a que la precipitación excedió en casi el doble el valor medio esperado. Se obtuvo el valor más alto de pluviosidad de todos los años analizados, el efecto contrario lo observamos en el año 1977, donde se midieron las precipitaciones más bajas y de mayor déficit de pluviosidad, repercutiendo en baja infiltración y escorrentía superficial.

De manera general vemos que el balance hídrico varía considerablemente de un año a otro año, por lo que el balance de un año puede no ser representativo del año anterior. De igual forma el poco volumen de datos disponibles en la cuenca hace que se dificulte el cálculo del balance (**Tabla 27**). Con un mayor control de los parámetros del balance a través de mediciones más frecuentes se podría caracterizar mejor la pluviosidad y escorrentia.

Tabla 27:
Balance hídrico y escenarios climáticos para la Cuenca

Año	P anual		Etr		ΔI		Esc-sup	
	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
1971	1706	100	1520.3	89	120	7	65.6	4
1972	1150	100	970.5	84	40	3	159.7	14
1975	1502	100	673.8	45	90	6	737.8	49
1977	981	100	853.3	87	40	4	87.6	9
1984	1599	100	785.1	49	150	9	664.1	42
1994	799	100	722.1	90	60	8	16.4	2
1996	1747	100	899.6	51	170	10	677.6	39
2001	1287	100	1012	79	117	9	158.4	12
2002	1144	100	657.9	58	150	13	336.2	29
Media			899	70	104	8	323	22
Medio	1323.9	100	899.4	68	104.1	8	322.6	24
Seco	1072	100	738.4	69	57.5	5	97.5	9
Lluvioso	1638.5	100	1167.6	71	141.4	9	603.9	37

Luego de analizar los resultados anuales en función de su relación a nueva lluvia anual del 100 %, se pueden realizar estimaciones de los rangos máximos y mínimos de cada uno de los parámetros que conforman el balance hídrico.

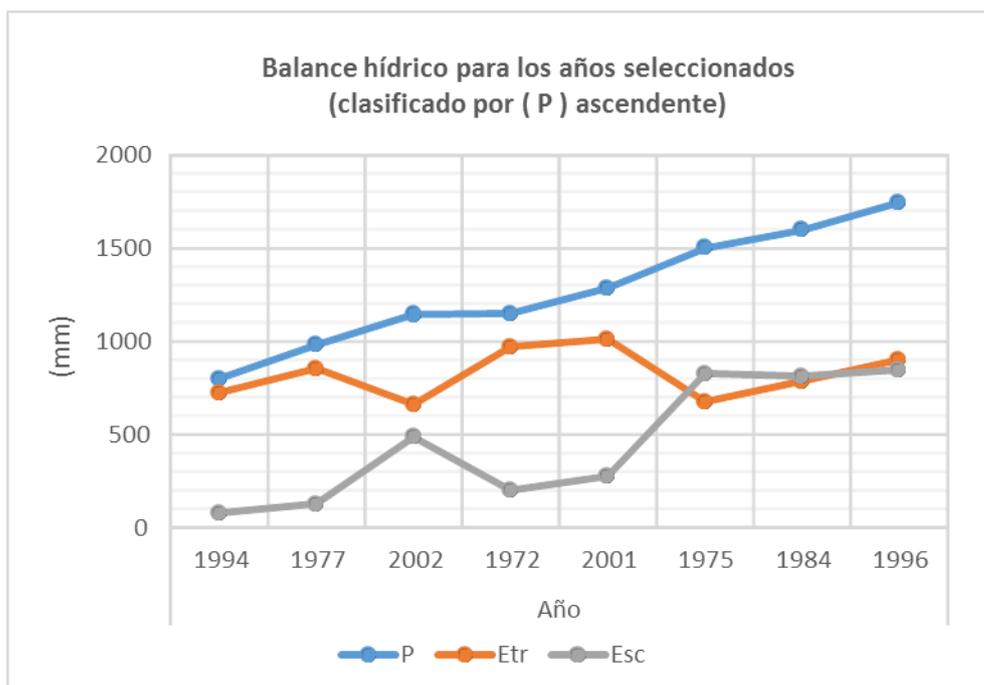
- La **Evapotranspiración real** varía entre 90% (máx.) y 45% (min.) con un promedio de 68% o 899 (mm).
- La **Escorrentía superficial**, que es el término más variable, varía entre 42% (máx.) y 4% (min.) con un promedio de 22%.
- La **recarga subterránea** varía poco, con un máximo de 13%, un mínimo de 3% y un promedio de 8%.
- Como **promedio** de los 9 años obtenemos: precipitación (100%), evapotranspiración (70%), escorrentía superficial (22%) y recarga subterránea o flujo base (8%).

Como actividad final del balance hídrico se calcularon los balances hídricos por cada subcuenca de la cuenca 72, lo que permite conocer más a detalle la disponibilidad de agua en la zona (Ver acápite 6.4 Balance hídrico de oferta y demanda de aguas subterráneas).

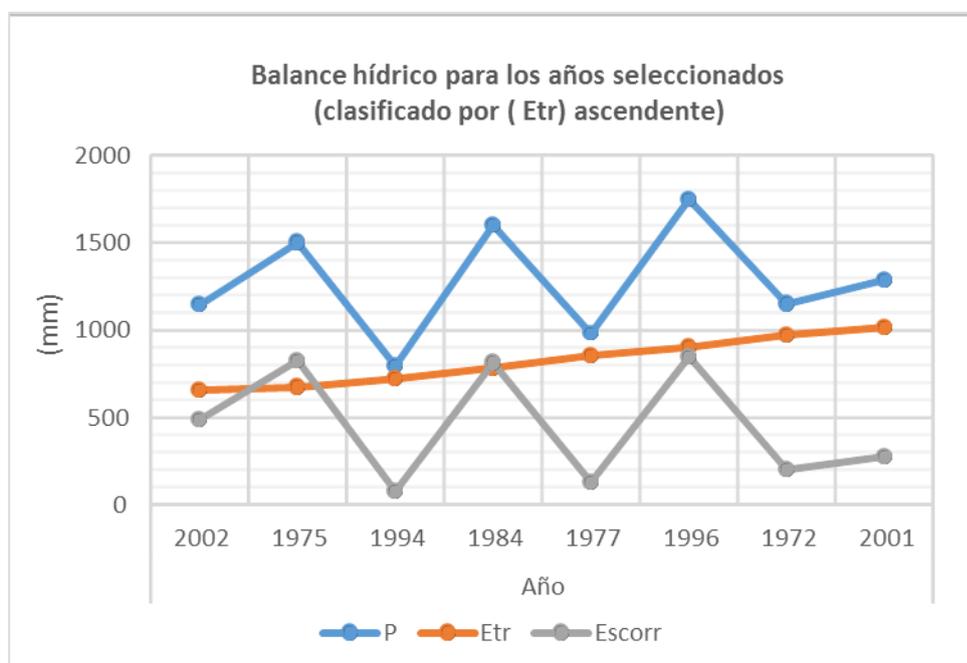
Además se realizó un análisis de correlaciones entre los parámetros utilizados para el cálculo (escorrentía, precipitación y evapotranspiración), con el fin de identificar relaciones interanuales del comportamiento hidrológico de la cuenca. Para este análisis se ordenaron los valores de cada parámetro de forma ascendente, y se observan los demás parámetros, con el objetivo de identificar el comportamiento de estos en función del parámetro seleccionado.

En la **gráfica 15** se ha ordenado la precipitación de forma ascendente, se logra apreciar que no existe una relación directa entre precipitación y la evaporación real y tampoco entre la esta última y la escorrentía, ya que a pesar que la precipitación va en ascenso los demás parámetros varían de año a año, no guardan así una tendencia en dependencia de la precipitación, es decir la precipitación no condiciona el comportamiento de los demás parámetros.

Gráfica 15:
Resultado de balance hídrico en función de la precipitación



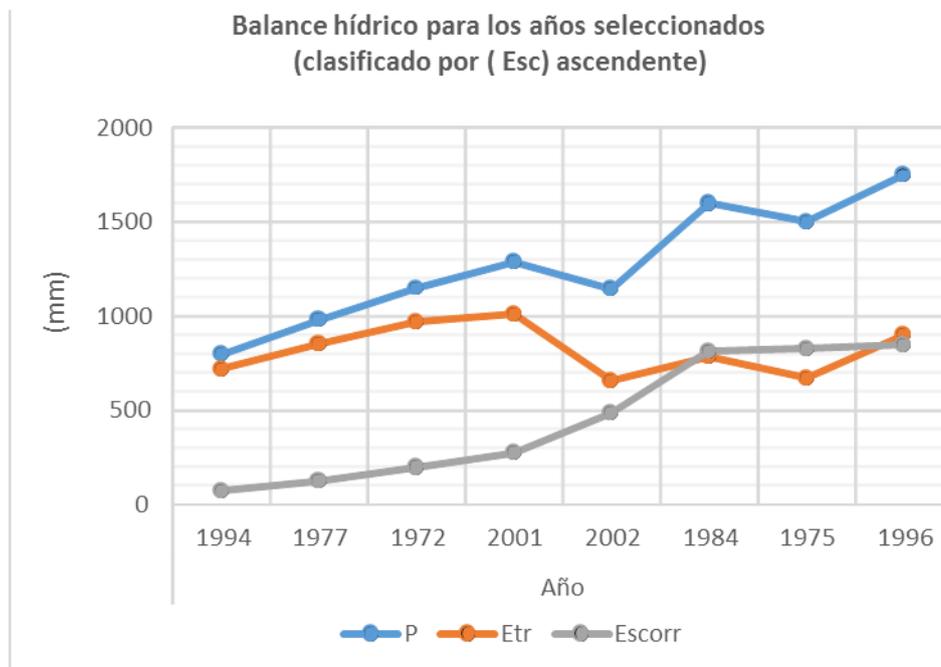
Gráfica 16:
Resultado de balance hídrico en función de la evapotranspiración real



En la gráfica anterior encontramos que la (Etr) no tiene relación directa con el comportamiento de la (P) o con la (Esc). No obstante observamos que la (P) y la (Esc) demuestran una correlación perfecta. La correlación prueba ser tan buena, que se puede expresar dicha relación en forma de ecuación tipo: $y = mx + b$, esta ecuación permitiría de determinar la escorrentía (y), si se conoce la precipitación (x).

En la **gráfica 17** permanece constante la relación precipitación-escorrentía, coincidiendo con la **gráfica 16**, lo que respalda la hipótesis de que la precipitación condiciona a la escorrentía tanto superficial como subterránea, por ende se asume que la principal fuente de agua de la cuenca es la precipitación.

Gráfica 17:
Resultado de balance hídrico en función de la escorrentía



- Se logró calcular el balance hídrico para 9 años seleccionados entre 1971 y 2002, de ellos 3 años son secos que incluye un muy seco, 4 lluviosos, entre ellos uno muy lluvioso y 2 con lluvia en su valor medio.*
- Debido a la alta variabilidad de la lluvia no se puede tener un balance hídrico representativo y válido por más de un año. El promedio calculado de los 9 balances debe ser considerado como resultado provisional para poder predecir posibles escenarios frente al cambio climático.*
- Además es necesario un monitoreo periódico de los parámetros del balance hídrico en la cuenca para poder llegar a resultados más representativos.*
- Del análisis interanual de los parámetros del balance hídrico se determinó que la evapotranspiración sólo depende de la temperatura, y no necesariamente con la precipitación.*



La precipitación y la escorrentía (superficial y subterránea) guardan relación directa, lo que permite hacer una conjetura sobre la disponibilidad de agua: existirá disponibilidad de los recursos hídricos en la cuenca solamente cuando llueva en abundancia o si existe capacidad de almacenamiento suficiente para acumular el superávit de agua de años lluviosos.

6.5. Balance hídrico de oferta y demanda de aguas subterráneas

En la Cuenca 72 no hay ríos con flujo permanente; aunque los gráficos de los aforos de CIRA sugieren lo contrario, que en un año lluvioso (2007/08), el flujo en los ríos se mantuvo a niveles altos, por lo menos durante la estación lluviosa. Otras propias observaciones realizadas en el marco de este proyecto demostraron resultados diferentes: cuando llueve, el nivel de un río sube rápido; pero desciende rápidamente a niveles muy bajos y solamente logra subir otra vez con las próximas precipitaciones. Esto se debe a la morfología de las subcuencas que son muy pequeñas y no hay medio almacenador que permita prolongar la escorrentía.

En vista a la anterior condición de la cuenca se concluye que los recursos disponibles para solventar la demanda de los usuarios son exclusivamente recursos de agua subterránea. Asimismo en la subcuenca de San Juan tampoco hay acuíferos de importancia, excepto el acuífero que alimenta a los pozos de ENACAL en el casco urbano de la ciudad. Se estimó que la capacidad de almacenamiento de este acuífero es de 1 MMC, lo que equivale aproximadamente a la explotación en un año de los 7 pozos de ENACAL actualmente en funcionamiento. Este acuífero es de hecho el más poderoso en toda la cuenca, lo que dice mucho sobre el precario potencial de los recursos subterráneos. Todos los pozos excavados que se encuentran diseminados en las capas del TEB en toda la cuenca tienen una capacidad muy limitada, solamente brindan el recurso suficiente para uso doméstico de una familia, por lo cual no bastarían para un complejo turístico con equipamiento moderno.

Para llegar a un balance oferta demanda representativo se utilizó un procedimiento basado en los datos existentes en la cuenca, como lo son los aforos realizados por el CIRA e INETER así como los resultados obtenidos del balance hídrico y observaciones realizadas durante la elaboración del presente estudio. A continuación se describe el procedimiento seguido.

6.5.1. Procedimiento

En un primer ejercicio se determinó la recarga, usando exclusivamente los resultados de los aforos de CIRA para 3 subcuencas en un año lluvioso. La correlación que existe entre las subcuencas se hizo usando el coeficiente de descarga de cada una y la correlación entre los escenarios climáticos se hizo usando diferentes coeficientes de pluviosidad (ver tabla 28).

Tabla 28:
Relación de la recarga por diferentes escenarios climáticos con aforos de CIRA

Subcuenca	Área (km ²)	Coeficiente de descarga (l/s x km ²)		Coeficiente de pluviosidad año (%)			Recursos (MMC/A)*		
		medido	calculado	lluvioso	medio	seco	lluvioso	medio	seco
Mata de Caña	18.5		1.2	1.02	0.68	0.45	0.7	0.5	0.3
Ocotal	3.6		1.2	1.02	0.68	0.45	0.1	0.1	0.1
El Bastón	17.6	1.2	1.2	1.02	0.68	0.45	0.7	0.5	0.3
San Juan	40.6		5.3	1.02	0.68	0.45	6.9	4.6	3.1
El Mango	7.4		4	1.02	0.68	0.45	1.0	0.6	0.4
Escamequita	32.3		5.3	1.02	0.68	0.45	5.5	3.7	2.4
Escameca	39.9		5.3	1.02	0.68	0.45	6.8	4.5	3.0
El Coco	5.5		4	1.02	0.68	0.45	0.7	0.5	0.3
La Flor	37.4	5.3	5.3	1.02	0.68	0.45	6.4	4.3	2.8
El Ostional	45.7	4	4	1.02	0.68	0.45	5.9	3.9	2.6
El Naranjal	48		4	1.02	0.68	0.45	6.2	4.1	2.7
Suma	296.5						40.9	27.2	18.0

*MMC/A=Millones de Metros Cúbicos Anuales

En una segunda aproximación se determinó la recarga incluyendo los aforos de CIRA y de INETER. A diferencia del primer intento, los aforos de INETER se extienden a lo largo de 12 años con precipitaciones variables. También se compararon los resultados de dichos aforos con los resultados de los balances hídricos calculados anteriormente incluyendo los términos (P), (Etr) y (Esc). Para el año 2001/02 se obtuvo el balance hídrico con ayuda de la recarga real medida. Este año se puede clasificar como año medio a medio lluvioso, con el mayor superávit de agua de los años incluidos en el balance. La recarga obtenida fue de 117 mm, con este conjunto de datos disponible pudimos estimar con buena exactitud la recarga típica en mm tanto en un año seco, medio lluvioso (ver tabla 29).

La correlación entre la pluviosidad anual y la recarga no es muy buena si se toma solo un año como referencia. Sin embargo cuando se considera más de un año en el análisis de la correlación esta se mejora. Un año lluvioso es verdaderamente lluvioso, cuando se sitúa dentro o al fin de un periodos lluviosos de varios años seguidos, los años se caracterizan por un superávit de lluvia anual.

Tabla 29:

Determinación de la recarga por diferentes escenarios climáticos con aforos de CIRA, INETER y con 8 cálculos del balance hídrico.

Subcuenca	Área (km ²)	Recarga			Recursos Subterráneos / Recarga Anual		
		Año Lluvioso	Año Medio	Año Seco	Año Lluvioso	Año Medio	Año Seco
		(mm)	(MMC/A)		(MMC/A)		
Mata de Caña	18.5	160	90	45	3.0	1.7	0.8
Ocotal	3.6	40	30	20	0.1	0.1	0.1
El Bastón	17.6	40	30	20	0.7	0.5	0.4
San Juan	40.6	160	90	45	6.5	3.7	1.8
El Mango	7.4	160	90	45	1.2	0.7	0.3
Escamequita	32.3	160	90	45	5.2	2.9	1.5
Escameca	39.9	160	90	45	6.4	3.6	1.8
El Coco	5.5	160	90	45	0.9	0.5	0.2
La Flor	37.4	160	90	45	6.0	3.4	1.7
El Ostional	45.7	160	90	45	7.3	4.1	2.1
El Naranjo	48	160	90	45	7.7	4.3	2.2
Suma	296.5				44.9	25.4	12.8

Una comprobación idéntica se evidencia al observar el mismo comportamiento en un ciclo de años secos. Estos ciclos se pueden detectar, formando medias móviles anuales (MM). Para este caso se utilizó la media móvil de tres años (MM-3), la media móvil de 11 años (MM-11) y el índice (MM-3 - MM-11).

Incluir el análisis de los datos de la estación Brito permitió obtener resultados más confiables. A como se observa en la tabla anterior las cuencas con mayor de recarga son la subcuenca Ostional y la subcuenca El Naranjo, superando ambas los 7 MMMC/A. Sin embargo la cuenca más explotada es la subcuenca san Juan del Sur, que alcanzó un máximo de recarga en periodo lluvioso de casi 6.5 MMC/A, y si bien es cierto en términos de recarga global es ligeramente inferior a El Naranjo y Ostional se debe a que estas últimas poseen un área mayor que la subcuenca San Juan del Sur.

