



Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!



Autoridad Nacional del Agua

FISE
FONDO DE INVERSIÓN SOCIAL DE EMERGENCIA

ENACAL
¡Una empresa del Pueblo!
Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados



INETER

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

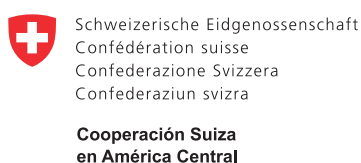
MARENA
Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales



INAFOR



Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco



Implementado por:

PROATAS
Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!



Autoridad Nacional del Agua

FISE

FONDO DE INVERSIÓN SOCIAL DE EMERGENCIA

ENAOAL

¡Una empresa del Pueblo!

Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados



INETER

Instituto Nicaragüense
de Estudios Territoriales

MARENA

Ministerio del Ambiente
y los Recursos Naturales



INSTITUTO NACIONAL FORESTAL
INAFOR



Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza
en América Central

Implementado por:

PROATAS
Programa de Asistencia Técnica
en Agua y Saneamiento

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Participaron también en el Plan las siguientes Alcaldías:



ACRÓNIMOS

- ALLACC: Alianzas Estratégicas Locales para la Adaptación del Cambio Climático
- ANA: Autoridad Nacional del Agua
- ANF: Agua No Facturada
- APRODEIN: Asociación de Profesionales para el Desarrollo Integral de Nicaragua
- BCN: Banco Central de Nicaragua
- CAPS: Comité de Agua Potable y Saneamiento
- CdCARC: Comité de Cuenca Alta de Río Coco
- CARC: Cuenca Alta de Río Coco
- CAPRE: Norma Regional de Calidad del agua
- CM: Captación por Manantial
- ENACAL: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
- ENEL: Empresa Nicaragüense de Electricidad
- FAO: Organización para la alimentación y la Agricultura (FAO, siglas en inglés)
- FISE: Fondo de Inversión Social de Emergencia
- GIRH: Gestión Integrada del Recurso Hídrico
- GIZ: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
- GRUN: Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
- INAA: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
- INAFOR: Instituto Nacional Forestal
- INATEC: Tecnológico Nacional
- INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
- INIDE: Instituto Nicaragüense de Información de Desarrollo
- INIFOM: Instituto Nicaragua de Fomento Municipal
- LAQUISA: Laboratorios Químicos S.A
- MABE: Mini Acueducto de Bombeo Eléctrico
- MAG: Mini Acueducto por Gravedad
- MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería
- MARENA: Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales
- MEFCCA: Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa
- MEM: Ministerio de Energía y Minas
- MHCP: Ministerio de Hacienda y Crédito Público
- MIFIC: Ministerio de Fomento Industria y Comercio
- MINED: Ministerio Nicaragüense de Educación
- MINSALUD: Ministerio Nicaragüense de Salud
- NTON: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense
- PEBM: Pozo Excavado con Bomba Manual
- PEM: Pozo Excavado a Mano
- PPBM: Pozo Perforado con Bomba Manual
- PROATAS: Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento
- PGIRH: Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos
- PGR: Procuraduría General de la República de Nicaragua

- RPNDAPS: Registro Público Nacional de Derechos de Agua y de Prestadores de Servicios
- SIASAR: Sistema de Agua y Saneamiento Rural
- SPPN: Secretaria Privada de las Políticas Nacionales de la República de Nicaragua
- SPC y C: Sistema de Producción, Consumo y Comercio
- UMA: Unidad Municipal de Medio Ambiente
- UMAS: Unidad Municipal de Agua y Saneamiento
- UNAN Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
- UNI: Universidad Nacional de Ingeniería

PRESENTACIÓN

A partir de la entrada en vigencia de la Ley No. 620, Ley General de Aguas Nacionales y sus Reformas, Ley No. 1046, ambas promulgadas por el Compañero Presidente de la República, Comandante Daniel Ortega Saavedra, se establece una Nueva Gobernanza para la Gestión Integral de los Recursos Hídricos, creándose además, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), con el fin de ejercer la gestión, manejo y administración de los recursos hídricos a nivel nacional.

El presente Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PGIRH), forma parte de un esfuerzo articulado y participativo entre las distintas Instituciones del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN) que conforman la Comisión para la Administración Sustentable de los Recursos Hídricos y los Gobiernos Locales de San José de Cusmapa, Las Sabanas, San Lucas, Somoto, Totogalpa, Ocotal y Macuelizo. Uno de los principales resultados de este esfuerzo fue la conformación y el fortalecimiento de las capacidades de los protagonistas que conforman el Comité de Cuenca de la Cuenca Alta del Río Coco, pero además se logró obtener un diagnóstico del estado actual de los recursos hídricos en la cuenca, lo cual conllevó a la identificación de las principales problemáticas que acontecen en la unidad hidrológica, siendo estos la base para la definición de un Plan de Sostenibilidad con líneas de acción orientadas a la superación de las mismas, así como el establecimiento de la gobernanza y el desarrollo sostenible de la cuenca, beneficiando tanto a la población como al recurso hídrico.

A través de la experiencia adquirida en temas de gestión comunitaria de cuencas y mediante el modelo de Alianza y Diálogo para la Prosperidad, las Instituciones de Nuestro Buen Gobierno y los Gobiernos Locales, han logrado concluir el presente Plan GIRH de la Cuenca Alta del Río Coco con la participación activa y consciente de las y los protagonistas que conforman el Comité de Cuenca. El presente instrumento de gestión hídrica es el resultado de las voluntades y cumplimiento del mandato del Sector Público, de las Comunidades y de la Unión Europea, a través del Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento (PROATAS) de la Cooperación Alemana (GIZ), en la protección y conservación del agua, reconociendo su importancia esencial para la vida y el desarrollo sostenible del País. Se espera que este esfuerzo brinde las pautas para el desarrollo de los procesos de planificación conjunta en otras unidades hidrográficas de Nicaragua.

Managua, República de Nicaragua, 19 de Octubre del 2023.

AUTORIDAD NACIONAL DL AGUA

CRÉDITOS

ANA

Dirección:

-Cro. Rodolfo Lacayo
Director Ejecutivo (a.i)

Personal Técnico:

-Cra. Carmen González
Directora de Cuencas
-Cro. Uberne Alvarado
Especialista en Cuencas

INETER

Coordinación Técnica:

-Cro. Reynaldo Castaño
Director General de Recursos
Hídricos

Personal técnico:

-Cro. Lenín Chavarría
Director de Hidrología
-Cra. Marisol Chavarría
Especialista Hidróloga
-Cra. Reyna Mendoza
Especialista Hidróloga
-Cro. Ramón Dávila
Director de Hidrogeología

ENACAL

Personal Técnico:

-Cro. José Iván García
Director de Planificación

FISE

Personal Técnico:

-Cra. Aurora Grijalba
Directora de Operaciones y
Desarrollo Social, FISE/DODS

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

Coordinación General:

- Gereon Hunger
Coordinador PROATAS

Coordinación Técnica:

- Francis Rivera González
Coordinadora Técnica ALLACC

Personal Técnico:

- Ervin Cabrera Barahona
Consultor Agua Potable y Saneamiento
- Juan José Gutiérrez
Asesor Local GIRH
- Reinhart Koschel
Consultor Hidrogeólogo
- José Luis Martínez
Asesor Local Agua Potable
- Fernando Mendoza
Consultor en Análisis SIG/Cambio
de Uso de Suelo
- Tatiana Pérez Castillo
Asesora Local Saneamiento
- Dinorah Somarriba Padilla
Consultora GIRH
- Humberto Vallecillo Kühl
Asesor Local GIRH

Participaron también en el plan de GIRH de la Cuenca Alta de Río Coco: el personal técnico de las unidades municipales de agua y saneamiento y medio ambiente de las alcaldías de San José de Cusmapa, Las Sabanas, San Lucas, Somoto, Totogalpa, Ocotal y Macuelizo.

© Derechos reservados: Las instituciones participantes del proyecto se reservan cualquier derecho de publicación. Está prohibido la reproducción y uso del contenido con fines comerciales. La reproducción del contenido del documento con fines educativos y de carácter divulgativo requiere el permiso anticipado de todas las instituciones autoras del documento.

Diagramación junio 2023

- Kromi Studio

Año de publicación 2023. Managua, Nicaragua.
Foto de portada GIZ Nicaragua.

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 | 5 |
| 5.1. Marco y elementos básicos de la GIRH..... | 5 |
| 5.2. Los componentes principales del la GIRH | 6 |
| 5.3. Los componentes transversales:..... | 8 |
| 5.4. Fundamentación y función del PGIRH | 8 |
| 5.5. Metodología..... | 10 |
| 5.6. Estructura Institucional..... | 11 |
| 5.7. Los procesos de la GIRH | 12 |
| 5.8. Desarrollo de capacidades..... | 17 |
| 6. Vinculación con otros planes..... | 19 |
| 6.1. Plan Nacional de Lucha Contra La Pobreza y para el Desarrollo Humano 2022-2026..... | 20 |
| 6.2. Plan de Acción para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de Nicaragua (2022 - 2026)..... | 21 |
| 6.3. Política Nacional de Acción ante el cambio climático, decreto #35 22-02-22 | |
| 6.4. Política Nacional de Salud..... | 23 |
| 6.5. Plan Estratégico Institucional de la Autoridad Nacional del Agua 2022-2026..... | 23 |
| 6.6. Estrategia de Fortalecimiento Municipal para el Sector de Agua y Saneamiento Rural 2020-2030..... | 24 |
| 6.7. Planes de Desarrollo Municipal (PDM)..... | 24 |
| 6.8. Plan de Ordenamiento Forestal (POF)..... | 24 |
| 6.9. Plan Municipal de Respuesta con Enfoque de Multiamenaza..... | 25 |
| 6.10. Plan Municipal de Protección Ambiental de las familias ante el cambio climático en el municipio de Ocotal 2020-2024)..... | 25 |

| | |
|--|-----------|
| B. DIAGNÓSTICO | 26 |
| 1. Descripción General de la Cuenca | 26 |
| 1.1. Características físicas..... | 26 |
| 1.1.1 Topografía y Geomorfología..... | 30 |
| 1.1.2 Geología..... | 32 |
| 1.1.3 Hidrogeología..... | 36 |
| 1.2. Características administrativas y demográficas..... | 37 |
| 2. Clima | 42 |
| 2.1. Precipitación | 42 |
| 2.2. Temperatura..... | 51 |
| 2.3. Evapotranspiración..... | 54 |
| 3. Agua Superficial | 56 |
| 3.1. Red hidrológica..... | 56 |
| 3.2. Estado actual cuantitativo y cualitativo..... | 58 |
| 3.3. Monitoreo de aguas superficiales..... | 76 |
| 4. Agua Subterránea | 77 |
| 4.1. Acuíferos y su potencial..... | 77 |
| 4.2. Estado actual cuantitativo y cualitativo..... | 80 |
| 4.3. Monitoreo de aguas subterráneas..... | 88 |
| 5. Consumo y Demanda | 89 |
| 5.1. Consumo y demanda de agua potable..... | 89 |
| 5.2. Consumo del sector agrario..... | 92 |
| 5.3. Pronóstico de la demanda..... | 97 |
| 5.4. Gestión de la demanda..... | 99 |