Aunque en términos de recarga la subcuenca San Juan del Sur se encuentra por debajo de los potenciales de las subcuencas Naranjo y Ostional, la formación aluvial de sus suelos le permite tener una mayor capacidad de almacenamiento y transporte del agua que infiltra mucho mayor que las demás subcuencas. Esto hace que sea el acuífero más productivo de la cuenca, no así los acuíferos de Ostional y el Naranjo cuya conformación geológica no permite el almacenamiento y transporte de grandes cantidades del recurso.

La subcuenca que tiene los potenciales más bajos de recarga es Ostional, no logrando alcanzar los 200 mil metros cúbicos anuales, otras subcuencas con baja recarga anual son El Bastón ubicada en la parte norte de la cuenca y El Coco que se localiza en la parte sur de la misma.

Al realizar una comparación de las dos tablas, se nota una buena coincidencia de los resultados para un año lluvioso, seco y medio. Los valores que más sufrieron modificaciones fueron justamente los de recarga en las subcuenca El Naranjo y Ostional, dicha modificación se debe al mayor volumen de datos brindados por INETER, por lo que se considera el segundo ejercicio como de mayor representatividad para explicar el comportamiento hidrológico de la cuenca.

En la **tabla 30** pueden observarse los resultados obtenidos del análisis de oferta y demanda, de agua en la Cuenca 72.

**Tabla 30:
Balance oferta - demanda de agua en la Cuenca 72**

Oferta de Agua (MMC/A)		Demanda Total (MMC/A)	Porcentaje de la demanda respecto a la oferta total (%)	Demanda para consumo humano (MMCA)	Balance oferta/ demanda total (MMC/A)
Oferta Año Seco	12.8	2.4	19	2.3	10
Oferta Año Medio	25.4		9		23
Oferta Año Lluvioso	44.9		5		42.5

Si compara la oferta y demanda durante un año seco se nota, que la oferta excede de lejos a la demanda actual en todas las subcuencas, menos en la subcuenca de San Juan del Sur. En esta última los recursos disponibles en un año seco no cubren la demanda actual, sólo se logró cubrir con la captación superficial del lago Cocibolca.

-  *Debido al rápido drenaje de los cuerpos de agua superficial y al no existir en la cuenca un medio almacenador, la única opción para los usuarios de la cuenca es la explotación del agua subterránea.*
-  *Los acuíferos de la cuenca son muy pobres, a excepción del acuífero de la subcuenca San Juan del Sur, cuya depósitos geológicos (Aluvial Cuaternario) le permite almacenar y transportar mayores cantidades del recurso.*
-  *La recarga anual de toda la cuenca en un año medio es de 25.4 MMC/A, de 12.8 MMC/A en el escenario seco y de 44.9 MMC/A en un escenario lluvioso.*
-  *En estos escenarios climáticos la demanda de agua de la cuenca es fácilmente suplida por la oferta de agua, lo que se debe a los bajos volúmenes de demanda de agua producto de la actividad económica principal en la cuenca.*

7. Situación del suministro de agua potable y saneamiento

En este capítulo se aborda la situación del suministro de agua potable dentro de la Cuenca 72, desde la perspectiva de suministro rural y urbano. Asimismo se describe el tipo de obra utilizada para realizar cada uno de los tipos de suministro. Finalmente se describe la situación de las aguas residuales y desechos sólidos.

7.1. Suministro rural

El suministro de agua potable a las comunidades en el área rural de la cuenca 72 se da principalmente mediante pozos perforados por el FISE¹² y la alcaldía de San Juan del Sur. El área correspondiente a Tola y Cárdenas no presenta población asentada, no existiendo proyectos de agua potable en dicha zona. Los pozos perforados en la cuenca son administrados por Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) que se encargan de la operación y mantenimiento de cada sistema.

Según FISE¹², todos los pozos perforados que se encuentran en funcionamiento son categorizados como Mini Acueductos por Bombeo Eléctrico (MABE). Los acueductos por bombeo son sistemas que incluyen al menos un bombeo en algún punto de la red de distribución incluyendo zonas que funcionen por gravedad. Posterior a su extracción el agua es enviada hacia tanques de almacenamiento de distintas capacidades, localizados en las partes más altas del terreno, y de ahí por gravedad, es suministrada a las viviendas conectadas a la red.

También en los pozos con bombeo no manual sin conexiones de red alguna, posterior a su extracción el agua es enviada hacia tanques de almacenamiento de distintas capacidades (**ver tabla 31**).

Al igual que en la subcuenca Mayales, la mayoría de los pozos perforados ubicados en la zona rural de la Cuenca 72, están provistos con sistemas de bombeo sencillos llamados bombas de mecate, que son utilizados para el suministro de agua potable de un hogar, también existen pozos excavados con este tipo de bomba (**foto 12**). Además de los pozos excavados sin ningún sistema de bombeo en donde la extracción de agua se realiza de forma manual.

Los pozos de las zonas rurales no se encuentran bien protegidos. Por ejemplo, los pozos perforados con bomba de mecate son fácilmente desmontables haciéndolos propensos a la contaminación antropogénica y animal. Los pozos excavados tienen una construcción más rudimentaria, con revestimiento de menor a 1 m y gran diámetro (alrededor de 1 m) se encuentran más expuestos a cualquier tipo de contaminación (**foto 13**).

Las letrinas en las comunidades en muchas ocasiones se localizan cerca del pozo excavado, y a favor del gradiente o desnivel es decir la letrina se localiza en la parte más alta y el pozo en la parte más baja, lo que facilita el transporte de agentes bacteriológicos hacia la fuente contaminando así sus aguas.

A finales de 2014 se elaboró el levantamiento de línea base de los CAPS para la Cuenca 72 y se determinó que la cuenca cuenta con 7 comités con sistemas MABE que atendían a 491 familias (Ver Anexo 4.1).

Datos actualizados por la alcaldía de San Juan del Sur para el año 2017 confirman que existen un total de 12 pozos perforados administrado por CAPS, estos abastecen un total de 809 viviendas y 4045 habitantes aproximadamente (**ver tabla 31**). Aún así estos sistemas no son suficientes para suministrar del recurso a toda la población y aún existe un gran número de usuarios que se abastecen del recurso mediante pozos excavados en sus viviendas.

¹² Fondo de inversión social de emergencia

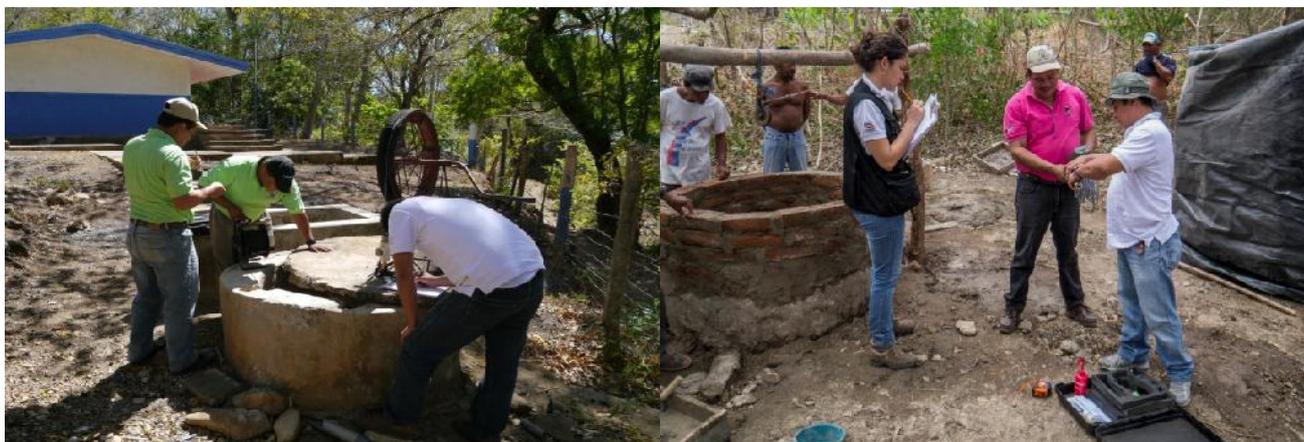


Foto 12 Izquierda: Pozo excavado con bomba de mecate y expuesto a contaminación. Foto 13 Derecha: Segundo ejemplo de pozo excavado revestido con ladrillos de abode y vulnerable a cualquier tipo de contaminación.

En la **tabla 31** se especifican las características más importantes de cada CAPS, como: tipo de sistema de suministro instalado, familias beneficiarias, conexiones y caudal estimado por sistema. Cabe mencionar que algunos comités todavía necesitan legalizarse ante la alcaldía e INAA, también se detectó que la mitad de los comités en esta zona no tienen los debidos títulos de propiedad. La información adicional sobre estos comités fue recopilada a través de la base de datos SIASAR¹³ del NUEVO FISE.

Otros datos importantes de las comunidades son el alto porcentaje de la cobertura de agua potable para las comunidades con sistemas de abastecimiento, de las 7 comunidades solo en el poblado Las Parcelas la cobertura es de 25%. Según la información oficial del SIASAR, las viviendas con letrinas son 973 que corresponde al 91% del total de las viviendas (1065) de las 15 comunidades.

¹³ Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural

Tabla 31:
Características del suministro rural utilizado en la Cuenca 72

No	Nombre del CAPS	Tipo de sistema	Beneficiarios (familias)	Tiene protección	Fuentes contaminantes	Conexiones (número)	Cobertura (%)	Almacenamiento (m ³)	Caudal estimado (m ³ /año)
1	Sistema de agua potable Escamequita	MABE	75	si	no	59	79	30	21,600
2	Sistema de agua potable El Pochote	MABE	101	si	si	89	100	30	21,600
3	Sistema de agua potable Hermanos Mendoza	MABE	50			50	100	10	7,200
4	Sistema de agua potable Ostional	MABE	118	no	no	118	100	30	21,600
5	Sistema de agua potable La Libertad	MABE	N/D*	no	no	N/D*	N/D*	26	1,800
6	Sistema de agua potable San Jerónimo	MABE	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	26	9,526
7	Sistema de agua potable Pueblo Nuevo Sur	MABE	35	no	no	35	100	35	3,600
8	Sistema de agua potable Tortuga	MABE	120	si	si	109	92	30	21,600
9	Sistema de agua potable El Ojochal	MABE	34	si	no	28	82	10	7,200
10	Sistema de agua potable Montecristo	MABE	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	10	3,600
11	Sistema de agua potable Ojo de agua	MABE	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	10	3,600
12	Sistema de agua potable San Antonio de Ostional	MABE	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	10	3,600
Total			518			486	93	211	126,526

* N/D=No definido, fuente: Alcaldía de San Juan del Sur y SIASAR FISE

7.2. Suministro urbano

Actualmente el suministro en el casco urbano de San Juan del Sur y la comarca de El Bastón se logra mediante dos fuentes principales, la extracción de agua localizada en el lago Cocibolca y del campo de pozos perforados localizados frente a la alcaldía de San Juan del Sur, que constituyeron la principal fuente de abastecimiento antes de la construcción del sistema proveniente del lago (**fotos 14 y 15**).

Según ENACAL, el sistema de suministro de San Juan del Sur empezó su construcción en 2010 y comprendía la planta de tratamiento de agua potable ubicada en el sector de La Virgen, carretera hacia San Juan del Sur, con una capacidad de potabilización de 195 l/s. La línea de conducción es de 24 km de longitud y la obra de almacenamiento ubicada la parte alta en la comarca El Bastón, correspondiente a dos tanques con capacidad de 2400 m³, de donde posteriormente el agua baja por gravedad al casco urbano de San Juan del Sur y la comarca el Bastón.

Los pozos aún son utilizados como respaldo en caso de avería de la planta potabilizadora o la línea de conducción o como fuente de abastecimiento mientras se le da mantenimiento al sistema. El régimen actual de funcionamiento de los pozos es de 3 días al mes aproximadamente. Este campo de pozos pertenece y es administrado por ENACAL y cuenta con alrededor de 7 pozos localizados en terrenos cercanos a las instalaciones de la municipalidad de San Juan del Sur y en los barrios Zacarías Israel Mora y José Barberena.



Fotos 14 y 15: Pozo No. 8 y No. 12 pertenecientes al campo de pozos de ENACAL.

En la **figura 9** se muestra el plano de suministro de agua potable del casco urbano de San Juan del Sur y barrios aledaños, las redes de conexión dentro de la figura están representadas por líneas de diferente colores y esta diferencia de colores corresponden a diferentes diámetros de la tubería (color gris= igual diámetro de tubería más pequeña seguido de una gama de 7 colores hasta alcanzar color café con diámetro de tubería más grande).

En el marco del programa PROATAS-GIZ se ha trabajado en conjunto con ENACAL en aspectos significativos a la operatividad y optimización del sistema y suministro de agua potable en San Juan del Sur. Dentro de los avances más representativos se han disminuido las fugas de agua por pérdidas de presión, entre el 55% al 69%, mediante la creación de micro sectores hidráulicos que permitieron la medición adicional de 21, 276 m³ (equivalente a C\$ 249,498), que a su vez representa una disminución en el número de horas que se debe detener el suministro por reparaciones a la red. Se ha capacitado al personal técnico y administrativo en temas de optimización de procesos de corte, reconexión, atención al cliente, mecanismos de recaudación, tecnificación del proceso de lectura de consumo entre otras.

También se incrementó en 646 el número de usuarios del sistema y el porcentaje de recaudación hasta un 85%.

Estos logros permiten asegurar la sostenibilidad de la empresa, así como considerar futuras ampliaciones a la red de suministro de agua potable.



El principal problema del abastecimiento rural son las altas concentraciones de contaminantes bacteriológicos, ocasionados principalmente por la falta de protección de las fuentes de agua subterránea en las comunidades.



Aún existe un gran volumen poblacional sin acceso al suministro de agua potable, teniendo que hacer uso de pozos excavados.

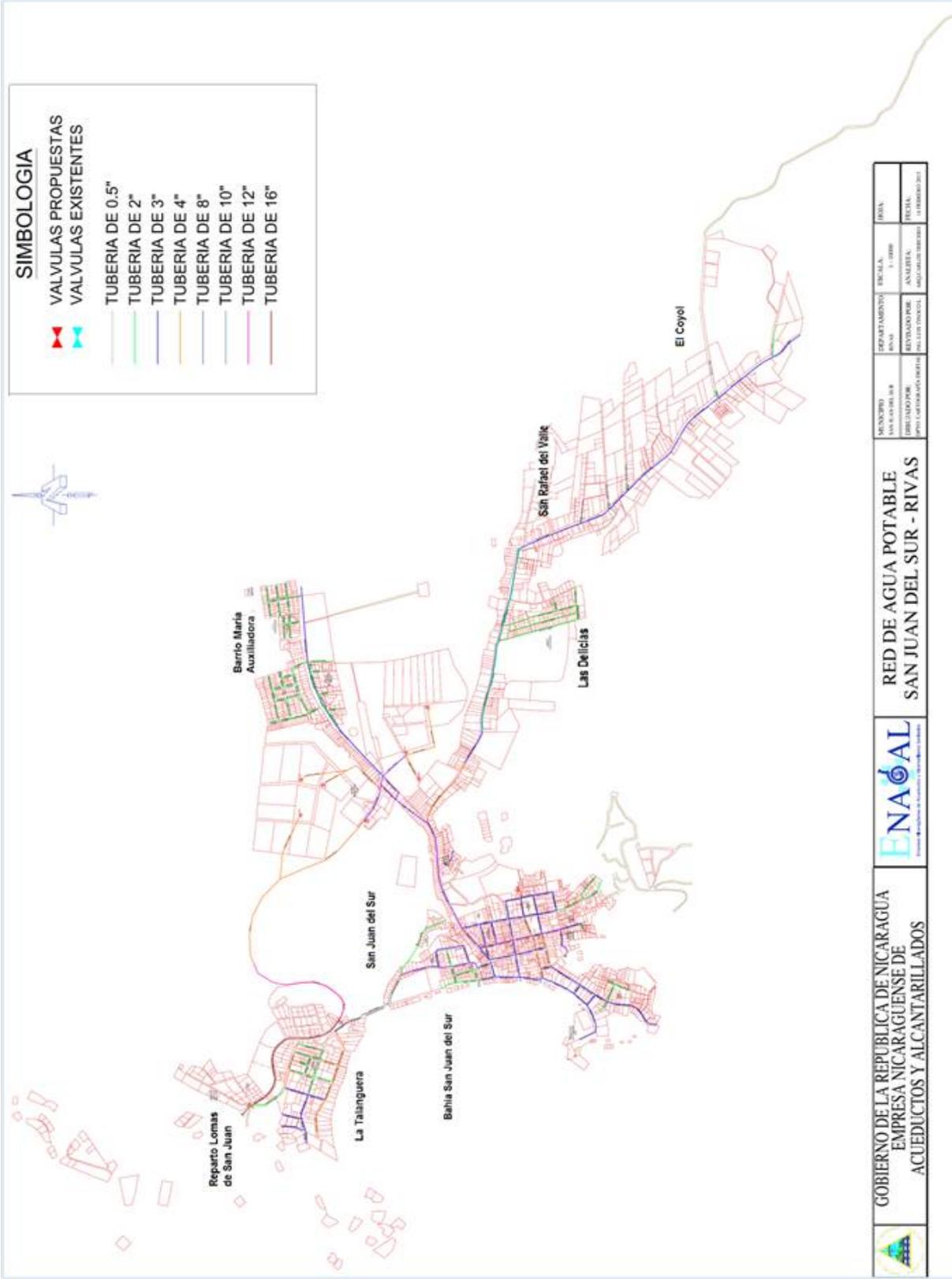


Al igual que en la ciudad de Juigalpa (subcuenca Mayales), la zona urbana de San Juan del Sur es abastecida por el lago Cocibolca a través de acueductos, tanques de almacenamiento y distribución por gravedad.



A pesar de contar con el sistema de aprovechamiento directo desde el lago Cocibolca, ENACAL aún utiliza los pozos ubicado en San Juan del Sur, con un promedio de tres días al mes.

Figura 9: Plano de la red de suministro de agua potable de la ciudad San Juan del Sur



7.3. Situación de las aguas residuales

De los tres municipios ubicados en la Cuenca 72, solamente San Juan del Sur dispone para el casco urbano, de un sistema de alcantarillado sanitario con una estación de tratamiento de aguas residuales, ubicado al noroeste de la ciudad, en el camino hacia El Bastón.

Según información del Plan Municipal de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PMDT) 2011 - 2021, fuera del casco urbano, las viviendas y proyectos turísticos tienen fosas sépticas o letrinas independientes, en las que se vierten las aguas residuales, para su degradación. Algunos desarrollos turísticos residenciales tienen sistemas de alcantarillado sanitario que descargan a plantas de tratamiento de aguas a nivel primario (para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos) y en el mejor de los casos, con tanques "inhoff".

En el año 2011, ENACAL procedió a la sustitución y ampliación del sistema de tratamiento de aguas residuales, que contempló la construcción del emisario submarino de dos km en la bahía de Nacascolo, que descarga al mar las aguas residuales tratadas, la instalación de 6.9 km de colectores en el casco urbano de San Juan del Sur y la instalación de 3 nuevas estaciones de rebombeo (**fotos 16 a 19**).

En el casco urbano las aguas residuales generadas son colectadas y dirigidas hacia una unidad de almacenamiento temporal, esta se encuentra equipada con una bomba que envía el agua hasta el sistema de tratamiento. El objetivo de la estación y la bomba es procurar un flujo continuo y dosificado de la entrada de agua residual al sistema de tratamiento (de acuerdo al diseño), permitiendo una mejor eficiencia del mismo. El caudal promedio de entrada es de 106 (l/s) cada dos horas y por más o menos 20 minutos. El volumen de efluente producido es menos que 2 (l/s), la diferencia entre el caudal de entrada y salida se debe al tiempo de retención mecánica del sistema; de aumentar el volumen de entrada de agua el sistema se vería obligado a liberar agua residual sin tratar debido a que las capacidades de las unidades de tratamiento se verían excedidas.

En visita insitu realizada a la planta, se observó que es una estación bi-gradual con purificación mecánica y purificación anaeróbica, con tratamiento del lodo en lechos de secado, colección de metano, estación de medición del efluente y laboratorio de control. Las aguas residuales son colectadas en el área urbana y bombeadas hacia una estación de acumulación, equipada con una bomba que actualmente está averiada (**fotos 18 a 19**).

Actualmente hay un total de 1,349 usuarios del sistema de alcantarillado, siendo la cobertura de un 43.28% del casco urbano de San Juan del Sur. Muchas viviendas ubicadas en los alrededores del sistema, no están conectadas y sus aguas residuales están siendo vertidas directamente al río Marsella.



Foto 16 y 17 (parte superior): Emisario submarino (Fuente: Presentación de Incidencia de ENACAL en la cuenca de los Lagos Xolotlán y Cocibolca). Foto 18 y 19 (parte inferior): Planta de tratamiento. Unidad de purificación mecánica vista izquierda. Unidad de purificación anaeróbica, vista derecha.

De igual forma los barrios que no cuentan con servicio de alcantarillado que en su mayoría se localizan las riberas del río San Juan del Sur se encuentran vertiendo sus aguas residuales sobre dicho cuerpo de agua. En los municipios de Tola y Cárdenas, el territorio que abarca la Cuenca 72, comprende áreas rurales donde no hay comunidades asentadas, solamente casas dispersas que utilizan letrinas.

-  *El tratamiento de las aguas se realiza por medio de un sistema de tratamiento bigradual, que descarga el agua tratada en la bahía de Nacascolo.*
-  *El servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales solamente se presta en el casco urbano de San Juan del Sur, este no es completo ya que existen barrios y zonas que no gozan de este servicio, se estima que la cobertura es del 43%.*
-  *Los barrios que no se encuentran conectados al sistema de alcantarillado utilizan letrinas o sumideros para disponer sus aguas negras.*
-  *Dentro del casco urbano de San Juan del Sur existen barrios ubicados en las márgenes del río San Juan del Sur, los cuales vierten aguas residuales directamente al río generando un problema de contaminación.*

7.4. Situación de los desechos sólidos

La gestión de residuos sólidos es realizada únicamente en el municipio de San Juan del Sur, dado que en los municipios de Tola y Cárdenas, el área de la cuenca que les corresponde es una zona rural donde no existen comunidades o poblados y por ello, estas alcaldías no brindan en esos lugares el servicio de recolección y disposición final de los desechos sólidos.

La fase de recolección y transporte de los residuos se realiza con tres camiones de tipo volquete, dos de ellos con capacidad para 6 m³, y uno para 8 m³ de residuos, que se mantienen en buen estado.

Los camiones llegan al vertedero dos veces al día, se estima un volumen diario de residuos de 40 m³, cada camión opera con una cuadrilla de 5 personas, es decir que en la fase de recolección se emplean 15 personas en la cual el jefe de cada cuadrilla es el conductor del camión (**foto 20**).



Foto 20. Recolección de desechos sólidos en el casco urbano de San Juan del Sur.

El porcentaje de cobertura a 2009 era del 78%. Según el Director de Servicios Municipales, actualmente es del 80% para el caso urbano y semiurbano (Ostional, Pochote, Cebadilla y Barrio Hermanos Mendoza). En las playas (Maderas, Marsella y Majagual) la cobertura es del 100%.

En el siguiente **mapa (19)**, elaborado con información proporcionada por la alcaldía municipal de San Juan del Sur (2011). Se muestra los basureros localizados dentro de la Cuenca 72. El basurero San Juan del Sur localizado a 3 km de distancia del casco urbano y el basurero Ostional ubicado aproximadamente a 20.5 km de la ciudad de San Juan del Sur.

En Ostional el servicio de recolección se brinda dos veces por semana, utilizando un camión contratado para ese fin. Los desechos son llevados a un terreno, nombrado como vertedero comunal, donde se depositan a cielo abierto, sin protección alguna. En Pochote, la recolección se realiza una vez por semana y los desechos son trasladados al terreno ubicado en Ostional. En Cebadilla y barrio Hermanos Mendoza, la recolección se realiza dos veces por semana. Para el centro del casco urbano, zona turística y comercial, la frecuencia de recolección es de dos veces por día, de lunes a domingo. En los otros sectores, la frecuencia es de tres veces por semana. Existe un micro y macro ruteo (diseño) pero no lo tienen visualizado en mapa.

Durante la semana santa, la alcaldía de San Juan del Sur realiza el Plan Verano, que incluye ampliación de horario en el servicio de recolección de basura, conformación de brigadas para limpieza de siete playas: Ostional, Marsella, Madera, Majagual, El Remanso y la Bahía de San Juan del Sur. Parte del plan incluye ubicar recipientes para la basura, entregar sacos a turistas e implementan una estrategia de comunicación dirigida a visitantes, para el manejo adecuado de los desechos sólidos. También, realizan un perifoneo dirigido a población y visitantes, sobre aspectos de la ordenanza sobre manejo de desechos sólidos.

Esta iniciativa tuvo lugar en el año 2012, pero no continuó porque los trabajadores abrían las bolsas y luego las revolvían en los camiones debido a que éstos no estaban equipados para ese fin. Finalmente hubo robo de los recipientes que la alcaldía entregó para la separación de la basura y con ésto el proyecto llegó a su fin.

La alcaldía realiza reciclaje con el plástico, empacándolo en sacos y vendiéndolo sin compactar a la empresa Dupont, que radica en Managua. El kilo de plástico es vendido a C\$ 5.00 (\$0.19). Los operarios reciben una comisión por la separación del plástico, ganan C\$ 1.20 córdobas (\$ 0.046) por cada kilo separado, aparte de su salario. La disposición final de los desechos sólidos, generados en el casco urbano, se lleva a cabo en un terreno que la municipalidad utiliza desde el año 1992.

El área del terreno es de 2.7 mz, y se ubica a 6 km de distancia al norte del casco urbano de la ciudad en el camino que lleva hacia las playas de Marsella, Majahual, Maderas. Tiene acceso controlado a través de un vigilante. El otro sitio destinado a la disposición de los desechos, se ubica en la Comarca Ostional. Es una pequeña área con extensión de 60 m², carece de cerco de protección y por ende, del control de acceso. No se le

Mapa 19: Ubicación de los sitios de disposición final de los desechos sólidos





Foto 21: Plástico seleccionado en el sitio de disposición final de los desechos sólidos en San Juan del Sur, 2014

brinda tratamiento a la basura. **(Ver mapa 19 y foto 21).**

La vida útil estaba contemplada para 20 años; lleva 30 años en uso. De nueve trincheras planificadas, sólo se han construido dos.

Los residuos biológicos infecciosos del centro de salud, actualmente son manejados junto con los residuos domiciliarios, aumentando los riesgos de los operarios, aunque existe un compromiso del Ministerio de Salud ante la municipalidad de no manejar sus residuos conjuntamente con los domiciliarios.

Cada tres meses se utiliza un bulldozer para compactar la tierra y soterrar, siendo el único tratamiento que se brinda. No hay sistema de protección contra los lixiviados. Inicialmente fue establecido un sistema con apoyo de GIZ, en el marco del Programa de Gobernabilidad y Desarrollo Económico Local (PROGODEL). Debido a un incendio se dañó y fue reparado por la alcaldía. Luego de otro percance similar ya no hubo más reparación.

- 💧 *El servicio de recolección de desechos sólidos en el municipio solamente se da en las zonas urbanas y semiurbanas, no existe recolección en las zonas rurales.*
- 💧 *El servicio se presta con equipos y personal de la alcaldía municipal, excepto en Ostional donde es usado un camión alquilado específicamente para este fin.*
- 💧 *Posterior a la recolección los residuos de la parte norte de la cuenca son dispuestos en un vertedero municipal localizado a 6 km del casco urbano de San Juan del Sur, los residuos generados en Ostional y el Pochote son dispuestos en un botadero a cielo abierto localizado a 2 km de Ostional.*
- 💧 *No existe en el municipio un vertedero que cumpla con requisitos y estándares de un manejo de los residuos eficiente, el único que contó con un diseño previo es el localizado en el camino que lleva a playa Marsella, no obstante el tiempo de diseño ya se encuentra excedido y nunca fue operado de forma adecuada.*

8 Conservación y protección

8.1 Zonificación del territorio

En este capítulo se abordan las áreas de protección vinculadas al recurso hídrico. De acuerdo a esta vinculación se han determinado dos tipos de zonas de protección, directa e indirecta. La zona de protección directa se refiere a lugares cerrados para las fuentes de abastecimiento de agua subterránea de la cuenca y cuerpos de agua superficial, su principal objetivo es evitar la contaminación por desechos sólidos y/o vertidos. En otros países ya existen estas llamadas zonas de protección¹⁴, que se determinan según la cercanía con la obra de captación y así se establecen rangos de protección (máxima, media y mínima), por ejemplo la máxima protección se da en un perímetro de 10 a 100 m² dentro del área donde se localiza el pozo.

El establecimiento de zonas de protección directa ya sea para aguas superficiales o subterráneas restringe tanto el uso del recurso como las actividades que se pueden desarrollar en la zona.

¹⁴Consejo estatal de California para el control de los recursos del agua, 2010.

La agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (USEPA por siglas en inglés) utiliza ya un concepto para zonas de protección de fuentes subterráneas (wellhead protection area)¹⁵ y superficiales especialmente la protección a fuentes de suministro de agua potable, en la cual si existen obras de captación en pequeños embalses o lagos y estos están reservados para el suministro de agua potable, la zona de protección permite restringir otros usos, tales como recreación o transporte dentro del cuerpo de agua, así como las actividades¹⁶ que pueden ser desarrolladas en los alrededores, estas deben estar acorde con el tipo de uso que se le dará al recurso.

Actualmente en Nicaragua no existe ninguna normativa para proteger las fuentes de agua, por lo tanto tampoco en la Cuenca 72 se ha establecido ninguna reglamentación dirigida a proteger las zonas de las captaciones de agua subterránea y/o superficial. Aunque la mayoría de los pozos de ENACAL que son utilizados para el suministro a la población cuentan con cercas de protección y personal de seguridad para evitar una contaminación directa o daños a la infraestructura.

Estos aún no cuentan con una área de protección ante contaminación directa, donde se restrinjan actividades de alto y mediano impacto (almacenamientos químicos, fosas sépticas, talleres mecánicos entre otros) que puedan perjudicar la calidad del recurso hídrico. Esto se evidencia al observar que la zona, donde se localizan muchos de los pozos de la cuenca, es utilizada para actividades pecuarias como área de pastura de ganado vacuno, por lo cual es común ver al ganado pastando cerca a los pozos (no más de 2 metros en algunos casos).

No solamente las fuentes de agua utilizadas para el suministro requieren de una normativa legal para asegurar su calidad, en el municipio también existen alrededor de 20 playas localizadas en la franja costera que son regularmente visitadas por turistas, tales como playa San Juan del Sur, Ostional, Marsella (incluyendo sus esteros), donde no existen regulaciones especiales para cualquier tipo de actividad que se pueda desarrollar dentro del cuerpo de agua y en sus alrededores. Esto ha causado que los sitios sean objeto de contaminación por desechos sólidos y líquidos generados por el turismo. En el caso especial del estero de San Juan del Sur, por vertidos residuales provenientes de las viviendas localizadas en las márgenes del río.

Aunque existe la zona de protección indirecta que está referida a conservar la vegetación dentro de la subcuenca con el propósito de evitar erosión y mejorar la cobertura vegetal del suelo. Este tipo de zonas son generalmente áreas protegidas de las partes altas de las cuencas, que en algunas ocasiones también son zonas de recargas.

¹⁵ Ground Water and Wellhead Protection, 1994, Agencia de protección ambiental (USEPA por siglas en inglés, United States Environmental Protection Agency)

¹⁶ Drinking source water protection siting prohibitions and setbacks, Ohio Rules (USEPA, 2011)

En el "Plan Municipal de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PMODT) 2011-2021 de San Juan del Sur, Rivas", se establece una zonificación general del territorio dividida a su vez en 5 zonas, posteriormente presenta una segunda clasificación del territorio enfocada en el uso del suelo. Esta clasificación se originó a través de leyes nacionales o resoluciones administrativas emitidas por instituciones del estado como MARENA, SINAPRED, ANA etc. por lo que el municipio ha tenido que adoptar estas disposiciones y adaptarlas a la zonificación municipal establecida por la alcaldía. En este PMODT 2011-2021 se ha hecho una condensación de todas las categorías de zonificación que de una forma u otra están siendo aplicadas.

En la **tabla 32** se presenta un resumen de las 5 zonas y su relación con las zonificación a la protección de fuentes de agua. Se destacan las zonas que clasificaron áreas de protección y conservación al recurso hídrico (última columna a la derecha).

Tabla 32:
Zonificación del municipio de San Juan del Sur

Descripción	División funcional	Categorización de zona	Clasificación
Zonificación territorial	Zona I Marítima Costera	Marino Costera (establecidas mediante decretos, resoluciones administrativas y disposiciones a nivel nacional)	Zona costera de uso público
			Zona costera de uso restringido
			Área de protección marítima (de acuerdo al plan de manejo de la reserva de vida silvestre La Flor)
	Zona II Producción Rural		
	Zona III Conservación y Aprovechamiento Fosteral	Zonas de protección y reserva natural	RN-1 Protección de cuerpos de agua
			RN-2 Protección de laderas
			RN-3 Protección ecosistemas
			RN-4 Protección recarga acuífera y preservación vida silvestre
	Zona IV Crecimiento Urbano y de Servicios		
	Zona V Fronteras		

De acuerdo a la tabla anterior, la Zona III se encuentra destinada a "Zonas de Protección y Reserva Natural", dentro de los que resaltamos la categorización RN-4, como zona de protección de recarga acuífera y preservación de vida silvestre, y la clasificación RN-1, protección de cuerpos de agua de forma general, los lugares priorizados son: el río La Flor (desde el poblado La Tortuga y río Ostional). Estas zonas se visualizaron en el **mapa 20** que también se encuentra dentro del plan antes mencionado.

Para fomentar acciones efectivas en el territorio que tengan como fin la conservación de los recursos naturales y principalmente la de protección de zonas de recarga acuíferas, la municipalidad ha establecido una línea estratégica de acción en el territorio, la cual es la base para la ejecución de proyectos futuros y la base para la elaboración de los planes anuales de inversión. De dicha línea se desprende el Proyecto de "Restauración y Protección de las Áreas de Recarga Acuífera, Nacientes, Márgenes de Ríos y Arroyos (REPROMARIA)" enfocado en la reforestación de la parte alta de la cuenca, márgenes de ríos y zonas de recarga acuífera, así como el incremento de la retención de agua mediante la construcción de presas artesanales en los ríos.

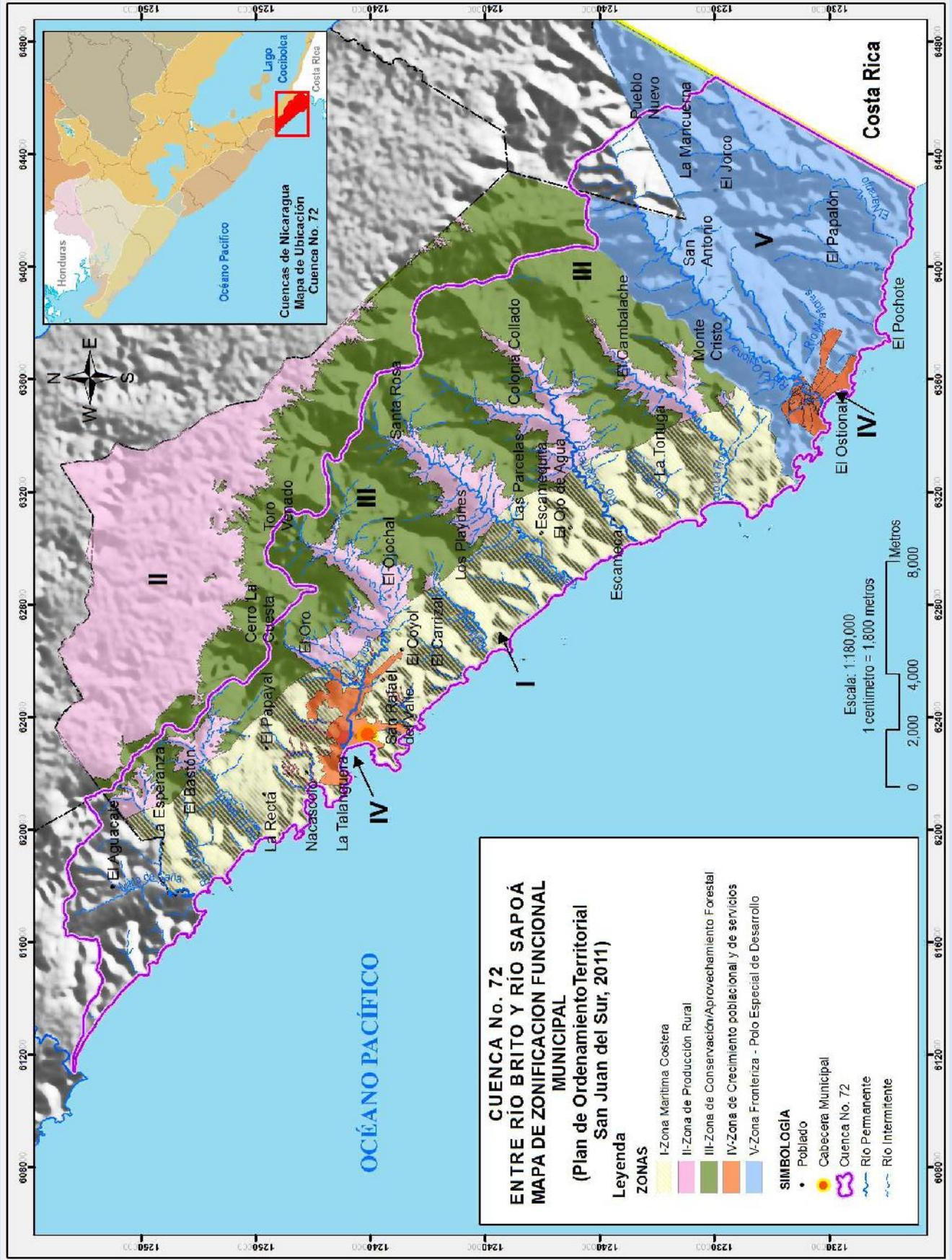
El anterior proyecto pretende reforestar como meta al menos 1 hectárea por año, en márgenes de los ríos principales de la cuenca (Ostional, La Flor, Escameca, Escamequita, El Naranjo, El Carrizal, San Juan del Sur, Miravalle, El Bastón, Las Lajas y San Jerónimo).