| | |
|--|------------|
| 6. Balance hídrico | 100 |
| 6.1. Observaciones preliminares..... | 100 |
| 6.2. Cálculo de las variables del balance hídrico..... | 101 |
| 6.3. Resultados del análisis de flujo base (recarga de los acuíferos) de la estación Palmira..... | 105 |
| 6.4. Resultados resumidos del cálculo de los variables del balance hídrico..... | 106 |
| 6.5. Balance hídrico de oferta y demanda de aguas superficiales y subterráneas..... | 108 |
| 7. Suministro de Agua Potable y Saneamiento..... | 110 |
| 7.1. Suministro Rural..... | 110 |
| 7.2. Suministro Urbano | 115 |
| 7.3. Saneamiento..... | 123 |
| 7.3.1 Saneamiento rural..... | 123 |
| 7.3.2 Saneamiento urbano..... | 125 |
| 7.4. Manejo de los desechos sólidos..... | 128 |
| 7.4.1 Situación por Municipio..... | 133 |
| 8. Uso de suelo..... | 137 |
| 8.1. Análisis multitemporal del uso de suelo..... | 137 |
| 9. Impacto del cambio climático..... | 146 |
| 9.1. Indicadores del cambio climático..... | 146 |
| 9.2. Impactos directos al ciclo hídrico..... | 149 |
| 9.3. Factores agravantes de origen antropogénico..... | 149 |
| 10. Conservación y protección | 152 |
| 10.1. Agua superficial (zonas y otras medidas de protección)..... | 152 |
| 10.2. Agua subterránea (zonas y otras medidas de protección).... | 154 |
| 10.3. Áreas protegidas y planes de manejo..... | 154 |

| | |
|--|------------|
| 11. Intervenciones artificiales en el régimen natural de las aguas.. | 158 |
| 12. Conclusiones..... | 160 |
| C. PLAN DE ACCIÓN..... | 162 |
| 1. Introducción..... | 162 |
| 2. Problemas identificados y sus cadenas causales..... | 163 |
| 3. Taller de Planificación..... | 167 |
| 3.1. Participación..... | 167 |
| 3.2. Agenda..... | 167 |
| 3.3. Metodología..... | 168 |
| 3.4. Matrices de planificación..... | 171 |
| 4. Financiamiento, Implementación y Monitoreo..... | 188 |
| 4.1. Financiamiento..... | 190 |
| 4.2. Implementación..... | 190 |
| 4.3. Monitoreo..... | 192 |
| D. Anexos..... | 193 |
| Anexo 1. Base de datos de la precipitación territorial..... | 194 |
| Anexo 2. Resultados de los parámetros físico - químicos de las aguas superficiales en la Cuenca Alta de Río Coco..... | 198 |
| Anexo 3. Resultados de contaminantes orgánicos de las aguas superficiales de la Cuenca Alta de Río Coco..... | 200 |
| Anexo 4. Resultados de los análisis físico - químicos de las aguas subterráneas en la Cuenca Alta de Río Coco..... | 202 |
| Anexo 5. Resultados de los análisis de los contaminantes pesados de las aguas subterráneas de la Cuenca Alta de Río Coco | 208 |
| Anexo 6. Inventario de pozos de la Cuenca Alta de Río Coco..... | 212 |
| Anexo 7. Análisis de flujo base: ejemplos para los años 1969/1970, 1970/1971, 1971/1972, 1972/1973..... | 224 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 8: Análisis de flujo base: ejemplos para los años 1969/1970, 1970/1971, 1971/1972, 1972/1973 | 226 |
| Anexo 9: Comunidades de la cuenca alta del Río Coco sin sistemas de agua de mayor complejidad..... | 230 |
| E. BIBLIOGRAFÍA | 231 |

A. INTRODUCCIÓN

1. Contexto General

Nicaragua, debido a su ubicación en la zona de convergencia intertropical es particularmente sensible a los efectos del cambio climático. Además, debido a que la economía nacional se basa ante todo en la explotación de recursos naturales y la exportación de materias primas agrícolas, cualquier degradación medioambiental o variabilidad del clima tienen repercusiones importantes en el desarrollo económico.

El crecimiento poblacional del país, el desarrollo económico y el aumento de la producción, generan una creciente demanda de agua dulce, variabilidad del clima, la sequía, la desertificación, la salinización (en zonas costeras en el océano Pacífico del país y el mar Caribe), la contaminación y otros factores, reducen su disponibilidad del agua, lo que plantea un panorama incierto para los próximos años, por lo que la presión sobre los recursos hídricos seguirá aumentando.

La baja tasa de implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) en el país (30% según la evaluación del grado de implementación de la GIRH realizada en el 2020 por la subcomisión GIRH), la deforestación, la degradación de los suelos debido a las prácticas agrícolas extensivas, la ganadería y la tala ilegal perjudican la disponibilidad del recurso hídrico en el país. El acceso al agua potable y al saneamiento ha mejorado (según informe GRUN 2022, la cobertura al año 2022 de agua potable a nivel urbano hasta un 93% y el saneamiento hasta un 50%; en la zona rural se amplió el agua potable a un 55% y el saneamiento a un 49.7%), pero sigue siendo insuficiente, sobre todo en las zonas rurales.

El principal reto de las inversiones en infraestructuras para el sistema de distribución de agua en Nicaragua consiste en garantizar un suministro de agua eficiente y sostenible. Así pues, la gestión integrada de recursos hídricos a escala nacional y el refuerzo de la resiliencia de cada cuenca ante los efectos adversos del cambio climático son prioridades nacionales para alcanzar varios objetivos de desarrollo de las estrategias nacionales, así como de la Agenda 2030.

A partir del 2019 la Cooperación Técnica Alemana al Desarrollo (GIZ¹ por siglas en alemán) a través del Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento (PROATAS) acordó su continuidad de cooperación en el país con el Gobierno de Nicaragua y en cofinanciamiento con la Unión Europea y COSUDE para implementar en la parte alta de la cuenca de río Coco el proyecto Alianzas Estratégicas Locales para la Adaptación al Cambio Climático en la Cuenca Alta del Río Coco (ALLACC), proyecto ejecutado bajo el marco estructurado de PROATAS, dado su experiencia en la implementación de la

¹ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

GIRH en tres cuencas en años anteriores (subcuenca Mayales, Cuenca 72; entre río Brito y río Sapoa y la Cuenca 64: entre río Tamarindo y volcán Cosigüina), así como su capacidad instalada.

El área de intervención del programa ALLACC es de aproximadamente 940 km², y comprenden dentro de esta área 7 municipios: San José de Cusmapa, Las Sábanas, San Lucas, Somoto, Totogalpa, Ocotal y Macuelizo. La cuenca posee 5 unidades hidrográficas de nivel 7 (según el método de codificación Pfafstetter para la identificación de cuencas hidrográficas), estas son: río Tapacalí, río Inalí, río Comalí (casi toda su área está dentro de los límites de Honduras, lo que no facilitó la disponibilidad de estos datos), río Coco y río Macuelizo. Esta última unidad hidrográfica es el área de intervención para implementar acciones con el cofinanciamiento recibido de parte de la COSUDE en el año 2020.

Las alcaldías contrapartes para implementar el programa ALLACC son 8 municipalidades, incluyendo al municipio de Santa María (este municipio no forma parte del área de la cuenca, es un municipio vecino, sin embargo a solicitud del gobierno se involucró puntualmente en este proyecto para beneficiarlo con inversión en saneamiento). La coordinación con estas alcaldías se realiza a través del Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM), además participan en este programa las instituciones del sector hídrico del gobierno central: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario (ENACAL), la cual cuenta con dos delegaciones departamentales y tres filiales presentes en la cuenca, el Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) y el Instituto Nacional Forestal (INAFOR), estas dos últimas instituciones con delegaciones departamentales presentes en la cuenca.

El Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta de Río Coco tiene cuatro componentes fundamentales: a. La oferta, b. La demanda (ambas correspondientes al balance hídrico), c. El suministro y saneamiento urbano y rural y d. La conservación y protección del recurso hídrico.

La parte fundamental del plan fue basado en la elaboración de un diagnóstico del estado hídrico en términos de cantidad y calidad, además este plan debe facilitar instrumentos de gestión que garantizaran la integración dentro de los planes municipales e institucionales de las medidas de prevención y corrección de la problemática de la cuenca, con sus indicadores de impacto, asignando responsabilidades para la implementación de este, siendo un plan realista y factible de aplicar.

2. Objetivo

El Plan de GIRH tiene como objetivos principales los siguientes:

Objetivo General: Contribuir a la gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca alta del río coco, mediante la identificación de acciones resilientes con enfoque de género que permitan mejorar la problemática identificada en el diagnóstico de la cuenca.

Objetivos específicos:

1. Poner a disposición un diagnóstico hídrico de la cuenca, basado en datos confiables y actualizados.
2. Identificar los principales problemas en la gestión de los recursos hídricos.
3. Definir medidas que contribuyan a una solución sostenible a estos problemas y garanticen el suministro de agua y la protección de los recursos hídricos, mejorando así la resiliencia de la cuenca y sus habitantes a los efectos del cambio climático a largo plazo.

El Plan de GIRH, tendrá un horizonte de cuatro años, del 2023 al 2027.

3. Visión

Al año 2027, en la Cuenca Alta del Río Coco, se han logrado realizar medidas de protección de los recursos hídricos, especialmente la conservación de las zonas más vulnerables de recarga hídrica, satisfacer y regular la demanda de agua en cantidad y calidad para todos los usos de manera sostenible, a través de medidas de mejor aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles y de la gestión del Comité de Cuenca, instituciones sectoriales y la participación de su población.

4. Marco Legal e Institucional

El Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN), ha establecido en su Plan Nacional de Lucha Contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano 2022-2026, entre sus Ejes de Trabajo: "Impulsar la implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos a nivel nacional", además de las políticas de: Agua Potable y Saneamiento con Gestión Sostenible de los

Recursos Hídricos y la Política Nacional Ambiental y de Cambio Climático.

Con el objetivo de potenciar la implementación de la GIRH a nivel nacional, a finales del año 2020, se aprueba la Ley N.º 1046, "Ley de Reforma a la Ley N.º 620 Ley General de Aguas Nacionales", publicada en La Gaceta, Diario Oficial N.º 217 del 23 de noviembre de 2020. Por consiguiente, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), absorbe por fusión y es sucesora sin solución de continuidad del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), convirtiéndose en el órgano superior del Poder Ejecutivo, con funciones normativas, operativas, de gestión y regulación en materia hídrica y de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento.

De esta fusión, surge un nuevo esquema operativo de la ANA, enfocado en dar respuesta a las necesidades de los distintos usuarios de los recursos hídricos y de agua potable y saneamiento; que tiene como objetivo estratégico, en concordancia con los ejes de trabajo nacionales, implementar la GIRH a nivel nacional por unidad hidrográfica, a través de la elaboración de Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PGIRH), que se constituyen como el marco de planificación y administración del recurso a nivel territorial y la conformación de comités de cuenca que aportan a la operativización de estos planes.

De igual forma, con la Ley N° 1046, se establece una gestión descentralizada del recurso hídrico a nivel territorial, por medio de la creación de dos instancias de administración: El Consejo Nacional para el Desarrollo del Recurso Hídrico (Arto. 20 bis, Capítulo I), el cual tiene un carácter específico de planificación, y la Comisión para la Administración Sustentable de los Recursos Hídricos (art. 17 y art. 20 quinquies), la cual garantiza la administración sustentable y operatividad de la gestión integrada de los recursos hídricos desde los territorios.