En la cuenca existen también 4 áreas protegidas con dos distintas categorías dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP-MARENA), tres de ellas son reservas "silvestres privadas" y un "refugio de vida silvestre". Según el PMODT en 2011 las 3 reservas silvestres privadas son La Finca El Aguacate, Escameca Grande y Toro Mixcal, tres propiedades que han dedicado gran parte de sus extensiones a la conservación de la fauna y flora de la cuenca.

El refugio de vida silvestre "La Flor", está ubicado a 21 km al sur de San Juan del Sur con una extensión aproximada de 800 Ha, forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, identificándose como área de gran prioridad dentro del sistema, por mantener y proteger recursos únicos y sobresalientes de gran valor ecológico y social. Entre los que podemos mencionar: la protección de las cinco especies de tortugas marinas que anidan en las playas del Pacífico de Nicaragua.

La Flor junto al refugio de Vida Silvestre "Río Escalante-Chacocente", son las dos únicas regiones costeras en el Pacífico de Nicaragua donde realizan anidaciones masivas la tortugas paslama. Estas dos playas forman parte de las 8 a nivel mundial donde esta especie anida. La reserva además, presenta una variedad de hábitats de importancia ecológica y económica, vegetación de crecimiento secundario, zonas de manglar y diversidad de especies de flora y fauna.

Mapa 20: Zonificación territorial de San Juan del Sur, (Plan de ordenamiento territorial de San Juan del Sur, 2011)



Como parte de las medidas priorizadas de este plan GIRH en 2015, la alcaldía de San Juan del Sur en cooperación con el sector privado y GIZ está desarrollando el proyecto: Conservación, protección y uso sostenible de los recursos hídricos de la Subcuenca Río San Juan del Sur. Directamente beneficia a 515 habitantes, de los cuales 273 son mujeres, de las comunidades Miravalle, Torovenado y Ojochal y a 5,801 habitantes, de los cuales 3,120 son mujeres, que habitan en los Barrios San Rafael del Valle, Las Delicias, Las Pampas, Zacarías y Pedro Joaquín Chamorro. En total, los beneficiarios son: 6,316 personas, en los que se incluyen 3,393 mujeres.

El proyecto contribuirá a rehabilitar, proteger y enriquecer la cantidad y calidad del recurso hídrico, iniciando el proceso de estabilización del ciclo hidrológico mejorando la infiltración del agua de lluvia, disminuyendo la erosión, aumentando cobertura vegetal, introduciendo buenas prácticas para ahorro y uso eficiente del agua por grandes usuarios, implementando normas de uso para la recuperación y conservación del estero. Líneas de acción del proyecto son las siguientes:

- Establecimiento y desarrollo del concepto "pago por servicios ambientales hídricos".
- Establecimiento de regeneración natural y sistemas agroforestales sostenibles.
- Establecimiento de un sistema de monitoreo cuantitativo y cualitativo de los recursos hídricos
- Sensibilización y capacitación sobre la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos.
- Mejoramiento en el manejo de residuos sólidos y líquidos

Las campañas de sensibilización es otra acción que se realiza con fuerte apoyo de la empresa privada. El foco de acción es en el Estero del río San Juan del Sur involucrándose población local, estudiantes, alcaldía de SJS, Comité de Cuenca y empresas privadas locales y nacionales. Su objetivo es sensibilizar a la población local sobre la importancia de la recuperación del estero por el impacto que tiene en el sector turismo, principal fuente de ingresos para San Juan del Sur.

- 💧 *Se necesita una regulación a corto plazo para definir zonas de protección directas a los cuerpos de agua subterránea definidas por medio de perímetros de protección para pozos -superficie demarcada para conservación de los acuíferos- que a su vez restrinjan actividades comerciales que representen peligro directo (vertidos) a estos recursos. Paralelamente debe incluirse la protección alrededor de las áreas de captación (manantiales y nacientes de agua).*
- 💧 *En el plan de ordenamiento territorial se consideran zonas de protección indirectas para los recursos hídricos, a través de la conservación del suelo y preservación del bosque. Esta protección beneficia mayormente a las aguas superficiales, aunque siempre falta restringir el tipo de actividad económica (minería, depósitos de hidrocarburos) con el apoyo de un instrumento legal para evitar la contaminación directa a los ríos y/o lagos.*
- 💧 *Existen esfuerzos por parte de la municipalidad de San Juan del Sur para mejorar la calidad y cantidad de sus recursos hídricos, a través de medidas para corregir la contaminación en el estero de la ciudad, recuperar la cobertura boscosa en la parte alta de la cuenca y en las márgenes de los ríos principales de la cuenca.*
- 💧 *En la cuenca destaca una sola reserva de vida silvestre con un área ($\sim 80 \text{ km}^2$) de conservación de recursos marinos en La Flor restringiendo cualquier actividad económica.*

9. Análisis y evaluación del estado de los recursos hídricos en la cuenca

Luego de elaborar el diagnóstico de la cantidad y calidad de las aguas en la Cuenca 72 y posterior análisis de los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

9.1. Disponibilidad y reservas de agua

De acuerdo al balance hídrico, la Cuenca 72 cuenta con recursos hídricos limitados, especialmente desde el punto de vista subterráneo. En promedio solamente el 8% de la precipitación anual se infiltra y pasa a ser agua subterránea, un 22% se convierte en escorrentía superficial y el resto se pierde por evapotranspiración; de igual forma la conformación de los suelos le impide a los acuíferos de la zona almacenar y transportar grandes cantidades del recurso, caracterizándolos en muy pobres.

El rápido drenaje de las aguas superficiales en la cuenca producto de sus características físicas, de la falta de cobertura vegetal y ausencia de obras de retención o almacenamiento que permitan interceptar los flujos de agua previo a que lleguen al mar, impide que puedan ser utilizadas por los usuarios de la cuenca, razón por la cual el agua subterránea es actualmente la única fuente de agua para poder suplir la demanda. Se estima que en un año de precipitaciones media la recarga de la cuenca es de 25 MMC/A de agua, sin embargo de forma subterránea no es fácilmente aprovechable debido a la formaciones geológicas que conforman sus acuíferos, caracterizados por bajas trasmisividades.

A pesar de los limitados volúmenes de almacenamiento, el balance oferta y demanda arroja un superávit de recurso hídrico, es decir la oferta excede por muy amplio margen la demanda de la cuenca, lo que se debe principalmente al tipo de actividad económica que en ella se desarrolla, y a la poca incidencia de actividades como la agricultura y la ganadería.

Aunque existe una disponibilidad positiva del recurso hídrico, no se ha logrado satisfacer la demanda de las comunidades rurales, principalmente por falta de suministro, haciendo que los usuarios no perciban o se beneficien de dicha disponibilidad. La situación se complica aún más en la parte alta donde existen comunidades que deben abastecerse por medio de pozos excavados que no brindan la calidad ni la cantidad suficientes para poder suplir sus necesidades, principalmente en época de seca.

Un riesgo latente para el recurso hídrico lo representa la falta de control a la afluencia de turistas al casco urbano del municipio, ya que de la demanda total de agua en la cuenca el 85% lo representa el casco urbano de San Juan del Sur. Esto ha puesto en peligro su acuífero por la sobre explotación de los pozos propiedad de ENACAL que suministran

agua para los habitantes asentados en la ciudad, una población flotante de turistas, y gran cantidad de trabajadores de las comunidades rurales y de otros municipios y departamentos que viajan diariamente a San Juan del Sur. Esta sobredemanda se ha solventado en parte con la entrada en funcionamiento del proyecto de aprovechamiento de agua del lago Cocibolca, que ha solucionado la problemática del suministro de manera momentánea y ha generado un sentimiento de tranquilidad en la población urbana, no así en la población asentada en otros territorios de la cuenca que no es beneficiada por dicho proyecto.

-  ***La oferta excede a la demanda debido a los bajos volúmenes demandados por los usuarios de la cuenca y no a una disponibilidad abundante de agua.***
-  ***La mayor parte de la demanda del recurso se encuentra focalizada en el casco urbano de San Juan del Sur, donde se concentra la mayor parte de la población e infraestructura turística del municipio.***
-  ***El abastecimiento del recurso a los usuarios no es equitativo en toda la cuenca, principalmente por la falta de sistemas de suministro en zonas rurales.***

9.2. Calidad de agua

Las múltiples campañas de muestreo realizadas en la Cuenca 72 tanto al recurso hídrico superficial como subterráneo, permiten realizar una descripción del estado real de la calidad de dichas aguas. En los ríos se realizaron un total de dos campañas de muestreo con un año de diferencia entre una y otra y por laboratorios distintos, arrojando que el principal contaminante encontrado fue de origen bacteriológico, causado principalmente por el contacto de las aguas con coliformes termotolerantes provenientes de seres humanos o animales. Otros parámetros encontrados en elevadas concentraciones fueron la turbidez y la dureza; la turbidez como efecto de la degradación y mal uso del suelo, principalmente en las partes altas de la cuenca, donde existen parcelas de cultivo de granos básicos mayormente con fines de subsistencia,

Un resultado importante fueron las altas concentraciones de salinidad, cloruros, sodios y dureza total, reportada en el estero del río San Juan del Sur en volúmenes suficientes para ser categorizadas como aguas salobres, no se encontraron indicios de contaminación por agroquímicos, metales

pesados u otros contaminantes ya sea de origen orgánico o inorgánico además de los antes mencionado.

Los resultados de los análisis en las aguas subterráneas arrojaron resultados cualitativamente similares a los encontrados en las aguas superficiales desde el punto de vista bacteriológico, principalmente en pozos excavados de poca profundidad, donde el contacto con animales domésticos y la mala ubicación de las letrinas respecto a la fuente de agua facilitan que microorganismos se mezclen con las aguas.

Los pozos que extraen agua directamente del acuífero (pozos perforados), presentan aguas de buena calidad para consumo humano; como resultado a ser tomado en cuenta son los valores elevados de salinidad, cloruros, conductividad y sodios en pozos de la franja costera, lo que es de esperarse debido a la cercanía de los sitios de muestreo con el mar, no así en pozos de la parte alta de la cuenca donde dichos valores se encuentran en un rango aceptable.

9.3. Impactos del cambio climático

Este capítulo está enfocado en analizar los posibles impactos del cambio climático en los recursos hídricos de la Cuenca 72. Esta área cuenta con información meteorológica muy limitada en tiempo y número de variables medidas, razón por la cual se dificulta elaborar un escenario de tendencias de variables a nivel local. El presente análisis parte de realidades nacionales y de la información disponible para esbozar un escenario de las posibles afectaciones en la cuenca.

Milán (2010) presenta un estudio sobre los posibles efectos del cambio climático en Nicaragua, en el cual se analizan tendencias de variables climáticas como la precipitación y la temperatura las cuales pueden dar un panorama del comportamiento tanto de las aguas superficiales como subterráneas.

En el año 2003, utilizando una red de estaciones meteorológicas de 10 estaciones localizadas en distintos puntos del país, INETER realizó un análisis de los datos registrados por dichas estaciones, encontrando como hallazgo relevante una tendencia creciente en la temperatura mínima en la mayoría de las estaciones, estos datos parecen coincidir con lo registrados por la estación meteorológica localizada en el municipio de Rivas, donde se observa un incremento de aproximadamente medio grado desde el año 2000 hasta el año 2015. En vista de la relación directa que existe entre temperatura y evapotranspiración, un incremento paulatino de la temperatura podría traer consigo un incremento proporcional de la evapotranspiración, afectando así el agua disponible para escorrentía superficial y para la recarga de los acuíferos.

De acuerdo a los datos registrados por la estación San Juan del Sur, ubicada dentro de la Cuenca 72, con una secuencia de datos de más de 50 años se observa una tendencia decreciente de la precipitación media anual, con picos de precipitaciones altas y cambios bruscos en años consecutivos, causados principalmente por el efecto de los fenómenos Niño y Niña en el territorio. Estos cambios y una posible disminución de la precipitación traería como consecuencia una menor disponibilidad de agua tanto superficial como subterránea, ya que en la cuenca la lluvia es la única fuente de recarga de los acuíferos.

Para la evaluación del recurso hídrico se habla de una posibilidad de cambio del ciclo hidrológico a consecuencia del cambio climático. Esta posibilidad está basada en algunas modelaciones realizadas para el pacífico de Nicaragua, representados en cambios en los regímenes de precipitación, aumentos de temperatura, evapotranspiración y balances hídricos cada vez menos representativos para determinar disponibilidad futura del recurso.

Si bien es cierto el cambio climático es un fenómeno global, donde difícilmente las acciones dentro de la cuenca representen cambios sustanciales, inclusive a nivel nacional, la realidad local puede disminuir o acrecentar los posibles impactos derivados de los fenómenos del Niño y la Niña, ya que una pobre cobertura vegetal y mal uso del suelo, principalmente en las partes altas de la cuenca, generan una disminución en los tiempos de concentración del recurso hídrico, al igual que causa problemas de calidad por arrastre de sedimentos, e impide que un mayor volumen de agua que entra en la cuenca (después de la evapotranspiración) pueda ser aprovechado.

De acuerdo a Milán (2010), en los datos analizados de agua subterránea se estima un menor impacto del cambio climático respecto al impacto experimentado por las aguas superficiales, sin embargo, en la Cuenca 72 aunque año con año los cuerpos de aguas superficiales experimentan menos eventos de llenas, generadas por la disminución de la precipitación en los últimos años, el agua subterránea no se encuentra exenta de ser afectada, ya que debido a la baja capacidad de almacenamiento de los acuíferos estos dependen mucho de la recarga anual generada por las lluvias.

Esta vulnerabilidad de los recursos hídricos de la Cuenca 72, ante los efectos del Fenómeno del Niño, requiere que continúen implementándose medidas para un uso sostenible del suelo y protección de las partes altas de la cuenca, junto con la aplicación de una gestión de demanda para un ahorro y uso eficiente del recurso.

C. PLAN DE MEDIDAS GIRH

1 Objetivo, características y funciones

El objetivo del plan de medidas es poner a disposición un instrumento para implementar las acciones necesarias para la corrección de los problemas identificados en el diagnóstico de los recursos hídricos de la Cuenca 72 y prevenir futuros problemas.

Por lo demás es válido el segundo objetivo del PGIRH (Parte A, Cap. 2):

 **Definir medidas correctivas y de regulación que permitan garantizar el uso sostenible y equitativo, así como una buena calidad del agua, mejorando la resiliencia de la cuenca frente a los posibles impactos del cambio climático.**

El Plan de Medidas tiene las siguientes características y funciones:

-  Es resultado de un taller con una metodología participativa donde fueron involucrados todas y todos los actores relevantes del sector de agua en la Cuenca 72 (Cap. 2).
-  Contiene acciones concretas cuya implementación fueron decididas por los participantes del taller.
-  Las responsabilidades para su implementación recae en los diferentes actores de acuerdo con su competencia y las características de los temas de intervención.
-  Es un plan maestro que debería ser implementado dentro del plazo determinado de 3 años.
-  El Plan de Medidas no substituye la planificación detallada de cada medida de los diferentes temas de intervención que exigen sus planes operativos anuales (POA) individuales.
-  Es un plan dinámico que debería ser actualizado después de 3 años o, si fuese necesario de forma previa, el monitoreo de su implementación debería ser efectuado de forma bimestral.

2 Taller de planificación

Los días 13 y 14 de octubre de 2014, se realizó en el centro cívico de la alcaldía de San Juan del Sur, departamento de Rivas el taller de planificación de medidas del PGIRH de la Cuenca 72. En el año 2017, estas medidas fueron actualizadas con participación del Comité de Cuenca y las alcaldías de San Juan del Sur, Tola y Cárdenas.

2.1 Participación

Se contó el primer día con la participación de 23 personas, entre funcionarios(as) de las alcaldías de San Juan del Sur, Tola y Cárdenas, miembros del comité de la Cuenca 72, funcionarios(as) de ANA, delegados de instituciones del sector público, representantes del sector privado (hoteles y restaurantes) y personal técnico del componente 2 "Gestión Integrada de Recursos Hídricos" del Programa de Asistencia Técnica de Agua, de la Cooperación Alemana GIZ. El segundo día la asistencia fue menor, en total 14 personas, esta situación se debió al estado de alerta de tsunami establecido en San Juan del Sur desde las 10:00 p.m. del día anterior, hora en que se produjo un terremoto de 7.4 grados en la escala de Richter en el Pacífico de Nicaragua, lo cual derivó en el establecimiento del estado de emergencia ante tsunami en todos los municipios ubicados en la cuenca.

3 Agenda

La agenda fue diseñada para implementarse en los dos días del taller y estuvo conformada por tres bloques:

-  **EL PRIMER BLOQUE** incluyó palabras de bienvenida, presentación de los participantes, así como dos presentaciones en Power Point para ir gradualmente introduciendo a los participantes en la temática y una breve presentación sobre la visión estratégica para elaborar posteriormente la visión de la cuenca a mediano plazo.
-  **EL SEGUNDO BLOQUE** inició con un trabajo grupal sobre rondas de reflexiones simultáneas sobre los cinco grandes problemas identificados en el diagnóstico, una explicación metodológica inductora para facilitar el trabajo fundamental del taller que era la elaboración de propuestas de medidas por los cinco temas para posteriormente formular un plan de gestión integral de recursos hídricos para la Cuenca 72 a mediano plazo.
-  **EL TERCER BLOQUE** fue la elaboración de una ruta para los pasos siguientes al taller, una evaluación del taller y las palabras de cierre.

3.1 Metodología

De acuerdo con la metodología de la elaboración del PGIRH (Parte A, Cap. 5.4.), la planificación de las medidas se basa en los temas de intervención (Cap. 3.) identificados como resultados del diagnóstico.