Con la Reforma de la Ley N° 620, también se fortalece la gestión y el empoderamiento a nivel comunitario, a través de los Comités de Cuenca, ya que éstos participarán en la formulación de los planes y programas que elabore la Comisión para la Administración Sustentable de los Recursos Hídricos o el Organismo de Cuenca, según sea el caso. Otro hito de importancia fue que, con el certificado de inscripción emitido por el Registro Público Nacional de Derechos de Agua y de Prestadores de Servicios (RPNDAPS), se les otorga fe pública de su conformación y se adquiere personería jurídica, con la cual pueden gestionar fondos y ejecutar proyectos (Arto. 35).

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 Cuenca forman el sistema de administración de las aguas, ambos indispensables para llevar a cabo la implementación de la Ley N° 1046.

5. Concepto de la GIRH

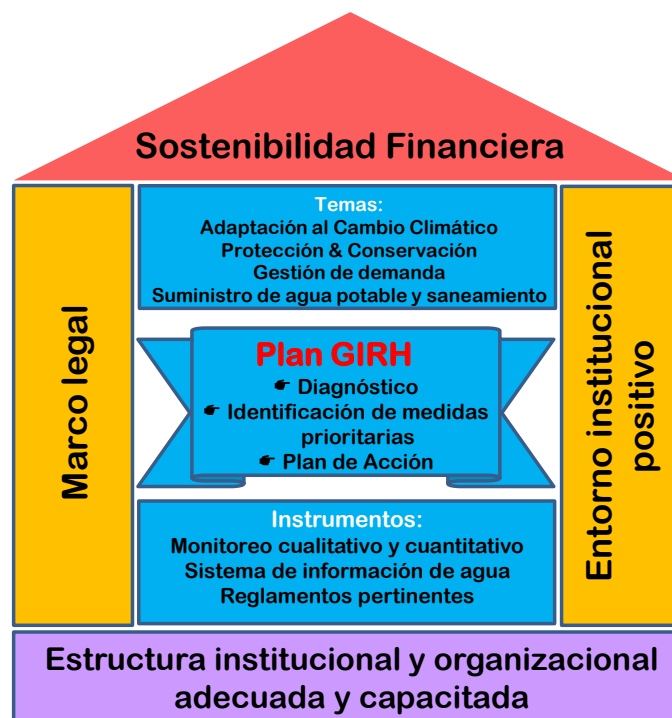
Según la Global Water Partnership (GWP por siglas en inglés) “La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) se puede definir como un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales” (GWP Technical Advisory Committee, 2000).

5.1. Marco y elementos básicos de la GIRH

A partir del esquema simplificado de una casa, se puede ilustrar el marco y los elementos básicos de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), en el cual se simboliza la importancia del Plan de GIRH (PGIRH) como instrumento principal de la GIRH (Fig. 1).

El Plan de GIRH corresponde al “habitante principal” de la casa y sus “decoraciones interiores” solamente pueden “sobrevivir” con una estructura bien establecida, que está comprendida por sus cimientos que semejan a una estructura institucional y organizacional adecuada y capacitada, un financiamiento sostenible como su techo y sus paredes conformadas por el marco legal y entorno positivo. El Plan GIRH es el punto focal para la aplicación de este concepto.

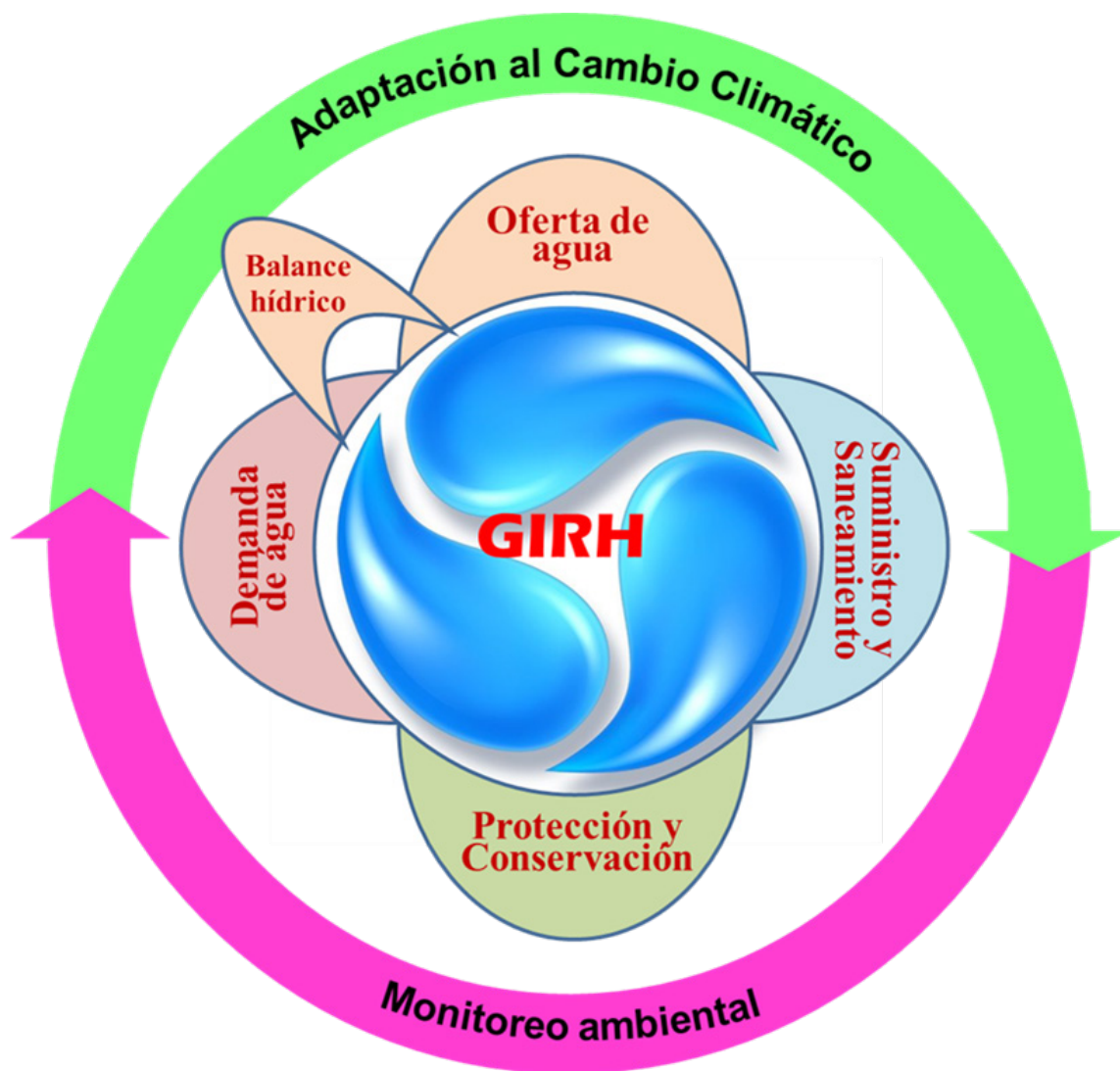
Figura 1: Marco y concepto básico de la GIRH



5.2. Los componentes principales de la GIRH

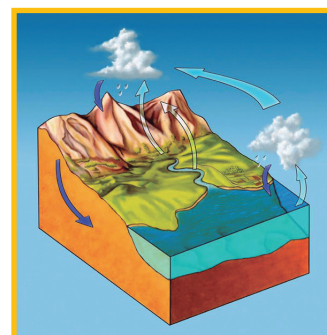
En el concepto empleado por el GRUN y la ANA como institución líder, la GIRH integra todos componentes relevantes del sector de agua (Fig. 2):

Figura 2: Los componentes principales de la GIRH



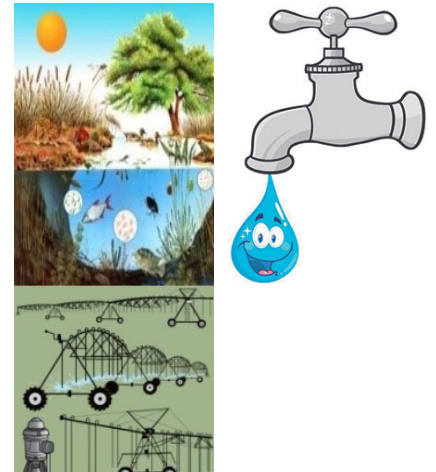
La oferta:

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



La demanda:

- La gestión de demanda de agua comprende el control del uso de agua y el mantenimiento del equilibrio hídrico para evitar una sobreexplotación de los recursos hídricos y asegurar la demanda ecológica de agua en la cuenca. El balance hídrico requiere el cálculo de demanda de agua por todos los sectores.



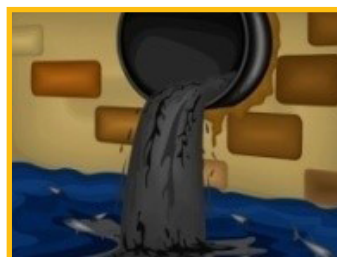
El suministro y saneamiento:

- La seguridad hídrica, especialmente el suministro de agua potable es una tarea principal de la GIRH y depende de una gestión eficiente del recurso. Por otro lado, la conservación de buena calidad de agua requiere sistemas adecuados de saneamiento. La operación sustentable y mantenimiento de los sistemas de suministro y saneamiento son temas de este componente



La conservación y protección:

- La conservación y protección de los recursos hídricos representan el componente tradicional de la gestión de los recursos hídricos. Los temas incluyen la protección y conservación de las zonas vulnerables de recarga hídrica a través de medidas adecuadas como silvicultura sostenible y sistema agroforestales.



5.3. Los componentes transversales:

a. La adaptación al cambio climático:

El impacto del cambio climático en la cuenca hidrográfica es principalmente un impacto al ciclo hídrico y sus efectos secundarios negativos para la población. Por eso la GIRH y sus componentes en este concepto se considera a sí misma como instrumento efectivo de adaptación al cambio climático que contribuye al aumento de resiliencia de la población y de los recursos hídricos.

b. El monitoreo:

Una aplicación exitosa de la GIRH y de sus instrumentos depende del monitoreo minucioso de cada componente de este concepto para garantizar la sostenibilidad de cada medida.

5.4. Fundamentación y función del PGIRH

De acuerdo a la delimitación de cuencas bajo la metodología Pfafstetter, el territorio nicaragüense fue dividido en seis cuencas hidrográficas principales: la Cuenca del Río Coco, Cuenca de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), Cuenca del Río Grande de Matagalpa, Cuenca de la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS), Cuenca del Río San Juan de Nicaragua y Cuenca de El Pacífico y a partir de estas se delimitaron otras cuencas, hasta alcanzar un total de 517 unidades hidrológicas para todo el territorio nacional.

Las cuencas hidrográficas son muy diversas y pueden tener:

- 💧 Diferentes potenciales de aguas subterráneas y superficiales
- 💧 Diferentes calidades de agua
- 💧 Diferentes demandas de agua
- 💧 Diferentes balances hídricos
- 💧 Diferentes vulnerabilidades al cambio climático
- 💧 Generalmente una demanda creciente
- 💧 Diferentes competencias de uso

- 💧 Diferentes grados de degradación de sus zonas de recarga
- 💧 Diferentes grados de sobre explotación

Estas diferencias requieren un instrumento fuerte individualizado a la cuenca para proteger y conservar los recursos hídricos, garantizar su uso sostenible y contribuir a la adaptación al cambio climático.