Previo al taller se efectuó una reunión con la participación de la Dirección de Cuencas de ANA, especialistas de la misma institución, el equipo del de PROATAS-GIZ así como el facilitador del taller, con la finalidad de discutir e intercambiar opiniones acerca los aspectos metodológicos que debería contener el desarrollo del taller. Después del análisis se llegó a la conclusión de mantener la metodología utilizada en el primer taller de planificación de medidas GIRH de la Subcuenca Mayales, para lo cual se retomó el diseño metodológico y las guías para los trabajos de grupos del referido taller.

Además de garantizar el manejo adecuado del trabajo de grupo y mantener el enfoque de la temática y la equidad de género, el día antes del taller, se realizó una sesión de trabajo con el facilitador para organizar la conducción de los grupos y uniformar los criterios y aspectos metodológicos a seguir. El diseño metodológico y las guías para el trabajo de grupo durante el taller, fueron consensuados con ANA y el equipo PROATAS - GIZ.

En el taller se debía destacar tanto el conocimiento de los aspectos importantes que demostró el diagnóstico, concentrados en cuatro grandes temas, y la reflexión sobre ellos, como la identificación de propuestas de medidas para conformar un PGIRH de la Cuenca 72.

Se explicó sobre los roles a desarrollar por los diferentes miembros del equipo durante la implementación de los trabajos de grupo en diferentes momentos: roles de responsables de temas y moderadores, para el trabajo de elaboración de las matrices y el rol de asesor técnico, posteriormente durante el taller y antes del trabajo de grupos se seleccionaron entre los participantes aquellos que desempeñarían el rol de anfitriones y previo al inicio de las sesiones se les indicó cual y como debería ser su papel para garantizar la efectividad del funcionamiento de los grupos, entregándoseles un instructivo sobre cada rol.

Los cuatro temas identificados por el diagnóstico para la planificación de medidas del PGIRH en la Cuenca 72 fueron:



Mejoramiento de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.



Gestión de demanda de los recursos hídricos (que todos los grandes usuarios estén registrados y concesionados).

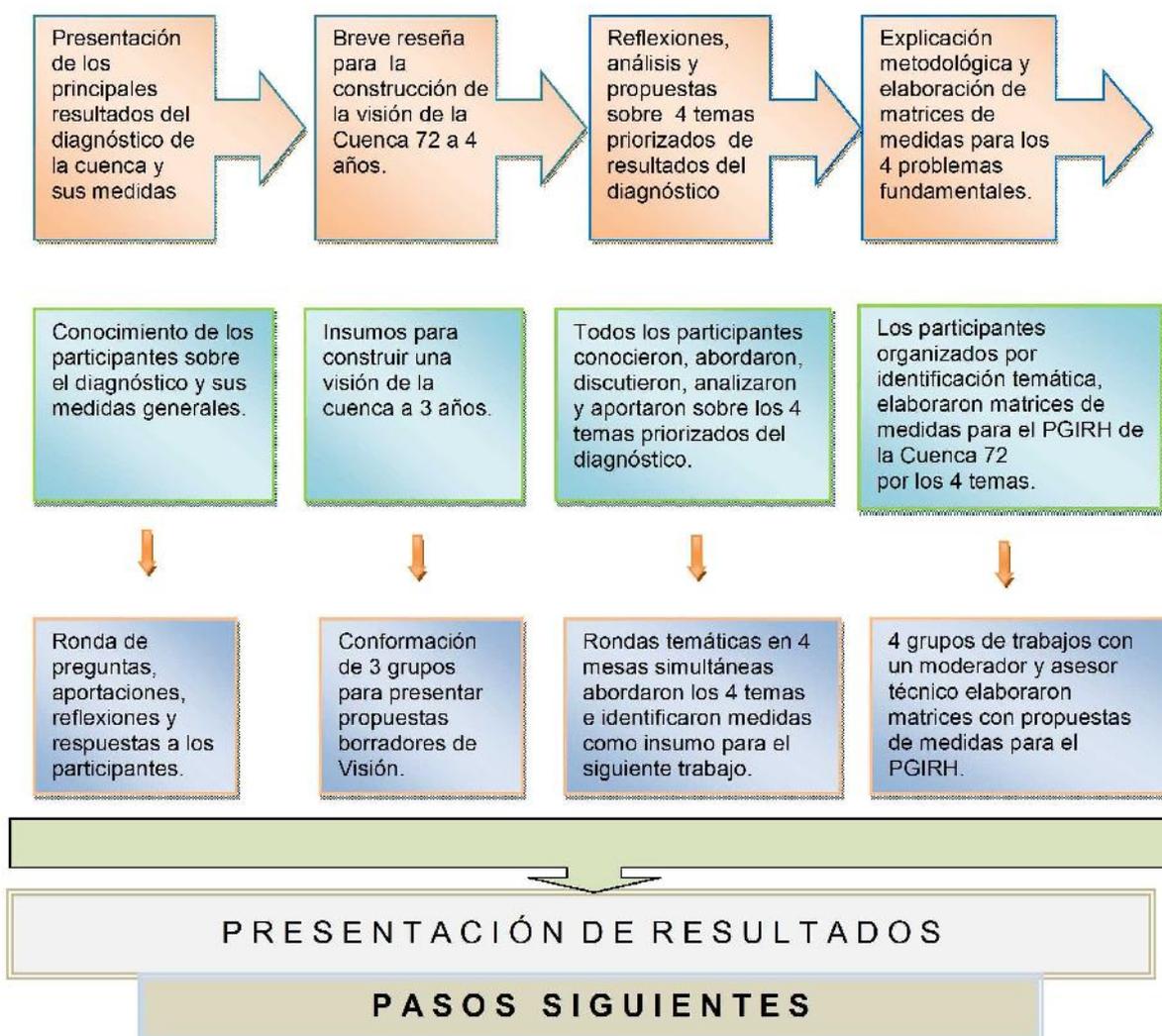


Protección de suelos contra la erosión y mejoramiento de retención de aguas superficiales.



Monitoreo continuo, cualitativo y cuantitativo de los recursos hídricos.

Estos temas fueron abordados de manera gradual, primero con las presentaciones del diagnóstico y sus medidas acompañadas de sus ciclos de preguntas, respuestas y aclaraciones, se trabajó en plenario una breve reseña sobre la formulación de la visión para la cuenca para el mediano plazo, definiéndose un período de 4 años 2014-2018 (durante la actualización de las medidas el período se extendió hasta 2019). Se desarrollaron rondas temáticas sobre los 4 temas analizados y conocidos por los y las participantes en grupos de trabajos en donde en forma simultánea fueron abordando cada uno los temas, con los problemas identificados previamente.



El eje principal del taller fue la elaboración de matrices para las medidas del plan, este trabajo fue abordado en 4 grupos, uno por cada tema y conformados según la identificación temática de cada uno de los participantes. En cada matriz se definieron, resultados, indicadores con su pertinencia de género, hitos, responsables, recursos y plazos.

4 Problemas identificados y sus cadenas causales

Durante el proceso de elaboración del diagnóstico de los recursos hídricos de la Cuenca 72 se fueron identificando problemáticas relacionadas no solamente a la disponibilidad en cantidad de agua en la cuenca sino también a problemas en la calidad del mismo y su relación con las distintas actividades desarrolladas en la cuenca, es así que el PGIRH de la Cuenca 72 tienen su base en los problemas encontrados en la fase de elaboración del diagnóstico, siendo estos la base para plantear posibles soluciones que generarán la transformación de estado negativo actual a uno positivo futuro, donde las acciones implementadas garanticen la mejora en el estado en cantidad y calidad del recurso hídrico.

De acuerdo al diagnóstico se identificaron cinco problemas principales:

1. Contaminación microbiológica por aguas residuales urbanas.
2. Contaminación por salinización en pozos de la parte urbana.
3. Falta de registro de grandes usuarios y conflicto sobre el uso del agua.
4. Degradación del suelo por cambio de uso.
5. Falta de monitoreo continuo, cualitativo y cuantitativo de los recursos hídricos.

Estos problemas fueron analizados mediante la metodología de cadenas causales, que identifican las causas de un problema y las consecuencias o impactos del mismo, facilitando así poder determinar las acciones a desarrollar para darles solución.

4.1 Contaminación de aguas superficiales y subterráneas

4.1.1 Contaminación microbiológica por aguas residuales urbanas

Causa			Impacto		
Aguas residuales urbanas	Falta de alcantarillado sanitario	Desagüe directo al río	Contaminación de las aguas superficiales y el estero	Deterioro de la fauna y flora y del balance ecológico del río y del estero	Aprovechamiento restringido del agua
		Infiltración			Contaminación de los acuíferos	Perdida del atractivo turístico
Desarrollo urbanístico desordenado	Desconocimiento e incumplimiento de las normas de saneamiento	Mal manejo de sistemas de tratamiento	Infiltración de contaminantes en acuíferos someros	Riesgo de enfermedades propagadas por el agua contaminada	
	Letrinas mal ubicadas y fuentes de agua desprotegidas				
	Falta de letrinas mejoradas				

4.1.2 Contaminación por salinización en pozos de zonas urbanas

Causa			Impacto		
Desarrollo urbanístico costero sin control	Sobre explotación de pozos cercanos a la costa	Instrucción salina	Contaminación de acuíferos por intrusión salina	Bajo potencial de desarrollo turístico en zonas costeras por escasez de agua potable	Aprovechamiento restringido del agua

4.2 Falta de registro de los grandes usuarios y conflictos sobre el uso del agua

Causa			Impacto			
Desconocimiento de la Ley General de Aguas	Falta de conocimiento sobre el concepto de los recursos hídricos, vistos como propiedad privada	Falta de recursos económicos y humanos de la ANA para la implementación de la ley	Sobre explotación de los recursos hídricos. conflictos por el uso inequitativo de los RH	Escasez de recursos hídricos	Valor añadido de la cuenca reducido para el desarrollo del turismo	
	Desconocimiento y/o incumplimiento de mandatos por las instituciones y actores competentes. resistencia por parte de algunos usuarios, ya que están conscientes de la Ley No. 620 y los requisitos para solicitud de concesión		Acceso a los recursos hídricos restringidos			Discriminación de otros usos
	Faltan procesos de categorización de pequeños y grandes usuarios		Conflictos de uso de agua			

4.3 Degradación de suelo por cambio de uso

Causa		Impacto			
Cambio de uso de suelo por deforestación para ganadería y agricultura	Malas prácticas	Aumento de eventos extremos por el cambio climático	Disminución de la capacidad de retención de suelo y de la recarga de las aguas subterráneas	Erosión y sedimentación	Degradación de la calidad de las aguas disminución de la recarga hídrica y menos disponibilidad hídrica
	No hay planes de finca				
Avales emitidos sin control (para cambio de uso de suelo), por parte de alcaldías e instituciones competentes	Falta de cumplimiento de normativas (plan de ordenamiento territorial)		Impermeabilización de suelos	Aumento de escorrentías	Aumento del riesgo de inundaciones

4.4 Falta de monitoreo continuo, cualitativo y cuantitativo de los recursos hídricos

Causa			Impacto		
Falta de capacidad técnica institucional y financiera	No hay red de monitoreo adecuado	Falta de datos e información sobre la cantidad, disponibilidad (oferta) y calidad de los recursos hídricos	Falta de línea base para el otorgamiento de los derechos de agua	Debilidad en la planificación y gestión de la demanda de agua	Abastecimiento deficiente de agua potable
			Contaminación no puede ser detectada	Problemas para garantizar agua potable de calidad	Posibles efectos negativos a la economía local

5 Matrices de planificación

Las matrices de planificación están compuestas de nueve columnas, detallándose en ellas:

- Objetivo de cada tema.
- Resultados esperados
- Indicadores por resultado
- Hitos necesarios para alcanzar los resultados
- Responsables de la ejecución de las acciones
- Acompañamiento institucional ligado a la ejecución de las acciones
- Recursos humanos por cada institución, indicando el número de días requeridos por cada técnico
- Recursos financieros requeridos para llevar a cabo las acciones.
- Plazos indicando el tiempo de ejecución de las acciones.

Cabe señalar que los montos que se indican en la columna de recursos financieros son preliminares. Dentro de esta columna también hay hitos que no cuenta con estos detalles, ya que el monto para desarrollar dicho hito no se puede definir porque dependía de otras actividades que le anteceden. También es importante mencionar que existen hitos con presupuestos ya asegurados y otros que necesitan gestión de financiamiento.

Por otro lado es necesario mencionar que dentro de las matrices de planificación están integradas medidas de adaptación y mitigación a los efectos negativos del cambio climático. Estas medidas están incluidas específicamente en los temas de intervención 3 y 4; los cuales tienen por nombre:

- Tema 3. "Protección de suelos contra erosión y retención de aguas superficiales"
- Tema 4. "Monitoreo continuo cualitativo y cuantitativo de los recursos hídricos".

En el tema 3, se combinan dos temáticas relacionadas a la adaptación al cambio climático, donde se establecieron medidas que permitirán mitigar la erosión de los suelos causada por la deforestación de los bosques,

agravada por los efectos del cambio climático, así como la construcción de pequeñas obras de captación e infiltración de agua como diques y acequias.

Asimismo en el tema 4, destaca el monitoreo de nivel freático de los acuíferos, así como el monitoreo del nivel y caudal de los ríos y de la pluviosidad así como de la calidad del recurso. Estos procesos de monitoreo permitirán determinar el comportamiento de las diferentes variables monitoreadas a través del tiempo, las cuales son importantes para conocer si hay evidencia de cambio climático y los impactos pretendidos por las medidas planificadas.

En esta parte de planificación se definieron hitos por ser un plan maestro de 3 años y no a un plan operativo anual que requiere muchos detalles de las actividades a realizar. Finalmente estas matrices fueron consensuadas con todos los y las participantes del taller de medidas que además recibieron una explicación sobre el significado de los hitos.

Tema 1: Mejoramiento de la calidad de las

Objetivo	Indicadores	Resultados	Hitos
La calidad de las aguas subterráneas y superficiales ha sido mejorada	Al 2018 las aguas superficiales y subterráneas del estero de San Juan del Sur han mejorado un 50% su calidad respecto a los resultados de la línea base	La calidad microbiológica de las aguas del estero de San Juan del Sur ha mejorado	Elaborado estudio de factibilidad sobre el proyecto de ampliación la red de alcantarillado público en el casco urbano de San Juan del Sur del Sur (SJS)
			Remitido estudio de factibilidad a ENACAL para su revisión
			Realizado proceso de revisión y ajustes al estudio de factibilidad
			Aprobación técnica del proyecto por parte de ENACAL
			Identificadas posibles fuentes de financiamiento para la ejecución del proyecto
			Aseguradas fuentes de financiamiento para la ejecución del proyecto.
			Firmado convenio entre ENACAL, Alcaldía SJS y empresa privada para construcción de red de alcantarillado en los barrios aledaños al estero del río San Juan del Sur.
			Realizado proceso de licitación para ejecución del proyecto.
			Ejecutado proyecto de alcantarillado en los barrios aledaños al estero del río San Juan del Sur.
			Entrega de proyecto a ENACAL.
Al 2017 las aguas subterráneas de la zona costera han mejorado su calidad en un 20% respecto a los resultados de línea base con respecto a instrucción salina	La calidad microbiológica de las aguas superficiales y subterráneas ha sido mejorada en el resto de la Cuenca 72	Gestión de fondos público y privados para elaboración del diagnóstico con enfoque de género para determinar: letrinas cercanas a ríos y pozos, zonas con mayor déficit de letrinas y cantidad de letrinas a reubicar.	Elaboración de diagnóstico con enfoque de género para determinar: letrinas cercanas a ríos y pozos, zonas con mayor déficit de letrinas y cantidad de letrinas a reubicar.
			Formulación de proyecto para la instalación de 300 letrinas.
			Instalados 300 sistemas de letrinas.
			Realizado inventario de comités de agua potable y saneamiento así como evaluado el estado de protección de las fuentes.
Al 2017 las aguas subterráneas de la zona costera han mejorado su calidad en un 20% respecto a los resultados de línea base con respecto a instrucción salina	Se han protegido contra contaminación las extracciones de aguas subterráneas para suministro rural	Legalizado comité de agua potable y saneamiento de Pueblo Nuevo, Montecristo y San Antonio de Ostional.	Capacitados doce comités de agua potable y saneamiento en temas de protección de fuentes de agua de la cuenca y 2 de nivel municipal.
			Disponibles planes de medidas de protección en 4 fuentes de aguas subterráneas en la Cuenca 72.
			Implementado plan de medidas de protección de fuentes mediante la ejecución de Planes Operativos Anuales por fuente.

aguas superficiales y subterráneas

Responsables	Acompañamiento institucional	Recursos Humanos	Recursos (US \$)	Período de ejecución
Alcaldía San Juan del Sur	ENACAL	Consultoría	10,000	dic-14
		1 funcionario, una semana de trabajo		dic-15
ENACAL	GIZ	3 técnicos (as) un año y seis meses laborales	1000,000	jun-17
ENACAL (cooperación externa), Alcaldía de San Juan del Sur		2 técnicos (as) seis meses laborales		oct-17
Alcaldía de San Juan del Sur y ENACAL		1 técnico para monitoreo continuo a firma del convenio		dic-17
				feb-18
ENACAL	Alcaldía de San Juan del Sur	2 técnico tres días laborables		jun-18
		1 técnico 2 días laborables		abr-19
ENACAL	Alcaldía de San Juan del Sur	1 técnico 2 días laborables		may-19
Alcaldía de San Juan del Sur y Tola	El Nuevo FISE	1 técnico 2 días laborables	8,000	ago-17
		Consultoría		jun-18
		1 técnico 1 semana de trabajo		dic-18
		Contrato	200,000	dic-19
Alcaldía de San Juan del Sur y GIZ	ANA	Consultoría	1,500	oct-14
Alcaldía de San Juan del Sur	INAA	1 técnico 1 semana de trabajo		dic-17
	GIZ	2 técnicos 1 semana de trabajo	2,000	
		1 técnicos 2 semana de trabajo		ago.-17
		1 técnicos 2 meses de trabajo		dic-17

Tema 1: Mejoramiento de la calidad de las

Objetivo	Indicadores	Resultados	Hitos
La calidad de las aguas subterráneas y superficiales ha sido mejorada	Al 2017 se han desarrollado los proyectos de captación de aguas	Se ha logrado disminuir la intrusión salina en los pozos que abastecen el casco urbano San Juan del Sur	Creado plan de medidas para regular volumen de extracción de aguas subterráneas (utilización de Pozos de ENACAL).
			Disponible proyecto de construcción de obras de captación e infiltración de agua en fincas de productores (as) beneficiarias del proyecto de "Protección Conservación y uso Sostenible de los Recursos Hídricos de la Subcuenca Río San Juan del Sur
			Desarrolladas capacidades en productores (as) miembros del proyecto de "Protección Conservación y uso Sostenible de los Recursos Hídricos de la Subcuenca Río San Juan del Sur" por productores (as) miembros del Proyecto "Pago por Servicios Ambientales Hídricos en las Micro cuencas el Murciélagos y Corcuera en el Cerro la Mojosa"
			Implementadas 40 obras de captación e infiltración de agua (acequias, diques etc.), en fincas de la parte alta y media de la Cuenca, por productores (as) beneficiarios del proyecto "Protección Conservación y uso Sostenible de los Recursos Hídricos de la Subcuenca Río San Juan del Sur"

aguas superficiales y subterráneas

Responsables	Acompañamiento institucional	Recursos Humanos	Recursos (US\$)	Período de ejecución
ENACAL	Alcaldía de San Juan del Sur	2 técnicos 1 semana de trabajo		jul.-17
Alcaldía de San Juan del Sur y alcaldía de Tola	GIZ	Consultoría	3,000	nov-17
		2 técnicos (as) seis meses laborales	2,000	mar-17
Alcaldía de San Juan del Sur		Consultoría	1,000	may-18

Tema 2: Gestión de demanda

Objetivo	Indicadores	Resultados	Hitos
Asegurar el uso sostenible y equitativo del recurso hídrico, a través del registro de usuarios en la Cuenca 72	Al 2018 al menos el 70% de los grandes usuarios del recurso hídrico se encuentran inscritos ante ANA y/o Alcaldías	Concesiones, autorizaciones y licencias de uso de aprovechamiento de agua registrado	Realizado un inventario de extracciones subterráneas en la cuenca (Censo)
			Elaborada una categorización de usos y/o usuarios
			Firmado convenio Alcaldía San Juan del Sur-ANA para autorizaciones
			Diseñada campaña de divulgación sobre procedimiento de otorgamiento de autorización/concesiones
	Al 2016 el 100% de las Concesiones otorgadas son monitoreadas y se regula su extracción según la capacidad del acuífero*	Concesiones, autorizaciones y licencias registradas, no sobrepasan la capacidad de la Cuenca 72	Establecidos y oficializados procedimientos y criterios para la consulta del Comité-ANA
			Estructurado un plan de monitoreo y seguimiento de las concesiones y autorizaciones
			Realizado análisis entre concesiones emitidas o solicitadas y capacidad de cuenca (balance hídrico)

de los recursos hídricos

Responsables	Acompañamiento institucional	Recursos Humanos	Recursos (US \$)	Período de ejecución
ANA	Alcaldía de San Juan del Sur	2 personas por 20 días	8,000	agos-15
	Comité de cuenca 72, ENACAL, GIZ	1 persona por institución por 2 días		agos-15
	INIFOM, Alcaldía San Juan del Sur, comité de Cuenca 72	1 persona por institución por 4 días		dic-16
	Alcaldía San Juan del Sur, comité de cuenca 72 y GIZ	ANA: 1, comité (todos) por 3 días		enero 17
ANA	Alcaldía San Juan del Sur y alcaldía Tola	ANA (1 persona por un día, según consulta)	20,000	1er. Trimestre 2016
	Alcaldía San Juan del Sur	ANA (1 persona por dos días) Alcaldía (1 persona por dos días)		2 veces al año a partir de junio 2016
		2 técnicos por cada institución por dos días.		Finales de 2016 una vez al año

Tema 3: Protección de los suelos contra la erosión

Objetivo	Indicadores	Resultados	Hitos
Se ha contribuido al control de la degradación de suelos mediante medidas de protección de bosques y matorrales	Hasta 2018 se ha reducido los niveles de turbidez de las aguas superficiales en 30% respecto a línea base	Se ha controlado las construcciones en zonas medias y altas, con apoyo institucional y actores involucrados	Elaborado diagnóstico del número de construcciones localizadas en la Cuenca que se encuentren localizadas en las márgenes de ríos y quebradas
			Elaborado diagnóstico del tipo de uso de suelo en pendientes mayores al 15% en las márgenes de ríos y quebradas
			Implementadas medidas de control a construcciones en la Cuenca que se encuentren localizadas en las márgenes de ríos y quebradas (POT)
			Actualizado plan de ordenamiento territorial acorde con el PGIRH.
			Conformada comisión interinstitucional entre Alcaldía, INAFOR, MARENA para implementar control a nuevas construcciones localizadas en las márgenes de ríos y quebradas
			Disponibles informes de incidencia (logros alcanzados) y medidas tomadas
	Hasta 2018 las áreas de bosques y matorrales se incrementan en la subcuenca San Juan Del Sur en 5 % con relación a línea de base (diagnóstico)	Se ha logrado integrar buenas prácticas en productores (as) de la zona, para conservación de bosques y matorrales	Identificados sitios para protección de recarga hídrica
			Firmados convenios público-privado para proyecto, Protección Conservación y uso Sostenible de los Recursos Hídricos
			Elaborado informe de cumplimiento de convenio público-privado
	Hasta 2018 las áreas de bosques y matorrales se incrementan en la subcuenca San Juan Del Sur en 5 % con relación a línea de base (diagnóstico)	Se han logrado impulsar plantaciones energéticas en fincas ubicadas en las Pampas y Rejega	Suscritos acuerdos intermunicipales para atender casos de leñeros.
			Elaborados proyectos para impulsar plantaciones energéticas.
			Fincas seleccionadas
Establecidas plantaciones energéticas			

y mejoramiento de retención de aguas superficiales

Responsables	Acompañamiento institucional	Recursos Humanos	Recursos (US \$)	Período de ejecución
Alcaldía San Juan del Sur (Departamento de Urbanismo y Unidad Ambiental Municipal)	MARENA, INAFOR, comité de Cuenca 72, ANA, alcaldías de Rivas y Cárdenas	3 técnicos (as), mes laboral		jun-17
		3 técnicos (as), mes laboral		jun-17
		3 técnicos (as) de acuerdo a POA de la UAM		dic-19
		Consultoría		dic-17
		1 técnico(a), 3 días laborales		Mensual
		1 técnico(a), 1 semana laboral		Informes anuales
ANA y MARENA	MARENA, MAG, INAFOR, INTA, Tecnológico Nacional y Comité de Cuenca 72	1 técnico (a) ANA y 1 Técnico (a) MARENA 2 días laborales	123,000	dic-17
Alcaldía San Juan del Sur		1 técnico(a) 15 días laborales		dic-15
		1 técnico(a), 12 días laborales		Cada semestre del año (período 2015-2018)
Alcaldía San Juan del Sur	MARENA, MAG, INAFOR, INTA, Tecnológico Nacional y Comité de Cuenca 72	2 técnicos(as) 8 días laborales	50,000	enero 16
		1 técnico (a), 10 días laborales		mar-16
		1 técnico(a) 7 días laborales		
		1 técnico(a) 30 días laborales			Hasta finales 2018

Tema 4: Monitoreo continuo, cualitativo

Objetivo	Indicadores	Resultados	Hitos
Establecido el sistema de monitoreo permanente de la calidad y cantidad del recurso hídrico en la Cuenca 72	Trimestralmente se prepara y se entrega informe del comportamiento de la calidad y la cantidad de las aguas a ANA e INETER, con actualización del balance hídrico cada año.	Se ha establecido el sistema de monitoreo permanente de la Cuenca 72 y su operación	A diciembre 2016 firmado acuerdos entre ANA, Alcaldía de Tola y Alcaldía de San Juan del Sur para desarrollar el plan de monitoreo
			A noviembre 2014 instaladas 5 estaciones pluviométricas, 3 hidrométricas, 10 de mediciones de nivel de agua subterránea, 15 muestreo calidad agua subterránea y 10 muestreo calidad agua superficial
		Capacitados los y las operadoras del sistema	Recolectados trimestralmente los datos generados por la red e ingresados al SIAGUA
			Incluido anualmente en el POA de la Unidad Municipal de Agua y Saneamiento la implementación del plan de monitoreo
			Realizados 5 talleres de capacitación a operadores del sistema (lectores comunitarios de pluviómetros, manejo de sensores de agua subterránea a técnicos UMAS y UAM de Tola y San Juan del Sur)
			Realizado taller anual de actualización a nuevos técnicos municipales de UMA y UMAS
		Garantizada la rutina de monitoreo por personal técnico de las Alcaldía de San Juan del Sur y Tola	Definido personal para realizar monitoreo
			Elaborado plan de monitoreo por alcaldía y presupuesto
			Disponibles informes anuales de análisis de datos para cada año hídrico
		* (25,000 de la instalación física de la red más 5000 de los análisis de calidad anual hechos por alcaldías)	

y cuantitativo de los recursos hídricos

Responsables	Acompañamiento institucional	Recursos Humanos	Recursos (US \$)	Período de ejecución
ANA, Alcaldía Tola y Alcaldía de San Juan del Sur	GIZ	1 técnico por cada institución por un día		dic-16
	INETER, GIZ y ENACAL	1 técnico por cada institución por 20 días	30,000*	nov-14
Alcaldía Tola y Alcaldía de San Juan del Sur	GIZ	1 técnico por 2.5 días para cada institución		jul-19
	ANA y GIZ	1 técnico UMAS		dic-19
ANA, Alcaldía Tola y Alcaldía de San Juan del Sur	GIZ	3 días por 1 técnico para cada institución	3,000	feb-17
		1 día por 1 técnico para cada institución		dic-18
Alcaldía Tola y Alcaldía de San Juan del Sur	ANA y GIZ			may-15
	Comité de la cuenca 72,	2 días por 1 técnico para cada institución		agos-19
ANA	Alcaldías de Tola y San Juan del Sur GIZ	1 técnico una semana		dic-19

6 Financiamiento, implementación y monitoreo

6.1 Financiamiento:

Para cubrir el costo de todas las actividades a desarrollar para el PGIRH, se han identificado tres principales fuentes de financiamiento:

- Presupuesto municipal y transferencias del gobierno central hacia las municipalidades.
- Donaciones, en base a proyectos con duración determinada, de entidades nacionales o internacionales.
- Aportaciones voluntarias en efectivo, recursos humanos y materiales, por parte de instituciones públicas y de personas naturales o jurídicas pertenecientes al comité de cuenca.

Aunque la Ley General de Aguas Nacionales (Ley No.620) establece la creación del Fondo Nacional del Agua, para coadyuvar al financiamiento de actividades relacionadas con los planes hidrológicos por cuencas, no se incluye en la actualidad como fuente de financiamiento para el PGIRH, dado que el Fondo aún no se ha establecido.

1. Presupuesto municipal y transferencias del gobierno central hacia las municipalidades

Dentro de esta fuente de financiamiento, caben aquellas actividades del PGIRH, que están en concordancia con las competencias municipales en los temas de medio ambiente, agua y saneamiento. Conforme la orientación del gobierno central, a que las municipalidades destinen 7.5% para agua y saneamiento, y 5% para medio ambiente, habrá que proceder de forma anual a establecer y asegurar con las alcaldías, los productos y actividades del PGIRH que ingresarán a los planes de inversión anual y a los planes operativos de las áreas municipales involucradas.

Para el año 2014, ya se contó con presupuesto municipal asegurado para el monitoreo permanente de los recursos hídricos, entre junio y septiembre de cada año, a partir del 2014, habrá que continuar las coordinaciones entre la Autoridad Nacional del Agua, comité de cuenca y las alcaldías, para gestionar los recursos que serán requeridos anualmente en el tema de monitoreo y otros que puedan surgir, una vez elaborados los planes operativos anuales para la implementación del PGIRH.

De igual forma para 2014 se elaboró el estudio de factibilidad del proyecto de ampliación de la red de alcantarillado en el casco urbano de San Juan del Sur, con fondos de la municipalidad, dicho documento se encuentra en etapa de ajustes por parte de ENACAL, el cual posterior a su aprobación deberá contar con una contrapartida municipal para su construcción.

Además del aporte del personal técnico para la realización de las actividades del PGIRH, es otro mecanismo de financiamiento aportado por las alcaldías, que de forma específica se incluyen en las matrices del plan de medidas para la GIRH (parte C del PGIRH).

2. Donaciones, en base a proyectos con duración determinada, de entidades nacionales o internacionales

En el financiamiento del PGIRH, están incluidos proyectos y actividades relativas a la GIRH que ya tienen recursos económicos asegurados al menos de forma bianual y otros que requieren de la identificación de fuentes de financiamiento.

- 💧 Red de monitoreo de recursos hídricos (equipos), desarrollo de capacidades, estudios específicos, con financiamiento de la Cooperación Alemana al Desarrollo, en el marco del Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento (PROATAS).

3. Aportaciones voluntarias en efectivo, recursos humanos y materiales, por parte de instituciones públicas y de personas naturales o jurídicas pertenecientes al comité de cuenca.

Corresponde a este tipo de financiamiento, todas las actividades cuya responsabilidad recae en las instituciones relevantes del sector agua (ANA, MARENA, alcaldías, INETER, MAGFOR y MINSA), conforme la Ley No. 620 (Arto. 32). Se incluyen además los proyectos de cooperaciones público - privadas que se puedan desarrollar, producto del trabajo del comité de cuenca como lo es:

- 💧 Proyecto de "Protección conservación y uso sostenible de los recursos hídricos de la subcuenca Río San Juan del Sur", con el financiamiento de fondos de la alcaldía municipal, aporte de la empresa privada y de la Cooperación Alemana al Desarrollo, en el marco del Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento (PROATAS).

Es importante recalcar la importancia del rol que juegan las universidades presentes en la cuenca, por medio de las cuales se podrá realizar una gran cantidad de actividades previstas en el PGIRH, por lo tanto es imperante concretar estos compromisos por medio de un convenio de colaboración conjunta entre las universidades, el ANA, las alcaldías y el comité de cuencas. Considerando los recursos y capacidades institucionales disponibles, está definido para cada tema de medidas GIRH, el personal técnico institucional que será aportado para la implementación de las actividades.

6.2 Implementación

El PGIRH contempla 4 temas de intervención, derivados del diagnóstico de los recursos hídricos. Para cada tema se estructuró una matriz de planificación con hitos claramente definidos, necesarios para el cumplimiento de las actividades y objetivos así como la elaboración de planes operativos anuales (POA) más a detalle que conlleven a la implementación del PGIRH.

Para el cumplimiento de estos hitos, se establecerá Un plan operativo anual del PGIRH, donde se establecerá un programa de acciones concretas para alcanzarlos, considerando siempre la estimación de los costos involucrados, además de los recursos y capacidades institucionales disponibles.

La elaboración de este POA se realizará, una vez que el PGIRH sea aprobado técnicamente por la Autoridad Nacional del Agua, debiendo participar en su elaboración las instituciones rectoras y el comité de cuenca.

Aspectos importantes a crear o desarrollar para la implementación, son los siguientes:

- 💧 Voluntad política de los gobiernos municipales para impulsar la implementación del plan. Esto será evidente a través de la disponibilidad de recursos humanos y financieros en cada plan de inversión municipal.
- 💧 Cohesión y trabajo en equipo entre las instituciones para avanzar en la implementación de acuerdo a lo planificado.
- 💧 Desarrollo de capacidades, para incidir en la sostenibilidad de las medidas del plan GIRH, una vez que la cooperación se haya retirado.
- 💧 Monitoreo de la oferta de fondos nacionales o internacionales¹⁷, para presentar en forma oportuna proyectos y ser constantes en el seguimiento de la gestión hasta lograr el financiamiento.
- 💧 Establecimiento de mecanismos de coordinación y cooperación, de intercambio de información entre instituciones y comité de cuenca y de difusión hacia la comunidad.
- 💧 Definidas fechas bimensuales de seguimiento al cumplimiento de los POAs, siendo la unidad ambiental municipal de la alcaldía la encargada de convocar a las instituciones involucradas en la ejecución del PGIRH.

Es tarea de todos y todas, el trabajar de forma conjunta y coordinada para desarrollar las actividades que les compete y asegurar que el quehacer institucional particular sea coherente y armónico con el PGIRH, evitando crear conflictos o contradicciones.

Para lograr esto, el PGIRH será conocido a través de un proceso de divulgación ejecutado por el comité de cuenca y las instituciones relevantes, que incluye lo siguiente:

- 💧 La documentación completa del plan, en forma impresa, se conservará en buen estado, para fácil consulta por cualquier ciudadano(a) en las oficinas de las alcaldías e instituciones.
- 💧 Elaborar diferentes formatos de publicación, por ejemplo folletos, documento resumen con versiones bien resumidas de las partes sustantivas del plan, incluyendo imágenes y matrices de planificación.
- 💧 Mapas y mantas, o poster impresos con los elementos sustantivos del plan, pueden colgarse en las instituciones u otros lugares públicos.
- 💧 Se realizarán murales alusivos al proceso realizado y productos logrados, o a la visión que se tiene sobre la Cuenca 72
- 💧 Anuncios radiales y perifoneo para informar a la población de la aprobación del plan y de la disponibilidad del material informativo.
- 💧 Presentación en escuelas y universidades del PGIRH, donde se expondrá su importancia y divulgará su existencia.

Para evitar desmotivación de actores locales, aprovechar recursos de los presupuestos municipales se iniciaron acciones de implementación del plan GIRH en la cuenca 72 antes que estuviera concluida la redacción del documento final. Estas acciones son derivadas del diagnóstico, el cual a medida que avanzaba fue identificadas acciones prioritarias que luego pasaron a formar parte de las matrices de planificación por temas, estas acciones son:

- 💧 Monitoreo de los recursos hídricos (estrategia, red de monitoreo, desarrollo de capacidades, levantamiento de datos, integración de datos al SiAgua).
- 💧 Proyecto para la protección, conservación y uso sostenible de los recursos hídricos en la subcuenca río San Juan del Sur (convenio público privado, consecución de fondos, establecimiento y equipamiento de oficina, contratación del coordinador del proyecto, campañas de sensibilización, sinergia con ENACAL para proyecto de conexión de alcantarillado sanitario de las viviendas cercanas al Estero del río San Juan del Sur)
- 💧 Inventario de CAPS y protección de fuentes de agua.

¹⁷ En Nicaragua, existe el Fondo Nacional de Desarrollo Forestal. Parte de su menú, es el financiamiento para la protección de zonas de recarga hídrica.

6.3 Monitoreo

Comprende las siguientes etapas:

1. Revisiones con cortes bimestrales al avance de los hitos, que permitan realizar los ajustes necesarios y oportunos. Está a cargo de las instituciones rectoras que brindan el acompañamiento a la implementación del PGIRH y del comité de cuenca.

Se propone para estas revisiones la siguiente tabla:

Tema :

Resultados	Hitos	Fecha de monitoreo	Logros	Problemas	Medidas

2. Evaluación con periodicidad semestral o anual para evaluar la efectividad del plan, su correcta ejecución y poner en evidencia las necesidades de ajustes estratégicos u operativos, que serán elaborados por las entidades responsables, indicadas para las medidas del PGIRH (matriz medidas GIRH). Le corresponde la evaluación a las instituciones rectoras, con participación del Comité de Cuenca.