El PGIRH tiene que cumplir con las siguientes condiciones:

- ✓ Basarse en un diagnóstico del estado hídrico y en líneas base actualizadas
- ✓ Presentar un análisis y una evaluación detallada del estado de los recursos hídricos
- ✓ Ser un plan con enfoque al cambio climático
- ✓ 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 realista 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 de las zonas vulnerables de recarga hídrica
- 💧 El suministro de agua potable y el saneamiento
- 💧 El monitoreo continuo de los recursos hídricos
- 💧 Escenarios y medidas de adaptación al cambio climático
- 💧 El completamiento de base de datos hídricos
- 💧 La estrategia de su implementación y financiamiento

5.5. Metodología

La metodología para la elaboración del Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco implementa las prácticas recomendadas en la "Guía para la Elaboración de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de las Cuencas Hidrográficas en Nicaragua" publicado por ANA, INETER, ENACAL y GIZ en 2018 y también está basada en la experiencia de elaboración de los PGIRH para las cuencas: Entre Río Brito y Río Sapoá, la Subcuenca Mayales y la Cuenca Entre Volcán Cosigüina y Río Tamarindo.

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 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: Proceso metodológico del Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos implementados en la Cuenca Alta de Río Coco.

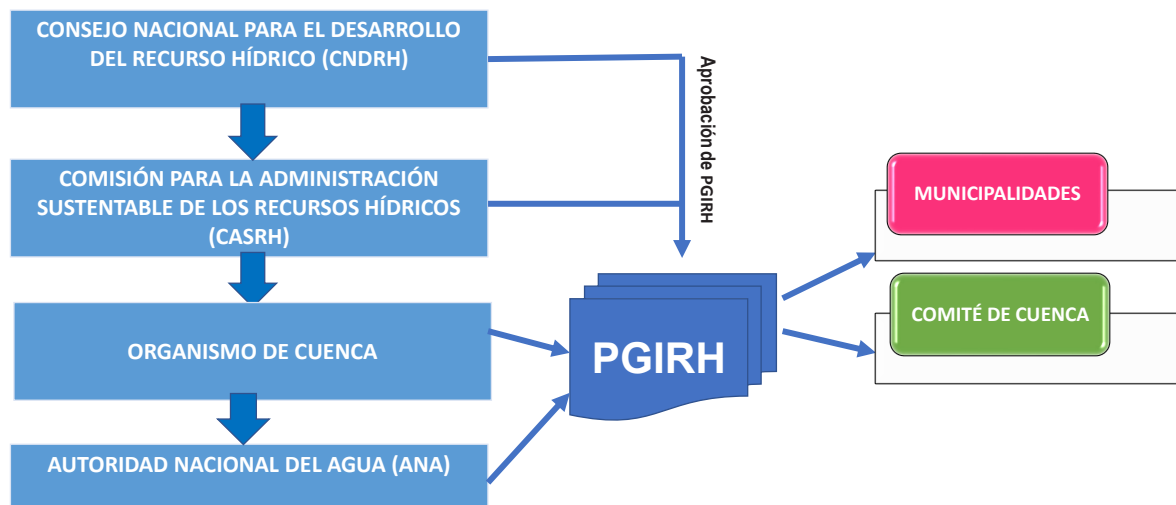


5.6. Estructura Institucional

El Consejo Nacional para el Desarrollo del Recurso Hídrico, conformado por un representante de las Direcciones Superiores de las Instituciones siguientes: Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP), Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario (ENACAL), el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), el Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE), el Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM), el Banco Central de Nicaragua (BCN), el Ministerio Agropecuario (MAG), los Consejos Regionales Autónomos de la Costa Caribe Norte y Sur y Ministerio de Energía y Minas (MEM); será el encargado de aprobar, impulsar y dar seguimiento a la implementación de las líneas estratégicas de todos los planes de GIRH.

Sin embargo, la Comisión para la Administración Sustentable de los Recursos Hídricos (conformada por las instituciones MARENA, ANA, ENACAL, INETER, FISE, ENEL, INIFOM, MAG, MIFIC y MEFCCA), el comité de cuenca y las 7 municipalidades que integran el mismo: San José de Cusmapa, Las Sabanas, San Lucas, Somoto, Totogalpa, Ocotal y Macuelizo, elaborarán e implementarán el PGIRH en procesos participativos (figura 4).

Figura 4: Estructura institucional con enfoque al PGIRH



5.7. 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 Comités de Cuenca, con el propósito de crear la base institucional y organizacional debidamente capacitada para la elaboración e implementación del PGIRH (ver foto 1 y 1-1 y figura 6).

Comité de Cuenca Alta del Río Coco (CDCARC)

El Comité de Cuenca, es un espacio de concertación de los usuarios representativos de los recursos hídricos de la cuenca, que responden a la necesidad de la gestión y planificación de las acciones para la conservación, protección, mejoramiento y restauración de los recursos hídricos en la Cuenca Alta del Río Coco.

El comité está conformado por usuarios estratégicos públicos y privados del agua (CAPS, empresas municipales distribuidoras del agua, productores y ONG) y de las siete Alcaldías Municipales presentes en el territorio de la cuenca: San José de Cusmapa, Las Sabanas, San Lucas, Somoto, Totogalpa, Ocotal y Macuelizo, departamentos de Madriz y Nueva Segovia.

El comité se constituyó como un grupo de gestión, consulta y coordinación ante las instituciones gubernamentales del sector hídrico, para promover que se implementen los procesos de la gestión integrada de recursos hídricos para un aprovechamiento sostenible y conservación del agua en la Cuenca Alta del Río Coco, bajo las competencias que le acreditan los principios y marco regulatorio que indica la Ley No. 620; Ley General de Aguas Nacionales y su reforma Ley No. 1046.



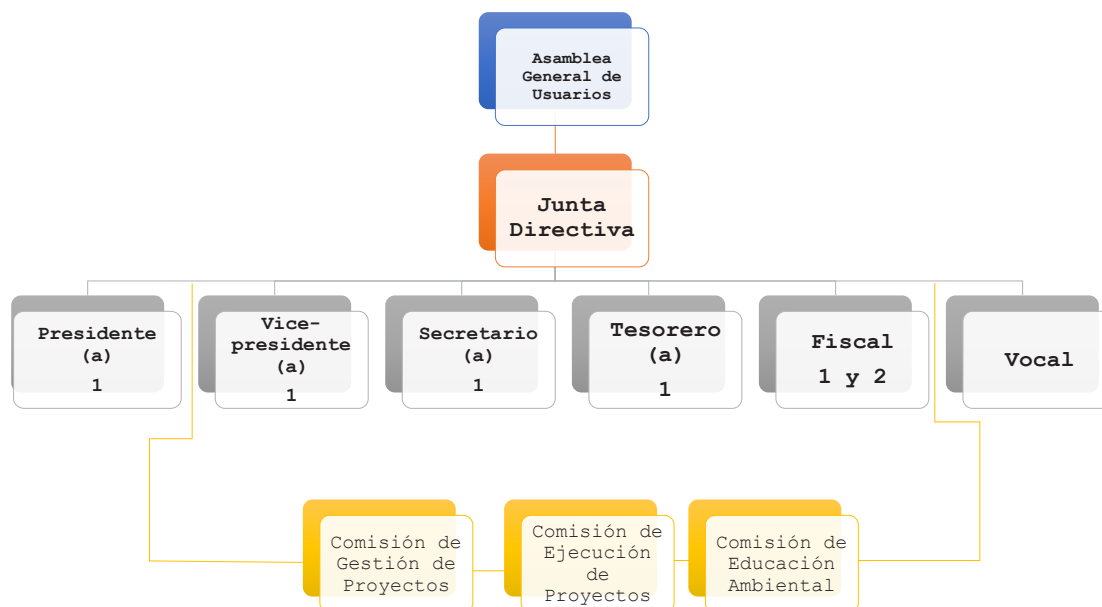
Foto 1: Conformación de comité de Cuenca Alta del Río Coco



Foto 1-1: Actualización de la Junta Directiva del CdCARC

El Comité de la Cuenca Alta del Río Coco (CdCARC) está constituido por los siguientes órganos: Asamblea General, Junta Directiva y Comisiones de Trabajo. (Figura 5).

Figura 5: Estructura Comité de la Cuenca Alta del Río Coco
Organigrama de CdC Alta del Río Coco



De acuerdo con el artículo 39 del Decreto N.º 44-2010 «Reglamento de la Ley N.º 620», el Comité de Cuenca Alta del Río Coco tendrá las siguientes funciones y competencias:


- a. Participar en la formulación de los planes y programas que elabore la Comisión para la Administración Sustentable de los Recursos Hídricos o el Organismo de Cuenca según lo estipulado en la Ley N.º 1046, Ley de Reformas a la Ley N.º 620, Ley General de Aguas Nacionales,
- b. Concertar con las alcaldías municipales, las entidades del Estado, así como de los usuarios las decisiones sobre gestión integrada de los recursos hídricos en la Cuenca Alta del Río Coco,
- c. Velar por la congruencia y compatibilidad de proyectos y actividades a ejecutarse o en ejecución, con relación a lineamientos y medidas del Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco,
- d. Conocer y aportar al Plan Nacional Hídrico y Plan Hidrológico por Cuenca y sus actualizaciones, evaluar en su territorio la ejecución de dichos planes. Proponer los compromisos necesarios para asegurar el cumplimiento de sus metas,

- e. Promover la participación de las autoridades municipales, así como de los usuarios en la formulación, aprobación, seguimiento, actualización y evaluación de la programación hídrica de la cuenca o acuífero de que se trate, en los términos de ley,
- f. Promover la integración de comisiones de trabajo de diversas índoles, que permitan analizar, y en su caso plantear, soluciones y recomendaciones para la atención de asuntos específicos relacionados con la administración de los recursos hídricos, el desarrollo de infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos, el fomento del uso racional del agua y la preservación de su calidad,
- g. Apoyar las gestiones necesarias para lograr la concurrencia de los recursos técnicos, financieros, materiales y tecnológicos que requiera la ejecución de las acciones previstas en el Plan Hidrológico de la cuenca respectiva,
- h. Conocer y opinar sobre los informes de gestión que les presente el Organismo de Cuenca respectivo, que den cuenta del cumplimiento de los objetivos y desarrollo de los instrumentos contenidos en la Ley General de Aguas Nacionales y su reglamento,
- i. Conocer y opinar sobre los convenios y contratos de financiamiento de los Organismos de Cuenca para la ejecución de las actividades previstas en el Plan Hidrológico de la cuenca respectiva,
- j. Promover el debate de las cuestiones relacionadas al recurso hídrico y articular la actuación de las entidades participantes y de los usuarios, y,
- k. Participar e intervenir en los demás casos previstos en la Ley, su presente reglamento y sus disposiciones complementarias.
- l. Las demás que pudieran establecerse en los demás instrumentos regulatorios debidamente aprobados.

Visión compartida entre los municipios que integran la cuenca hidrográfica.

La construcción de la visión de la cuenca se realizó con la participación de los actores que conforman el comité, tomando en consideración las competencias de ley y las perspectivas institucionales y de las alcaldías, vinculadas con la gestión de los recursos hídricos de la cuenca y los usuarios públicos y privados del agua en la cuenca.