Se propone la siguiente tabla para la evaluación:

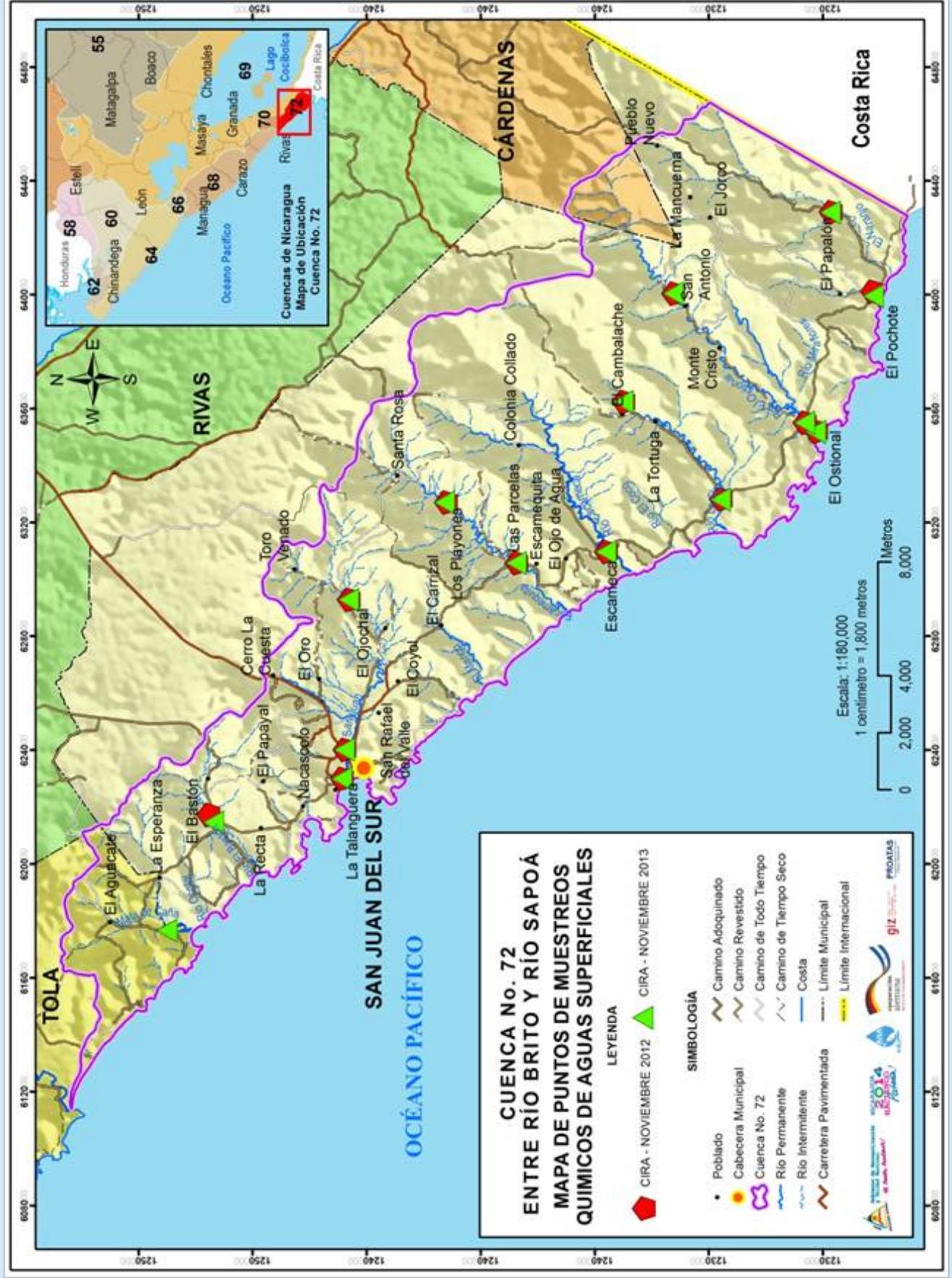
Tema :

Objetivo	Indicadores	Fecha de monitoreo	Logros	Problemas	Medidas

El foro anual con usuarios(as) de la cuenca, es el espacio donde se informará sobre avances y resultados de la evaluación del plan.

D. ANEXOS

2 Estado Actual Cualitativo de las aguas superficiales
 Anexo 2.1 Mapa de puntos de muestreo químico de las aguas superficiales



Anexo 2.1 Resultados de los análisis físico-químicos de las aguas superficiales de la Cuenca 72

ID	ID-Lab	K (mg/l)	Na (mg/l)	Mg ² (mg/l)	Ca ² (mg/l)	Fe ² (mg/l)	CO ³ (mg/l)	HCO ³ (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ⁴ (mg/l)	F (mg/l)
1	956-1184	1.24	26.60	5.83	84.97	< ld*	19.20	253.84	13.24	32.07	< ld
2	958-1185	1.24	29.40	7.70	95.23	0.05	< ld	345.98	22.05	36.45	< ld
3	959-1186	0.95	14.15	10.59	70.63	< ld	< ld	261.41	9.23	8.02	< ld
4	963-1188	3.44	78.40	14.92	90.47	0.160	< ld	353.67	112.76	25.44	< ld
5	961-1187	0.75	17.15	2.89	99.99	0.67	< ld	348.55	12.52	11.66	< ld
6	965-1190	1.3	15.7	12.03	69.04	0.390	< ld	253.72	10.52	20.29	< ld
7	964-1189	1.1	18.2	19.73	78.57	0.10	< ld	351.11	14.91	19.71	< ld
8	954-1178	0.85	30.05	10.69	102.61	0.05	< ld	341.71	43.82	18.84	< ld
9	957-1180	1.34	18.60	12.15	84.17	< ld	< ld	322.19	15.47	20.59	< ld
10	955-1179	1.24	20.10	9.72	92.18	0.06	< ld	341.71	16.86	19.96	< ld
11	967-1183	2.54	21.55	1.44	123.01	0.15	< ld	389.55	26.11	15.34	< ld
12	962-1181	136.56	3730.00	481.14	222.2	0.31	< ld	317.79	6814.00	965.80	0.65
13	960-1177	1.5	23.05	12.03	102.37	< ld	< ld	381.86	17.2	27.9	< ld
14	966-1182	2.2	47.1	8.18	94.44	0.780	< ld	315.23	80.52	20.29	0.52
1	LA-1310-0737	2.17	6.5	5.64	50.85	1.415	0.01	140	9.09	16.33	0.399
2	LA-1310-0727	1.49	11.5	6.16	61.02	0.9	0.01	170	12.8	28.32	0.329
3	LA-1310-0728	1.47	5.9	4.39	61.76	0.179	0.01	186.4	8.94	3.8	0.282
4	LA-1310-0729	3.32	40	10.63	79.52	0.327	0.01	214.8	71.6	24.89	0.275
5	LA-1310-0730	1.87	8.6	5.91	68.81	0.281	9.12	211.2	9.12	11.51	0.243
6	LA-1310-0731	3.18	11	6.32	67.24	0.235	0.01	208.4	8.47	20.33	0.233
7	LA-1310-0732	2.73	7	5.83	75.67	0.945	0.01	238.2	7.93	6.39	0.222
8	LA-1310-0733	2.06	8.4	8.16	84.1	0.147	0.01	245	14.3	20.24	0.234
9	LA-1310-0734	3.21	9.2	8.36	77.36	0.133	0.01	230.4	11.6	21.52	0.228
10	LA-1310-0735	3.35	11.2	8.92	66.56	0.115	0.01	216.4	9.62	21.94	0.231
11	LA-1310-0736	4.51	8.5	9.37	96.51	0.207	0.01	274.6	12.9	33.83	0.233
12	LA-1310-0737	95.6	2976	509.5	233.4	0.355	0.01	234	5620	908	0.41
13	LA-1310-0738	4.04	5.1	3.85	80.77	0.73	0.01	223.8	7.19	16.34	0.216
14	LA-1310-0739	4.48	5	14.32	80.56	0.29	0.01	253.6	10.6	25.61	0.208
15	LA-1310-0740	8.06	9.2	18.43	73.11	0.336	0.01	278.6	6.79	22.18	0.197

* <ld= menor al límite detectado <ld= menor al límite detectado, los sitios de muestreo de esta tabla son los mismos de la tabla del anexo 2.2, así como las fechas de muestreo y coordenadas

Anexo 2.2 Resultado de los parámetros físico químicos de las aguas superficiales de la Cuenca 72

ID	ID-Lab	X	Y	Fecha	pH	CE (µs/cm)	T (C°)	SDT (mg/l)	Turbidez(UNT)	Salinidad(%)	N02	N03
1	956-1184	642905	1227741	28/11/2012	8.41	512.00	24.80	353.71	1.10	0.20	0.71	0.01
2	958-1185	640116	1226287	28/11/2012	8.25	608.00	26.50	406.64	0.70	0	1.26	0.03
3	959-1186	640047	1233254	28/11/2012	8.27	405.00	25.00	265.72	1.00	0.40	<ld	0.02
4	963-1188	635200	1228247	28/11/2012	7.98	894.00	22.7	520.43	1.900	0	<ld	0.016
5	961-1187	635503	1228653	28/11/2012	8.08	534.00	25.00	350.90	3.15	0	<ld	0.013
6	965-1190	636238	1235010	28/11/2012	8.29	424.00	26.6	263.55	1.20	0	<ld	0.01
7	964-1189	632819	1231587	28/11/2012	8.14	562.00	27.7	321.58	1.100	0.20	<ld	0.016
8	954-1178	630960	1235620	28/11/2012	7.96	665.00	28.20	398.92	0.90	0.30	0.71	0.013
9	957-1180	632701	1241230	28/11/2012	8.26	514.00	26.40	333.90	0.90	0	1.29	0.013
10	955-1179	630570	1238756	28/11/2012	8.22	550.00	27.70	361.67	1.60	0	0.53	0.02
11	967-1183	624939	1250314	28/11/2012	7.72	706.00	25.4	422.10	5.80	0	<ld	0.023
12	962-1181	622988	1244879	28/11/2012	8.10	33700.00	27.8	12045.00	5.60	21.10	0.93	0.013
13	960-1177	629280	1244637	28/11/2012	8.10	623.00	27.2	395.24	0.600	0.13	<ld	0.013
14	966-1182	624012	1244787	28/11/2012	7.96	747.00	27.8	418.59	15.80	0.40	<ld	0.02
1	LA-1310-0737	642887	1227752	31/10/2013	8.35	331	28	200	75.3	<0.05	1.79	0.009
2	LA-1310-0727	639950	1226237	31/10/2013	8.08	395	27.8	245	24.00	<0.05	1.68	0.012
3	LA-1310-0728	640050	1233252	31/10/2013	8.4	388	26.9	220	2.33	<0.05	1.48	<0.009
4	LA-1310-0729	635179	1228265	31/10/2013	7.98	744	29.3	420	12	0.1	1.45	<0.009
5	LA-1310-0730	635503	1228653	31/10/2013	8.17	440	29.1	255	8.36	<0.05	1.39	<0.009
6	LA-1310-0731	636238	1235010	01/11/2013	8.31	445	26.8	240	8.13	<0.05	1.29	0.009
7	LA-1310-0732	632810	1231596	31/10/2013	8.11	428	27.8	255	62.40	<0.05	1.41	<0.009
8	LA-1310-0733	630960	1235620	31/10/2013	8	544	28.9	305	0.18	0.2	1.21	<0.009
9	LA-1310-0734	632697	1241273	01/11/2013	8	469	28.1	275	0.177	<0.05	1.38	0.009
10	LA-1310-0735	630570	1238756	01/11/2013	8	472	29.2	260	0.11	<0.05	1.33	0.018
11	LA-1310-0736	621463	1249380	01/11/2013	8.14	589	30.5	345	8.39	<0.05	1.2	0.009
12	LA-1310-0737	622988	1244879	01/11/2013	8.12	17950	31.8	13600	34.50	10.0	22.68	0.014
13	LA-1310-0738	629280	1244637	01/11/2013	8.25	464	27.8	260	59.20	<0.05	1.36	0.012
14	LA-1310-0739	624012	1244787	01/11/2013	8.2	549	31.1	320	64	<0.05	1.24	0.011
15	LA-1310-0740	617668	1251014	01/11/2013	7.98	515	28.4	300	14.6	<0.05	1.31	0.015

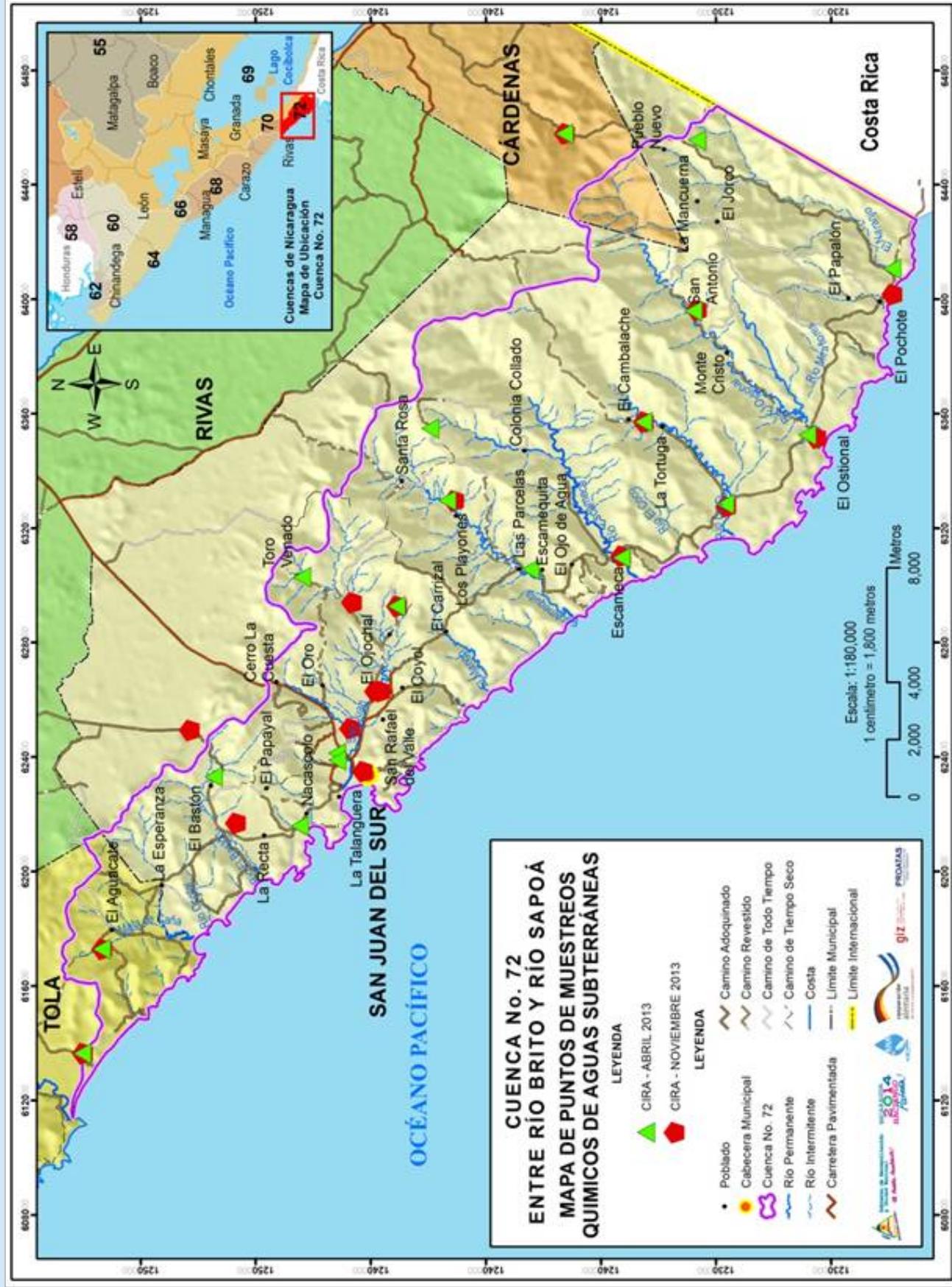
* <ld= menor al límite detectado

Anexo 2.3 Resultado de los análisis bacteriológicos de las aguas superficiales de la Cuenca 72

ID	ID Lab	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes (termotolerables) (NMP/100ml)	E. coli (NMP/100ml)	Recuento de helmintos en agua	Salmonella sp	Recuento de heterótrofos
1	956-1184	1.30E+02	4.5	<1.8	*	*	*
2	958-1185	1.40E+03	<1.8	<1.8	*	*	*
3	959-1186	3.30E+03	3.30E+03	3.30E+03	*	*	*
4	963-1188	1.40E+03	3.30E+01	3.30E+01	*	*	*
5	961-1187	7.90E+02	7.90E+02	7.90E+02	*	*	*
6	965-1190	1.70E+03	1.30E+03	1.30E+03	*	*	*
7	964-1189	3.30E+03	2.30E+02	2.30E+02	*	*	*
8	954-1178	7.90E+02	3.90E+01	3.20E+01	*	*	*
9	957-1180	1.30E+04	1.30E+04	4.90E+03	*	*	*
10	955-1179	1.70E+04	1.70E+04	1.40E+03	*	*	*
11	967-1183	4.90E+03	4.90E+03	4.90E+03	*	*	*
12	962-1181	1.10E+04	1.10E+04	3.30E+03	*	*	*
13	960-1177	4.90E+02	4.90E+02	3.30E+02	*	*	*
14	966-1182	3.50E+05	1.10E+05	7.90E+04	*	*	*
1	LA-1310-0737	>16000	>16000	*	Ausentes	Ausencia	2.40E+04
2	LA-1310-0727	3.50E+03	4.00E+02	*	Ausentes	Ausencia	2.40E+05
3	LA-1310-0728	2.20E+03	9.30E+00	*	Ausentes	Ausencia	6.00E+02
4	LA-1310-0729	>16000	1.60E+04	*	Ausentes	Ausencia	>30000
5	LA-1310-0730	>16000	3.50E+03	*	Ausentes	Ausencia	3.00E+04
6	LA-1310-0731	>16000	>16000	*	Ausentes	Ausencia	3.00E+04
7	LA-1310-0732	1.60E+04	1.60E+04	*	Ausentes	Ausencia	2.80E+04
8	LA-1310-0733	3.50E+03	4.00E+02	*	Ausentes	Ausencia	2.00E+03
9	LA-1310-0734	5.40E+03	4.00E+02	*	Ausentes	Ausencia	1.00E+04
10	LA-1310-0735	9.20E+03	1.70E+03	*	Ausentes	Ausencia	2.00E+04
11	LA-1310-0736	9.20E+03	4.70E+02	*	Ausentes	Ausencia	>30000
12	LA-1310-0737	>16000	>16000	*	Ausentes	Ausencia	1.10E+03
13	LA-1310-0738	>16000	>16000	*	Ausentes	Ausencia	1.40E+04
14	LA-1310-0739	>16000	>16000	*	Ausentes	Ausencia	3.50E+04
15	LA-1310-0740	9.20E+03	5.40E+03	*	Ausentes	Ausencia	2.40E+03