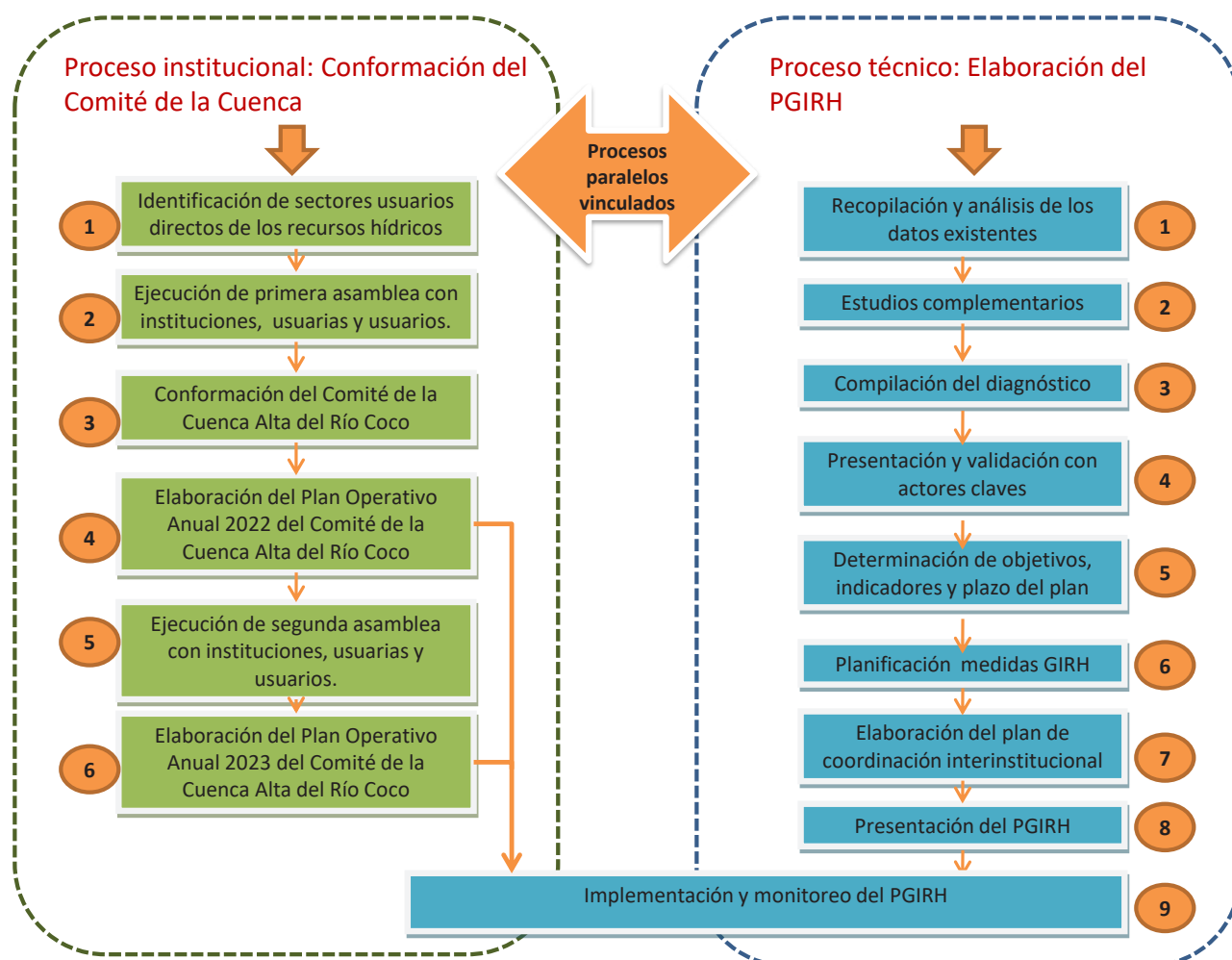
“Al 2027 el Comité de Cuenca, es una organización fortalecida, sostenible y reconocida por los Gobiernos Municipales, instituciones, usuarios, familias y comunidades, para la implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos en la Cuenca Alta del Río Coco, que comprende los municipios San José de Cusmapa, Las Sabanas, San Lucas, Somoto, Totogalpa, Ocotal y Macuelizo”.

 **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 y divulgados por la Comisión para la Administración Sustentable de los Recursos Hídricos por medio de foros anuales, para su validación, luego de la aprobación por el Consejo Nacional para el Desarrollo del Recurso Hídrico y posterior incorporación en los planes operativos de dichas instituciones, comités de cuenca y municipalidades. Esto, con el objetivo de incidir directamente en la implementación y monitoreo del PGIRH.

Las diferentes etapas paralelas y vinculantes se presentan en la siguiente figura.

Figura 6: Procesos de la gestión integrada de los recursos hídricos



5.8. Desarrollo de Capacidades

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

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, este proceso se desarrolló con el acompañamiento de las instituciones del sector hídrico: ANA, FISE, INETER, ENACAL, de acuerdo a sus competencias de ley y la asistencia técnica del equipo de PROATAS-GIZ, lo que permitió 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. 1046, Ley de Reforma a la Ley No.620, " Ley General de Aguas Nacionales" y su reglamento; impartida por ANA a todas las contrapartes del programa ALLACC (instituciones, alcaldías, Comité de Cuenca y CAPS) en todo el primer semestre 2022.
- 💧 Mapeo de actores; participaron todas las contrapartes, taller dirigido por el equipo técnico de PROATAS-GIZ, como primer paso en el inicio del programa ALLACC en el primer trimestre del 2019.
- 💧 Medición en cantidad y evaluación de la calidad de agua subterránea y superficial (caudales de río, niveles de agua subterránea, parámetros fisicoquímicos, pruebas de bombeo); temas impartidos por INETER y ENACAL en junio 2022, noviembre 2022 para los equipos técnicos municipales y técnicos institucionales y junta directiva del Comité de Cuenca.
- 💧 Gestión integrada de recursos hídricos (objetivos, tareas, instrumentos, componentes, ciclo hidrológico, aguas superficiales y subterráneas. Tema impartido por el equipo técnico de PROATAS-GIZ con la participación de las Instituciones, Alcaldías y Comité de Cuenca, en 4 ocasiones del 2022, incluyendo el proceso de capacitación Aprendizaje Vinculado A Resultado (AVAR) en GIRH con adaptación al cambio climático.
- 💧 Balance hídrico, conservación y protección de los recursos hídricos: Tema impartido por el equipo técnico de PROATAS-GIZ con la participación de las Instituciones, Alcaldías y Comité de Cuenca, proceso AVAR.

Los temas brindados al comité de cuenca y a los equipos técnicos municipales, por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el equipo técnico de PROATAS-GIZ, fueron:

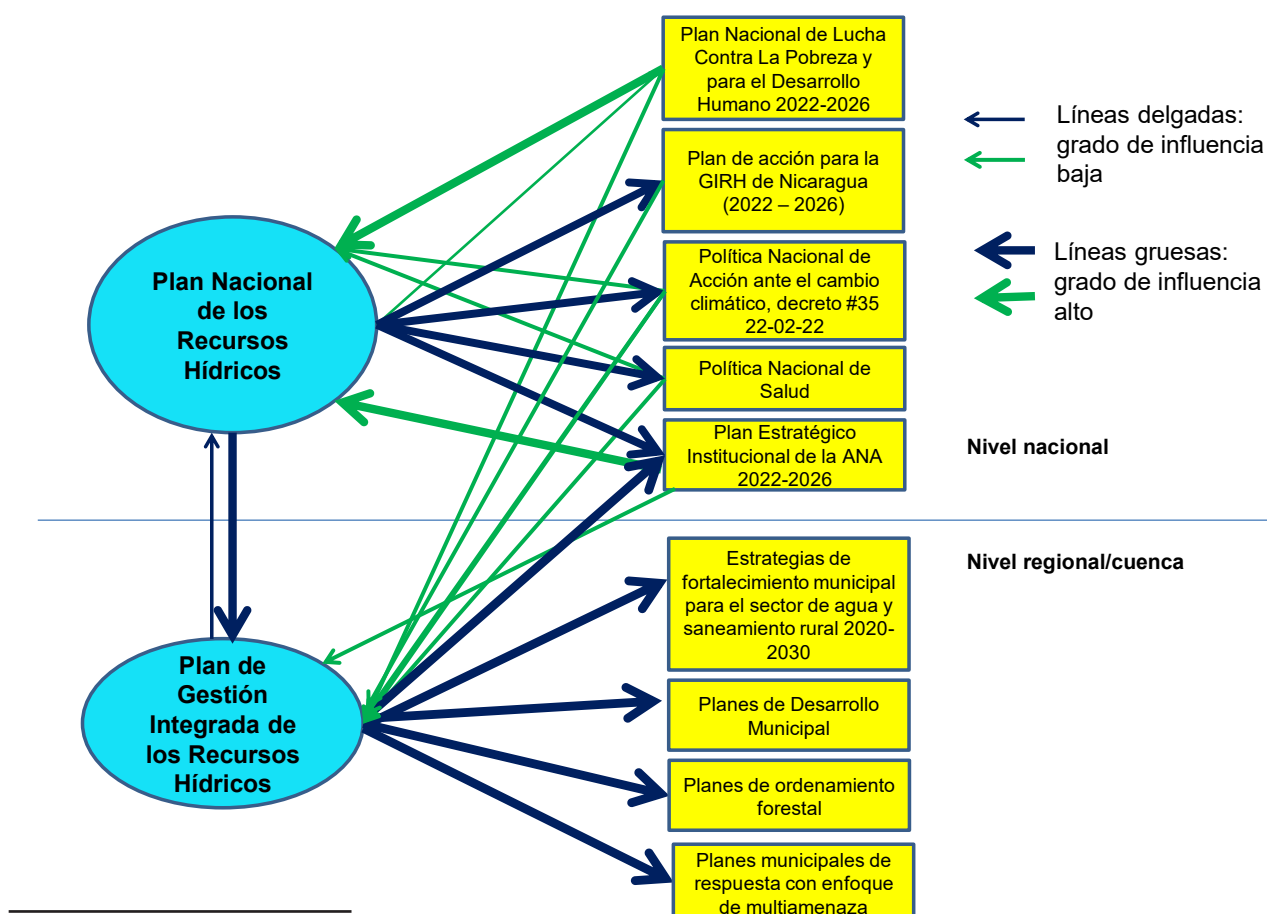
- 💧 Ley No. 1046, Ley de Reforma a la Ley No. 620, " Ley General de Aguas Nacionales" y su reglamento;
- 💧 Funciones y competencias del comité de cuenca; Sensibilización en género;
- 💧 Visión y misión;
- 💧 Elaboración de Planes Operativos Anuales (información que debe contener, resultados, indicadores, actividad);
- 💧 Monitoreo al POA;
- 💧 Gestión integrada de recursos hídricos (objetivos, tareas, instrumentos, componentes, ciclo hidrológico, aguas superficiales y subterráneas, balance hídrico, conservación y protección de los recursos hídricos).

6. Vinculación con otros planes

El Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco se vincula con otros planes nacionales, sectoriales y municipales tanto a nivel nacional y regional (nivel de cuenca). Para el caso de los planes a nivel nacional; el Plan Nacional de Lucha Contra La Pobreza y para el Desarrollo Humano 2022-2026 y el Plan Estratégico Institucional 2022-2026 de la ANA, tienen una vinculación más fuerte hacia el Plan de Acción para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de Nicaragua 2022 - 2026, los demás planes nacionales sectoriales tienen menor vinculación con el Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco. Los planes sectoriales son instrumentos de planificación derivados de los planes nacionales, que abordan una temática socialmente relevante y determinada, que vinculan el funcionamiento de diversas instituciones públicas, sociales y privadas.

El PGIRH tiene una mayor vinculación con los planes existentes a nivel local, especialmente con algunas de las líneas estratégicas que plantea cada plan, ya que estas aportan medidas concretas y posibles de realizar, dirigidas a la solución de la problemática de los recursos hídricos y su manejo sostenible (figura 7).

Figura 7: Vinculación del PGIRH con otros planes



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

6.1. Plan Nacional de Lucha Contra La Pobreza y para el Desarrollo Humano 2022-2026

El Plan Nacional de Lucha Contra La Pobreza y para el Desarrollo Humano contiene 12 lineamientos y cada uno dispone de políticas y planes estratégicos de los cuales se relacionan con el Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco, se describen los siguientes lineamientos:

6.1.1. Reforzar las condiciones básicas para el desarrollo

En el marco de este lineamiento, la vinculación con el PGIRH es a través de la siguiente política:

6.1.2. Incrementar la disponibilidad de Agua Potable y Saneamiento para todos(as)

“El Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN), en correspondencia con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 6, ha establecido como una de sus prioridades, garantizar el acceso al agua potable y saneamiento con equidad, solidaridad y justicia social, desarrollando estrategias para aumentar la cobertura efectiva de agua segura, saneamiento digno e higiene adecuada; mejorar la calidad del servicio, promover el uso racional del agua y la sostenibilidad de los sistemas y redes existentes”

El PGIRH se vincula directamente porque una de las prioridades de las medidas identificadas y ya implementadas ha sido la construcción de proyectos de agua y saneamiento urbano y rural, para mejorar la cobertura de agua potable a las comunidades y centros urbanos dentro de la cuenca.

6.1.3. Profundizar la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas

Dentro de este lineamiento estratégico, destaca la política para el desarrollo de la mujer, que dentro de sus partes contundentes hace referencia a lo siguiente:

“El Gobierno reconoce en las mujeres su rol estratégico en el desarrollo humano del país. Por ello, fomenta su protagonismo, empoderamiento, autonomía

y creatividad emprendedora, para alcanzar una vida digna, brindándoles una atención integral y articulada desde todas las instituciones del Estado y del Gobierno”.

El Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos se vincula con este eje porque la equidad de género es un tema transversal en el proyecto ALLACC y sus líneas de trabajo, entre estas la implementación de este plan y todos los procesos han sido realizados promoviendo la participación de la mujer en roles de liderazgo.

6.1.4. Ciudades, barrios y comarcas inclusivas, saludables, creativas, seguras, resilientes y sostenibles

En el marco de este lineamiento, la vinculación con el PGIRH es a través de la siguiente política:

Impulsar la formulación de planes de ordenamiento territorial resilientes y planes de desarrollo urbano, en todos los municipios del país, que organicen los espacios y ambientes para potenciar las actividades económicas, sociales, culturales y ambientales.

6.1.5. Medidas para enfrentar los impactos de la variabilidad y el cambio climático

El Gobierno fortalecerá la implementación de la Política Nacional del Medio Ambiente y Recursos Naturales, dirigida a la protección, conservación y uso sostenible de la biodiversidad y Recursos Naturales, asegurando su uso racional y sostenible, con un enfoque de reducción de emisiones y resiliente ante el cambio climático.

6.2. Plan de Acción para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de Nicaragua (2022 – 2026)

El objetivo general del plan de acción se basa en la formulación de medidas prioritarias que sirvan como respuestas apropiadas a los desafíos de la gestión de los recursos hídricos, sobre la base de las necesidades del sector, las prioridades nacionales, la capacidad institucional y financiera, considerando los resultados de la evaluación del ODS 6.5.1 realizada en el año 2020.

6.3. Política Nacional de Acción ante el cambio climático, decreto #35 22-02-22

Esta política tiene 5 pilares en los cuales incluye acciones vinculadas a medidas que se implementaran en la cuenca de río Coco a través de su PGIRH.

- **Capacidades sistémicas en adaptación y resiliencia ante la variabilidad y el cambio climático, y eventos meteorológicos extremos**
 - Adaptación y capacidad de respuesta de la población.
 - Adaptación y restauración de los ecosistemas y los recursos hídricos.
 - Adaptación y productividad verde de los sistemas agroproductivos y de las actividades turísticas.

- **Medidas integradas de mitigación**
 - Bosques y plantaciones forestales
 - Reducción de emisiones GEI y secuestro de carbono en los sistemas de producción agropecuaria, en coordinación con políticas de conservación y adaptación climática. Reducción de emisiones GEI de los sistemas de transporte
 - Diversificación de la matriz energética en fuentes de baja intensidad de emisiones GEI, eficiencia y uso responsable de la energía.
 - Desarrollo bajo en carbono de sistemas de producción industrial, minera y de servicios.

- **Pérdidas y daños**

- **Conocimiento, investigación, innovación y transferencia de tecnologías y buenas prácticas agroclimáticas**

- **Gobernanza de la acción climática**

6.4. 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, proponiendo medidas correctivas que puedan mejorar su calidad, para su correspondiente atención por el MINSA. Esto 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 ENACAL y a los sistemas rurales.

6.5. Plan Estratégico Institucional de la Autoridad Nacional del Agua 2022-2026

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.

El eje de trabajo principal es: impulsar la implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, asociado a la política nacional ambiental y de cambio climático.

En lo que respecta al eje de planificación de cuencas, se tienen como retos:

1. Promover la elaboración de PGIRH en las cuencas priorizadas en el territorio nacional.
2. Impulsar la conformación de comités de cuenca para promover la participación y articulación de todos los actores involucrados en la GIRH a nivel local.
3. Fortalecer la coordinación y cooperación entre municipalidades del Estado que participan en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).
4. Desarrollar alianzas institucionales de Gobiernos vinculados a los recursos hídricos, organismos no gubernamentales, y centros de investigación con el fin de alcanzar las metas en conjunto, optimizando las capacidades y recursos.

El eje control y el registro de usuarios tiene por objetivo asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos nacionales a través de la regulación de los distintos aprovechamientos y vertidos de aguas, además 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. ANA ha priorizado el desarrollo del prototipo de SiAgua, priorizando las cuencas que tienen más información.

6.6. Estrategia de fortalecimiento municipal para el sector de agua y saneamiento rural 2020-2030.

Cada municipio de la cuenca cuenta con una estrategia elaborada con asistencia técnica del FISE en el año 2020 para un plazo de 10 años (al 2030), la cual tiene los siguientes objetivos vinculados al PGRIH:

6.6.1 Fortalecer las capacidades del personal clave de la municipalidad para la gestión, funcionalidad eficiente, formulación e implementación de proyectos, desarrollo de capacidades comunitarias y sostenibilidad de las inversiones en el subsector agua, saneamiento e higiene, de acuerdo con las demandas y necesidades de la población (cantidad, calidad, agua segura).

6.6.2 Construir una estrategia local que permita la protección, conservación y manejo adecuado de los recursos hídricos existentes en el municipio, rescatando las medidas y experiencias exitosas que ya se ejecutan en el territorio.

6.7. Planes de Desarrollo Municipal (PDM)

Solo una parte de los municipios de la cuenca poseen su PDM vigente: Ocotal tiene plan del 2020-2024 y en Somoto 2018-2022, en San José de Cusmapa y Totogalpa se está elaborando actualmente, en Las Sabanas, San Lucas y Macuelizo se encuentra desactualizado. Estos planes contienen programas y subprogramas vinculados al Agua y Saneamiento y al de Ordenamiento Territorial.

6.8. Plan de ordenamiento forestal (POF)

En el año 2020, el INAFOR elaboró en todos los municipios de la cuenca un plan de ordenamiento forestal, con un plazo de 20 años de planificación, sujetos a una evaluación cada cuatro años.

Dado la vocación forestal en algunos sectores importantes de la cuenca, se vincula al PGIRH en los aspectos de protección y conservación de los bosques y el recurso hídrico.

El objetivo del plan de ordenamiento forestal es:

Fomentar y recuperar el medio ambiente, con la zonificación e implementación de normativas de las áreas forestales existentes con enfoque de sostenibilidad acorde al uso potencial del suelo y las necesidades de la población.

La promoción del ordenamiento forestal con enfoque de manejo de cuencas hidrográficas y la protección forestal enfocada en la prevención y control de incendios forestales.

6.9. Plan municipal de respuesta con enfoque de multiamenaza

De forma anual los municipios actualizan su plan de respuesta con enfoque de multiamenaza, en el cual se encuentran entre otros factores vinculantes el aspecto de las inundaciones por eventos climáticos severos que generan crecidas de los ríos y quebradas presentes en los municipios, además se revisa la calidad del agua, los niveles de los ríos ante posibles alertas tempranas. De acuerdo con las características propias de cada municipio la información de los recursos hídricos toma más importancia estratégica.

Las medidas GIRH que se incluyen en este plan pueden ser medidas de respuestas o de mitigación ante esas múltiples amenazas en cada municipio.

6.10. Plan Municipal de Protección Ambiental de las familias ante el cambio climático en el municipio de Ocotal (2020-2024).

Este plan es una herramienta municipal para la gestión ambiental ante los efectos adversos del cambio climático desde la persona, la familia y la comunidad, tomando acciones para promover el bien común de humanidad y la Madre Tierra, ante los efectos adversos del cambio climático en el municipio de Ocotal, departamento de Nueva Segovia.