* No se midió esa variable en la fecha del muestreo

3 Estado Actual Cualitativo de las aguas subterráneas
 Anexo 3.1 Mapa con sitios de muestreo químico de pozos



Anexo 3.2 Resultados de los análisis físico químicos de las aguas subterráneas de la Cuenca 72

ID-LAB	X	Y	Fecha	K (mg/l)	Na (mg/l)	Mg ² (mg/l)	Ca ² (mg/l)	Fe ² (mg/l)	CO ³ (mg/l)	HCO ³ (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ⁴ (mg/l)	F (mg/l)
1304-0234	645781	1237274	09/04/2013	0.3	4.5	4.12	112	0.087	0.01	293.8	17	16.28	0.334
1304-0235	645557	1232663	09/04/2013	0.274	13	9.35	86.77	0.069	0.01	271.4	16.5	16.61	0.343
1304-0236	641066	1225881	09/04/2013	0.278	18.6	6.94	79.9	0.06	0.01	237	20.6	27.89	0.308
1304-0237	639588	1232790	09/04/2013	0.35	7.5	4.9	78.85	0.069	0.01	223.2	15.4	10.81	0.287
1304-0238	635256	1228837	09/04/2013	0.24	6.3	4.72	132.74	0.069	0.01	323.2	40.6	11.96	0.329
1304-0239	635712	1234532	09/04/2013	0.335	10.7	6.05	88.79	0.115	0.01	244.6	47.3	23.97	0.303
1304-0240	632835	1231683	09/04/2013	0.69	19.1	11.87	115.16	0.087	0.01	351	23.9	31.45	0.321
1304-0241	635482	1241935	09/04/2013	0.766	77.2	22.57	122.48	0.133	0.01	272.2	196	23.19	0.326
1304-0242	630969	1235287	09/04/2013	0.751	78.2	21.81	152.72	0.115	0.01	312.6	182	95.86	0.393
1304-0243	632962	1241341	09/04/2013	0.582	18.7	7.46	82.48	0.179	0.01	252.8	24	19.2	0.326
1304-0244	630556	1238465	09/04/2013	0.639	16.9	9.83	95.73	0.097	0.01	286.4	23.2	23.94	0.311
1304-0245	630287	1246390	09/04/2013	0.652	14.6	9.34	106.73	0.106	0.01	301	21.8	31.44	0.319
1304-0246	629269	1243104	09/04/2013	0.646	7.9	11.78	109.24	0.078	0.01	318.2	14.4	31.44	0.316
1304-0247	624138	1245176	09/04/2013	0.493	28	6.92	88.37	0.05	0.01	258	31.9	33.53	0.314
1304-0248	623883	1245165	09/04/2013	0.479	105	7.31	120.4	0.394	0.01	265.4	193	40.18	0.479
1304-0249	621582	1246463	09/04/2013	0.57	236	6.05	36.84	0.761	0.01	282	97.6	220.3	0.404
1304-0250	623311	1249460	09/04/2013	0.665	49.9	17.09	167.6	0.124	0.01	363.2	153	41.54	0.387
1304-0252	617291	1253356	09/04/2013	0.695	17.6	21.99	128.03	0.055	0.01	398.4	37.3	34.42	0.337
AN-996	645781	1237274	31/10/2013	1.13	14.9	5.46	89.94	0.09	<ld	278.98	13.9	13.3	0
AN-997	655557	1232663	01/11/2013	0.23	23.9	12.39	65.41	0.15	<ld	280.69	10.92	18.3	0
AN-998	640176	1225898	02/11/2013	0.63	106	11.9	76.86	0	<ld	322.92	43.67	148.8	0
AN-999	639616	1232690	03/11/2013	0.33	17.4	9.91	81.76	0.09	<ld	272.39	10.92	24.6	0
AN-1000	635147	1228541	04/11/2013	0.13	37.1	8.92	179.88	0.6	<ld	358.07	105.22	76.4	0
AN-1013	635712	1234532	05/11/2013	0.46	24	5.83	118.67	0.93	<ld	378.32	16.71	21.75	0
AN-1001	632749	1231672	06/11/2013	0.63	67.6	15.37	134.09	0.07	<ld	408.59	46.65	177.8	0
AN-1002	631023	1235321	07/11/2013	0.63	89.8	26.27	196.23	0.1	<ld	384.43	212.42	221.8	0
AN-1017	632952	1241126	08/11/2013	0.36	20.7	19.44	94.58	0.43	<ld	383.2	13.69	27.7	0
AN-1022	629402	1244669	09/11/2013	0.76	23.5	9.72	109.02	0	<ld	366.12	16.87	10.08	0

ID-LAB	X	Y	Fecha	K (mg/L)	Na (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Fe ²⁺ (mg/L)	CO ³ (mg/L)	HCO ³ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ⁴ (mg/L)	F (mg/L)
AN-1021	629269	1243104	10/11/2013	0.36	28.3	9.72	105.82	0	<ld	400.29	10.92	52.16	0
AN-1024	624989	1244742	11/11/2013	0.56	40.3	14.58	112.22	0	<ld	366.12	23.82	125.52	0
AN-1020	623500	1244300	12/11/2013	0.56	64.3	6.8	118.64	0	<ld	366.12	90.33	63.12	0
AN-1018	621582	1224646	13/11/2013	0.66	76.3	19.44	86.57	0.05	<ld	419.81	39.25	36.07	0
AN-1016	624939	1250314	14/11/2013	3.04	19.3	15.55	94.58	2.77	<ld	356.35	20.13	36.2	0
AN-1015	621168	1248188	15/11/2013	0.76	43.4	17.49	134.67	0.08	<ld	446.66	37.24	83.75	0
AN-1014	617291	1253356	16/11/2013	1.06	40.7	25.27	125.05	0.14	<ld	515	28.18	45.75	0
AN-1012	613636	1254025	17/11/2013	0.86	34.05	5.83	118.67	0.12	<ld	366.13	42.27	21.75	0
AN-1019	626300	1243877	18/11/2013	2.05	19.8	19.44	76.95	0.97	<ld	314.86	14.09	22.35	0
AN-1023	626300	1243687	19/11/2013	0.86	69	11.66	107.41	2	<ld	351.48	110.18	27.76	0
AN-1156	626300	1243877	17/11/2014	0.52	256.05	1.99	86.82	0.09	<ld	85.43	539.54	8.8	1.33
AN-1152	617291	1253356	18/11/2014	0.44	35.28	16.16	143.24	0.18	<ld	488.16	28.61	31.74	0
AN-1150	621168	1248188	19/11/2014	0.65	46.02	7.53	114.46	0.26	<ld	390.52	48.72	59.78	0
AN-1157	629402	1244669	20/11/2014	0.33	21.81	9.25	126.18	<ld	<ld	397.85	18.77	28.75	0
AN-1151	629269	1243104	21/11/2014	1.38	21.33	12.34	124.67	0.19	<ld	424.69	23.2	22.54	0
AN-1144	640176	1225898	22/11/2014	0.34	19.77	7.14	75.14	0.05	<ld	275.81	10.56	20.68	0
AN-1154	614916	1255130	23/11/2014	0.36	29.94	11.2	150.25	0.76	<ld	461.31	24.23	28.58	0.25
AN-1153	613636	1254025	24/11/2014	0	36.3	4.42	129.54	<ld	<ld	371	45.28	32.89	0
AN-1155	614031	1255819	25/11/2014	0.47	92.94	22.05	69.4	0.13	<ld	497.92	27.09	20.04	0.55
AN-1149	632952	1241126	26/11/2014	0	17.41	8.33	85.03	0.08	<ld	302.66	21.88	21.84	0
AN-1148	631023	1235321	27/11/2014	0	76.49	23.2	168.32	0.04	<ld	402.73	173.71	81.8	0.33
AN-1147	632749	1231672	28/11/2014	0.51	62.82	15.6	130.82	0.21	<ld	424.7	64.28	84.96	0.38
AN-1145	639616	1232690	29/11/2014	0	20.76	7.95	139.09	<ld	<ld	419.82	16.88	26.25	0
AN-1146	635147	1228541	30/11/2014	0	29.23	10	189.62	0.1	<ld	351.47	100.9	43.69	0

* <ld= menor al límite detectado

3.4 Resultados de los análisis bacteriológicos de las aguas subterráneas de la Cuenca 72

ID	ID Lab	X	Y	Fecha	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliforme Termotolerantes (NMP/100ml)	E.Coli (NMP/100ml)	Recuento de heterótrofos
1	1304-0244	630553	1238471	10/04/2013	1.30E+00	4.50E+00	Negativo	3.50E+02
2	1304-0243	632962	1241341	10/04/2013	4.50E+00	Negativo	Negativo	1.7E+03
3	1304-0238	635256	1228837	10/04/2013	4.90E+00	4.50E+00	Negativo	1.20E+04
4	1304-0237	639588	1232790	10/04/2013	1.10E+01	4.00E+00	4.00E+00	>30000
5	1304-0235	645557	1232663	10/04/2013	1.30E+02	7.80E+00	Negativo	2.60E+04
6	1304-0236	641066	1225881	10/04/2013	1.40E+02	7.80E+00	Negativo	2.60E+02
7	1304-0249	621582	1246463	10/04/2013	4.90E+02	2.50E+00	2.00E+00	6.00E+02
8	1304-0251	621168	1248188	10/04/2013	6.20E+02	1.20E+02	1.20E+02	4.70E+02
9	1304-0234	645781	1237274	10/04/2013	1.10E+03	4.90E+02	490	2.70E+04
10	1304-0250	623311	1249460	10/04/2013	2.40E+03	2.20E+02	2.20E+02	1.60E+02
11	1304-0246	629269	1243104	10/04/2013	5.40E+03	3.40E+02	3.40E+02	7.60E+02
12	1304-0247	624138	1245176	10/04/2013	5.40E+03	7.80E+00	4.50E+00	5.60E+02
13	1304-0252	617291	1253356	10/04/2013	5.40E+03	2.40E+03	2.40E+03	1.30E+03
14	1304-0240	635712	1234532	10/04/2013	9.20E+03	9.30E+00	4.00E+00	1.20E+04
15	1304-0239	635712	1234532	10/04/2013	1.60E+04	9.30E+00	9.30E+00	3.70E+03
16	1304-0242	630969	1235287	10/04/2013	1.60E+04	3.40E+02	3.40E+02	1.80E+04
17	1304-0245	630287	1246390	10/04/2013	1.60E+04	3.40E+02	3.40E+02	1.70E+03
18	1304-0253	613636	1254025	10/04/2013	1.60E+04	1.60E+04	>16000	1.50E+03
19	1304-0241	635482	1241935	10/04/2013	Negativo	Negativo	Negativo	2.70E+03
20	1304-0248	623883	1245165	10/04/2013	Negativo	Negativo	Negativo	3.00E+02
1	MB-1523	645781	1237274	28/10/2013	1.10E+04	1.70E+03	1.30E+03	No se hizo
2	MB-1524	665557	1232663	28/10/2013	7.90E+01	2.30E+01	2.30E+01	
3	MB-1525	640176	1225898	28/10/2013	2.30E+01	4.50E+00	2.00E+00	
4	MB-1526	639616	1232690	28/10/2013	2.20E+02	3.10E+01	3.10E+01	
5	MB-1527	635147	1228541	28/10/2013	1.30E+04	1.30E+04	4.90E+03	
6	MB-1551	635712	1234532	31/10/2013	2.00E+00	2.00E+00	2.00E+00	
7	MB-1528	632749	1231672	28/10/2013	4.90E+01	3.30E+01	3.30E+01	
8	MB-1529	631023	1235321	28/10/2013	4.90E+03	3.30E+03	3.30E+03	
9	MB-1552	632952	1241126	31/10/2013	3.30E+02	3.30E+02	3.30E+02	
10	MB-1553	629402	1244669	31/10/2013	4.06E+01	4.06E+01	4.06E+01	
11	MB-1554	629269	1243104	31/10/2013	2.30E+01	<1.8	<1.8	
12	MB-1556	624989	1244742	31/10/2013	4.90E+03	4.90E+03	4.90E+03	
13	MB-1557	623500	1244300	31/10/2013	<1.8	<1.8	<1.8	

ID	ID Lab	X	Y	Fecha	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliforme Termotolerantes (NMP/100ml)	E.Coli (NMP/100ml)	Recuento de heterótrofos
14	MB-1558	621582	1246463	31/10/2013	4.90E+03	2.30E+03	2.30E+03	No se hizo
15	MB-1559	624939	1250314	31/10/2013	3.30E+04	1.70E+04	1.70E+04	
16	MB-1560	621168	1248188	31/10/2013	1.70E+03	1.70E+03	1.70E+03	
17	MB-1562	617291	1253356	31/10/2013	4.90E+03	4.00E+02	3.50E+02	
18	MB-1563	613636	1254025	31/10/2013	2.30E+04	1.20E+03	9.40E+02	
19	MB-1561	626300	1243877	31/10/2013	1.10E+05	1.10E+05	1.10E+05	
20	MB-1555	626300	1243687	31/10/2013	2.30E+02	2.30E+02	2.30E+02	
1	MB-1665	640176	1225898	17/11/2014	1.30E+02	2.00E+00	<1.8	<1.8
2	MB-1666	639616	1232690	17/11/2014	4.90E+03	7.90E+02	7.90E+02	7.90E+02
3	MB-1667	635147	1228541	17/11/2014	7.90E+03	7.90E+01	7.90E+01	7.90E+01
4	MB-1668	632749	1231672	17/11/2014	4.90E+02	3.30E+02	2.30E+02	2.30E+02
5	MB-1669	631023	1235321	17/11/2014	1.10E+03	1.10E+03	1.10E+03	1.10E+03
6	MB-1670	632952	1241126	17/11/2014	1.70E+04	4.90E+03	4.90E+03	4.90E+03
7	MB-1664	626300	1243877	17/11/2014	1.30E+02	9.30E+00	9.30E+00	9.30E+00
8	MB-1671	614031	1255819	17/11/2014	4.90E+03	3.30E+02	3.30E+02	3.30E+02
9	MB-1672	613636	1254025	17/11/2014	3.30E+03	3.30E+03	3.30E+03	3.30E+03
10	MB-1673	614916	1255130	17/11/2014	7.90E+02	7.90E+02	4.90E+02	4.90E+02
11	MB-1674	617291	1253356	17/11/2014	4.90E+02	2.30E+02	2.30E+02	2.30E+02
12	MB-1675	621168	1248188	17/11/2014	2.30E+03	4.90E+02	4.90E+02	4.90E+02
13	MB-1676	629402	1244669	17/11/2014	2.30E+03	7.90E+02	4.90E+02	4.90E+02
14	MB-1677	626269	1243104	17/11/2014	2.40E+04	7.90E+03	7.90E+03	7.90E+03

4. Suministro Rural

4.1 Localización de los CAPS del Municipio de San Juan del Sur

Nombre del CAPS	Coordenadas	
	X	Y
Sistema de Escamequita	11.2011232	-85.80460206
Sistema de Agua Potable El Pochote	11.08815363	-85.70799135
Sistema de Agua Potable La Libertad	11.23214513	-85.75879717
sistema de agua potable Ostional	11.11610356	-85.76362028
Sistema de Agua Potable Pueblo Nuevo Sur	11.15025419	-85.66677056
Sistema de Agua Potable Tortuga	11.16517609	-85.75754094
Sistema de Agua Potable y Saneamiento El Ojochal	11.24420814	-85.81614525

E. REFERENCIAS DEL DIAGNÓSTICO

- Alcaldía municipal de Cárdenas. Plan municipal de ordenamiento territorial de Cardenas, Rivas, Nicaragua
- Alcaldía municipal de Cárdenas. Plan ambiental municipal
- Alcaldía municipal de San Juan del Sur, 2010. Plan municipal de ordenamiento territorial de San Juan del Sur, Rivas, Nicaragua.
- Alcaldía municipal de San Juan del Sur, . Plan ambiental municipal
- Alcaldía municipal de Tola. Plan de desarrollo municipal Cárdenas, Rivas, Nicaragua
- Alcaldía municipal de Tola. Plan ambiental municipal
- ANA, 2013. Plan Estratégico Institucional (PEI) 2013 - 2017. Autoridad Nacional del Agua, Managua.
- CAPRE, 1994. Normas de Calidad del agua para consumo humano. Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana. San José
- FCCyT, 2012. Diagnóstico Hídrico en las Américas. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, México.
- CAPRE, 1994. Normas de Calidad del agua para consumo humano. Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana. San José
- CIRA (2008), Disponibilidad actual y futura de los recursos hídricos en la franja costera del municipio de San Juan del Sur. Managua
- Consejo Estatal Para el Control de los Recursos del Agua, 2010. Una guía para los dueños de pozos domésticos. Sección Protección de Aguas Subterráneas Programa de Evaluación del Monitoreo Ambiental en Aguas Subterráneas (GAMA), California
- GRUN, 2012. Plan nacional de Desarrollo Humano 2012 - 2016, Versión Preliminar. Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional.
- INETER (2004), Atlas climático de Nicaragua. Managua
- INETER (2008), Balance Hídrico Superficial de Nicaragua, informe sin publicar. Managua

- INTUR (2014) Boletín de estadísticas de turismo 13.
- INIDE, 2006. VIII Censo de Población y IV de Vivienda, Población-Municipios. Volumen IV. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
- Intelsig. (2008). Análisis multitemporal de imágenes satelitales para la detección de cambios en la cobertura de la Tierra para los periodos (1987-1999 - 1999/2005).
- Lillich et al., 1973, Fuhrberger Feld bei Hannover in: Hölting/Coldewey, Hydrogeologie, 2012
- Ley General de Aguas, No. 620. Diario oficial de la República de Nicaragua La Gaceta No. 169, Managua, Nicaragua. 04 de septiembre de 2007
- Milán. 2010. Apuntes sobre cambio climático de Nicaragua. Managua
- MAG, 2009. Plan Sectorial PRORURAL Incluyente 2010 - 2014. Ministerio de Agricultura y Forestal. Managua
- MARENA, 2011. Estrategia Nacional Ambiental y del Cambio Climático Plan de Acción 2010 - 2015. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.
- MINSAL, 2011. Estrategia de Salud y la Política Nacional de Salud. Ministerio de Salud.
- OMS, 2006. Guía para la calidad del agua potable, Volumen 1 Recomendaciones. Organización Mundial de la Salud Ginebra.
- Strahler, A. N. (1952), "Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology", Geological Society of America Bulletin 63 (11): 1117-1142,
- Strahler, A. N. (1957), "Quantitative analysis of watershed