B. DIAGNÓSTICO

1. Descripción General de la Cuenca

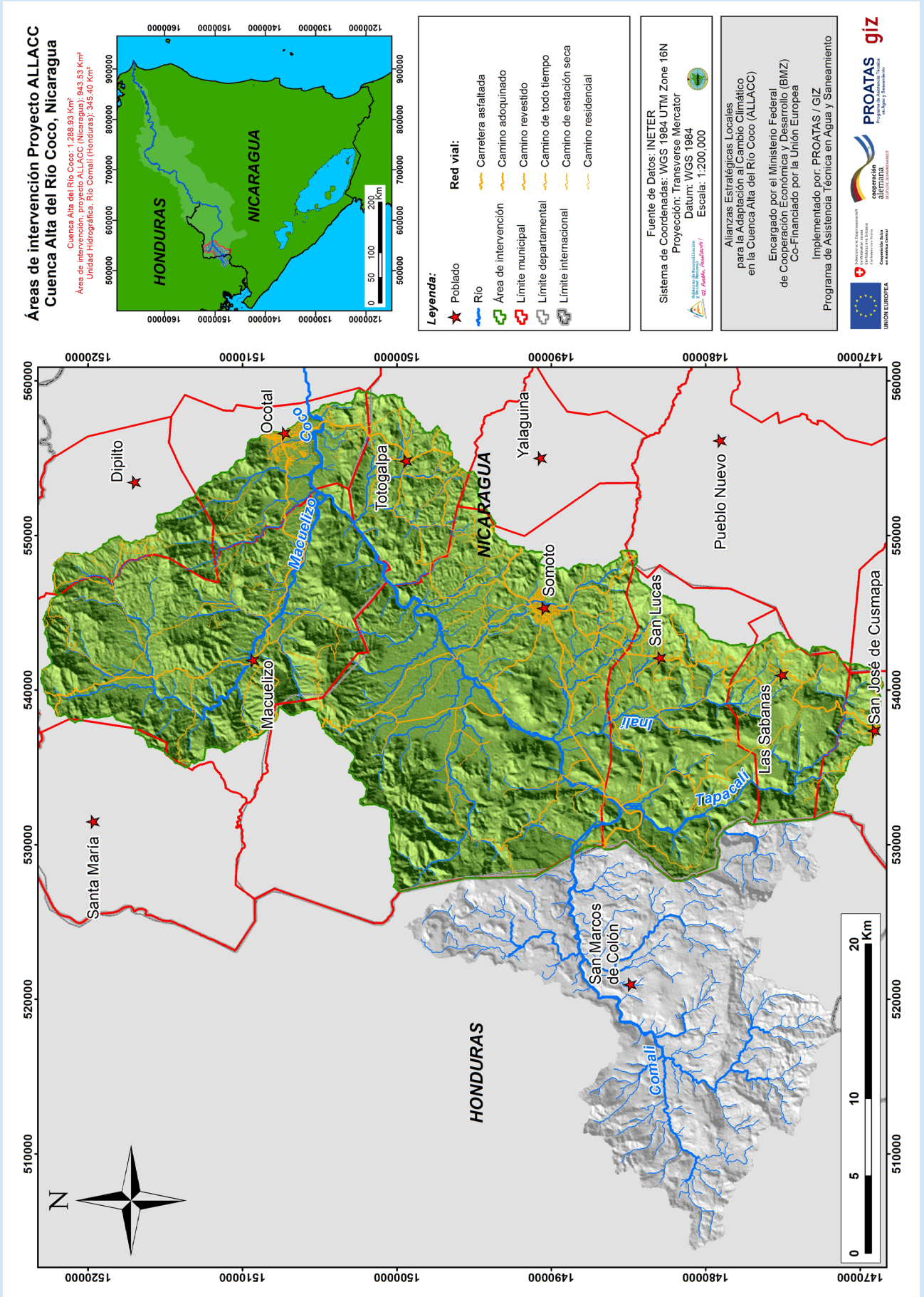
1.1. Características físicas

La parte alta del río Coco se encuentra localizada en la cuenca hidrográfica No 45 con un área de 1,292.4 km² y un perímetro de 225 km (ver mapa 1). El dato exacto de la superficie de la cuenca es de 943.5 km² equivalentes al 73% de la cuenca se encuentran en territorio de Nicaragua y 348.9 km² - representan el 27% - se extienden en el territorio de Honduras. Para efectos del presente estudio solamente se consideró la parte alta de la cuenca de río Coco que corresponde al territorio nicaragüense.

El río Coco es el más largo de América Central y nace por confluencia del río Comalí con el río Tapacalí. La confluencia se sitúa próxima a la estación fronteriza de El Espino y algunos kilómetros aguas arriba del cañón de Somoto. La parte alta de la cuenca del río Coco se termina próximo al puente de la entrada a Ocotal.

Mapa 1:

Localización de la Cuenca Alta del Río Coco



La longitud del río Coco, medido desde la naciente del río Comalí hacia el puente de Ocotal, es aproximadamente 83,8 km.

La cuenca hidrográfica se caracteriza por su pronunciado relieve: el punto más alto del río corresponde al punto de la naciente del río Comalí con 1,206 m s.n.m.²; por otro lado, el punto más bajo se sitúa próximo al puente de Ocotal con 507 m s.n.m. El pendiente media del río se estima en 0.008 (m/m) y el coeficiente de forma de la cuenca se da por 0.18. El punto topográfico más alto de la cuenca se sitúa en la sierra de Tepesomoto con 1,730 m s.n.m.

Las características más importantes se han resumido en la tabla 1 y se detallan a continuación:

Tabla 1: Características de las unidades hidrográficas de los ríos dentro de la Cuenca Alta de Río Coco

| Río | Longitud (km) | Área de cuenca (km ²) | Altitud de manantial (m s.n.m) | Altitud de confluencia de río respecto a río (m s.n.m) | Pendiente media (m/m) | Observaciones |
|-----------|---------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------|---|
| Comalí | 38.25 | 494.7 | 1,206 | Tapacalí: 660 | 0.014 | Una de las dos fuentes del río Coco. 95% de su cuenca se encuentra en territorio hondureño |
| Tapacalí | 28.5 | 150.7 | 1,418 | Comalí: 660 | 0.026 | Es la segunda fuente del río Coco. 74.4 % de su cuenca se encuentra en territorio nicaragüense, 24.6% en territorio hondureño |
| Inalí | 13.45 | 96.3 | 867.6 | Coco: 630 | 0.017 | Confluente suroriental del río Coco (área de San Lucas) |
| Macuelizo | 33.78 | 266.3 | 985.6 | Coco:560. | 0.013 | Confluente noroccidental del río Coco |
| Coco | 45.57 | 494.7 | Comalí / Tapacalí: 660 | Cierre de la cuenca: 507 | 0.003 | Medido desde la confluencia de sus dos fuentes (río Comalí y río Tapacalí) hasta el puente de Ocotal. |

La Cuenca Alta de Río Coco puede ser dividida en 5 unidades hidrográficas de acuerdo con metodología Pfafstetter³ en su nivel 6 representado en el mapa 2, y tabla 2.

² m s.n.m.= metros sobre el nivel del mar

³ Cuenclas Hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Pfafstetter (2014)

Mapa 2:

Unidades hidrográficas de la Cuenca Alta del Río Coco

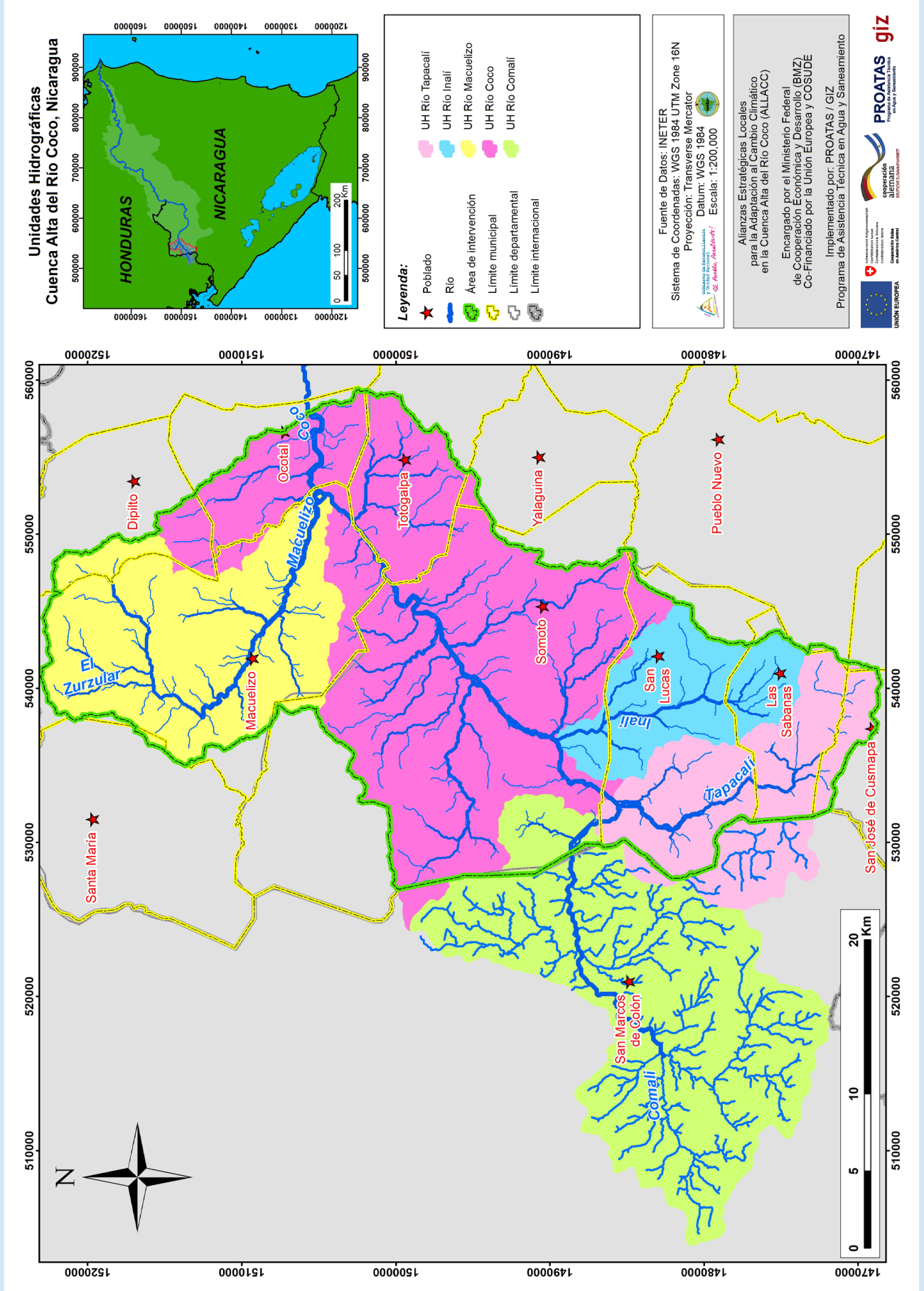


Tabla 2: Codificación de unidades hidrográficas de la Cuenca Alta del Río Coco

| Código PHCA | Código Pfafstetter Nivel 6 | Unidades Hidrográficas | Área (km ²) | Perímetro (km) |
|--------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|----------------|
| 45 | 95 16 95 | Río Coco | 494.7 | 151.8 |
| | 95 16 96 | Río Macuelizo | 216.3 | 76.9 |
| | 95 16 97 | Río Inalí | 96.3 | 51.1 |
| | 95 16 98 | Río Tapacalí | 150.7 | 66.3 |
| | 95 16 99 | Río Comalí | 334.4 | 104.5 |
| Total | | | 1,292.4 | |

1.1.1. Topografía y Geomorfología

La Cuenca Alta del Río Coco es una unidad hidrográfica montañosa caracterizada por una topografía accidentada. Destacan 3 unidades geomorfológicas con diferentes relieves y pendientes (ver mapa 3).

- Unidad de relieve con pendientes extremadamente escarpadas, (mayores a 45%):

Lugares característicos de esta unidad están en el borde noroeste y suroeste de la cuenca formado por macizos el punto más alto de 1,730 m s.n.m., en la sierra de Tepesomoto. Toda la subcuenca del río Tapacalí e Inalí está profundamente entallada por un relieve escarpado.

- Unidad de relieve montañoso con pendientes escarpadas a fuertemente inclinadas, (30 a 45%):

Geoformas de mesas escalonadas, colinas aisladas, mesetas y algunos cuerpos intrusivos, procedentes de una geomorfología característica de rocas duras de origen volcánico. La subcuenca de río Macuelizo pertenece a este tipo de relieve menos accidentados.

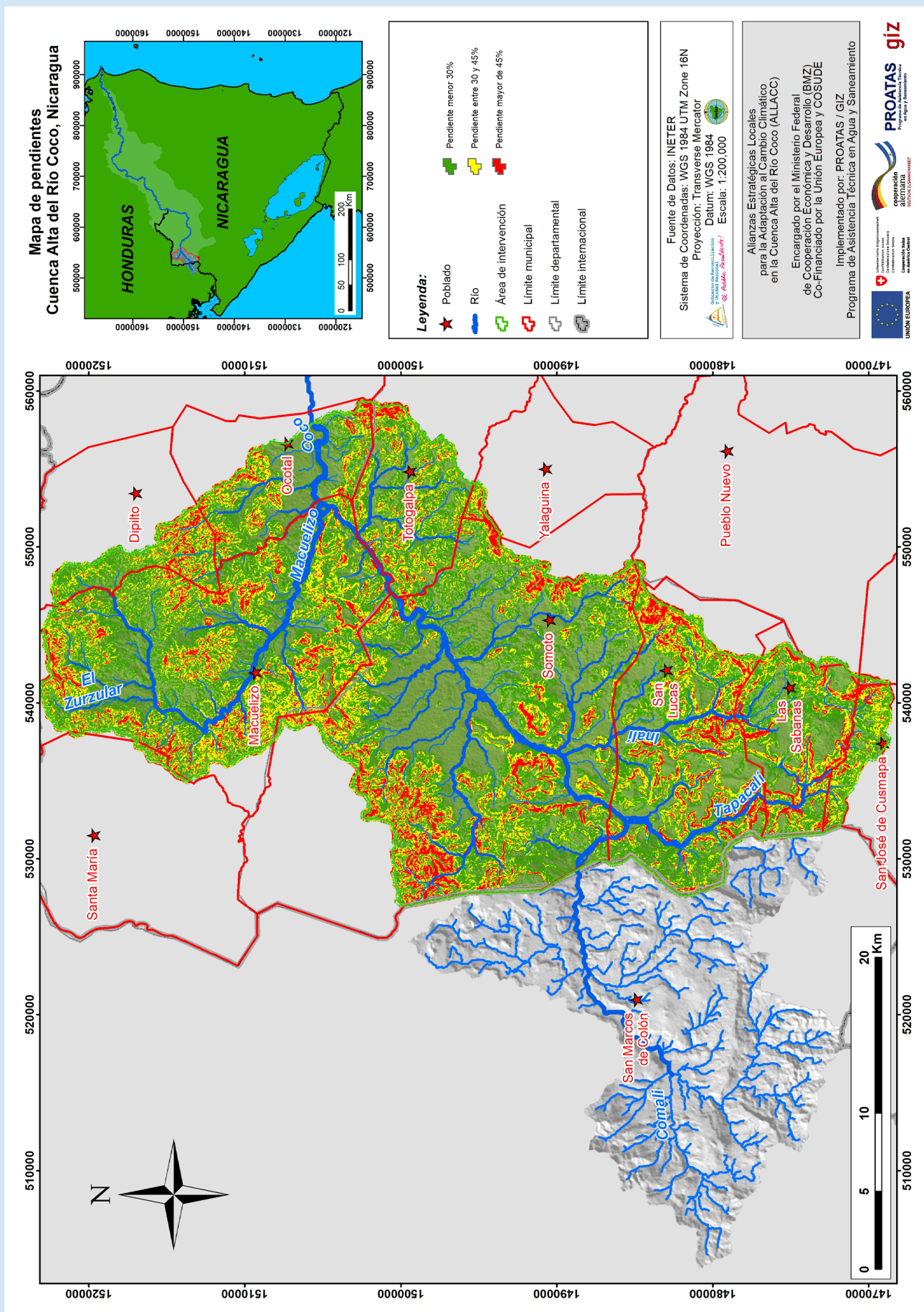
- Unidad de relieve de depresión y valles con pendientes inclinadas, ligeramente inclinadas a bajas, menores a 30%:

En esta unidad se localiza el punto más bajo de la cuenca, próximo al puente de Ocotál con 507 m s.n.m. Las depresiones y valles formadas por la erosión de rocas de menor dureza se presentan en los márgenes de numerosos arroyos.

Aguas abajo del cañón, el río Coco se abre sobre la meseta central y atraviesa esta llanura con un cauce largo bordeado de depósitos de terraza y su régimen morfológico es de sedimentación. El río Coco es la base de drenaje para todos los afluentes de la cuenca, ejemplo típico la zona colindante de la subcuenca río Coco y sus afluentes en jurisdicción Somoto.

La meseta central es una llanura ondulada rodeado de ambos lados de serranías con lomas compuesto de relictos de volcanes.

Mapa 3: Pendientes de la Cuenca Alta del Río Coco



La red de descarga está muy desarrollado y ramificado, siendo esto un indicador de una tasa de escorrentía elevada o - en conclusión, inversa - de una capacidad de infiltración reducida.

1.1.2. Geología

La geología es dominada o caracterizada por rocas de origen volcánico y metamórfico. El Servicio Geológico Checo (CGS, por siglas en inglés) en colaboración con el Instituto de Geología y Geofísica de la UNAN Managua en 2017 elaboraron un mapa geológico a escala 1:50,000, que cubre la parte sur y central de la Cuenca Alta de Río Coco (CARC) (Ver mapa 4). También existe una actualización de la geología de la CARC realizada por INETER en 2020, los mapas geológicos existentes en algunas descripciones y áreas plantean geología similares y en algunas áreas difieren.

Para la descripción de la geología de la cuenca se toma como referencia para la parte norte el mapa actualizado por INETER 2020 y para el resto de la cuenca el elaborado por CGS y IGG en 2017.

El perfil longitudinal demuestra una base de lavas andesíticas cubiertas de diferentes tipos de ignimbritas, con tobas, brechas, escorias y aglomerados intercalados. Las lavas andesíticas afloran en la sierra de Tepesomoto y forman aquí un gran afloramiento de lava que puede producir estratos de lava.

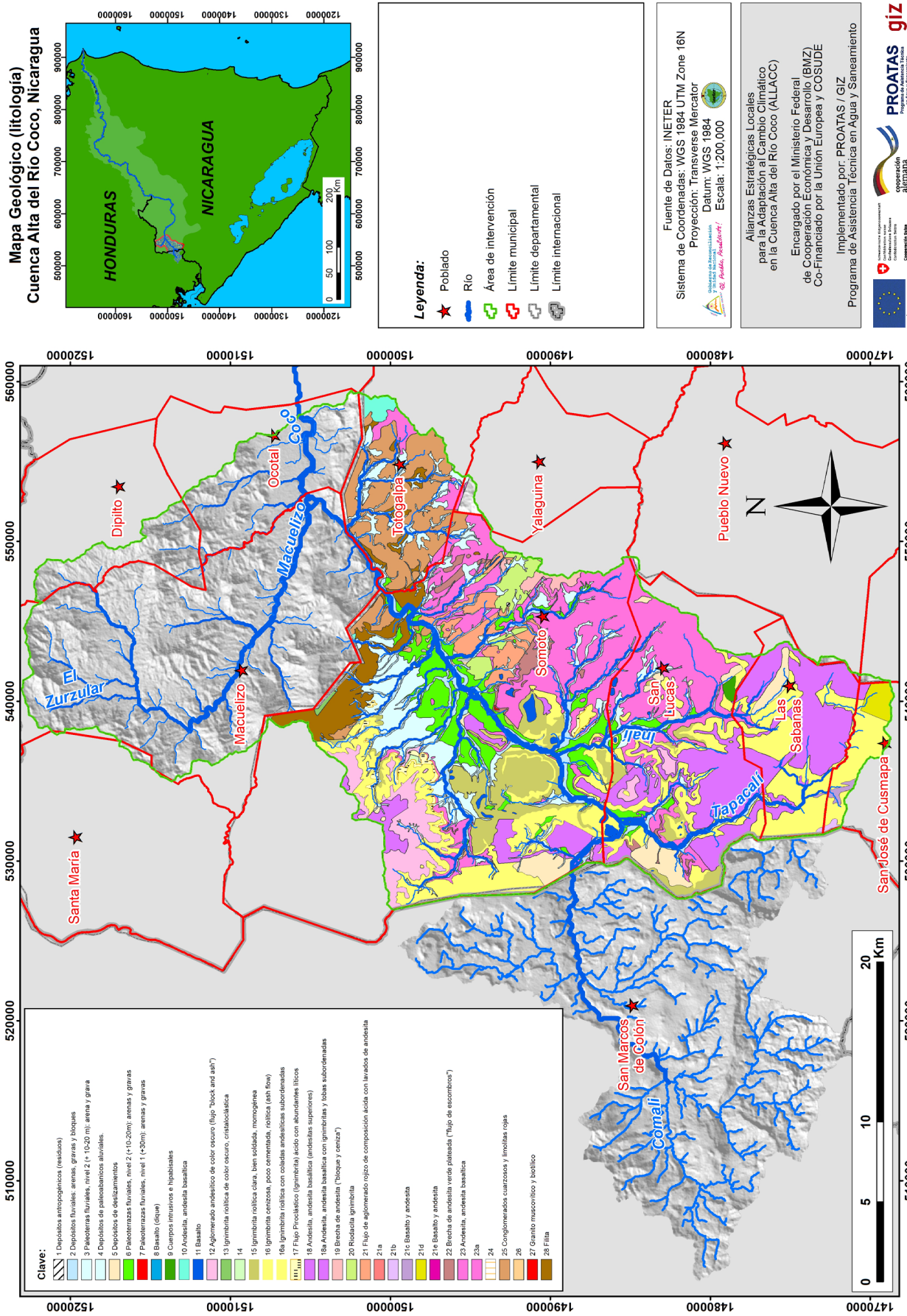
Los puntos más altos son formados por intrusiones basálticas que forman montes en forma de aguja o lomas alineadas. Generalmente la formación de rocas ignimbríticas proviene de erupciones volcánicas de lavas riolíticas; sin embargo, las que se encuentran en la Cuenca Alta del Río Coco son de origen diferente, probablemente de oleadas piroclásticas, con elementos más finos y mayor estratificación. Además, son menos consolidados, y se descomponen fácilmente.

Este tipo de ignimbrita es la litología predominante en la cuenca alta del río Coco. En los municipios de Somoto y San José de Cusmapa se identificaron caídas de rocas en la unidad de Roca Basáltica e Ignimbrita, algo que contribuye a la generación de estos procesos es el grado de meteorización y fracturamiento de la roca.

La cuenca fue expuesta a una tensión tectónica leve. La contextura de las diferentes capas volcánicas que se extienden alrededor de los centros eruptivos es bien reconocible y la inclinación de las capas es débil.

El valle del río Coco forma un sinclinal plano, estructurado por las dos franjas de fallas típicas de Nicaragua. La dirección NW-SE es predominante, la NE-SW es menos acentuada. Un tercer elemento tectónico es fallamiento de deslizamiento con el rumbo N-S que han determinado el curso del río Coco.

Mapa 4:
Geología de la parte sur y centro de la Cuenca Alta del Río Coco
 (CGS and IIGG, 2017)



Con la excepción de la zona de Somoto, la densidad de las fallas es alta. La zona de la Cuenca Alta del Río Coco se caracteriza por las grandes extensiones de las formaciones terciarias atravesadas por fallamiento regional y local y ciertas áreas cuaternarias producto de la meteorización de la roca y su sedimentación en la parte bajas de la cuenca formando ciertas formaciones como Somoto, Totogalpa, San Juan de Somoto, Ocotal, Macuelizo y El Panamá.

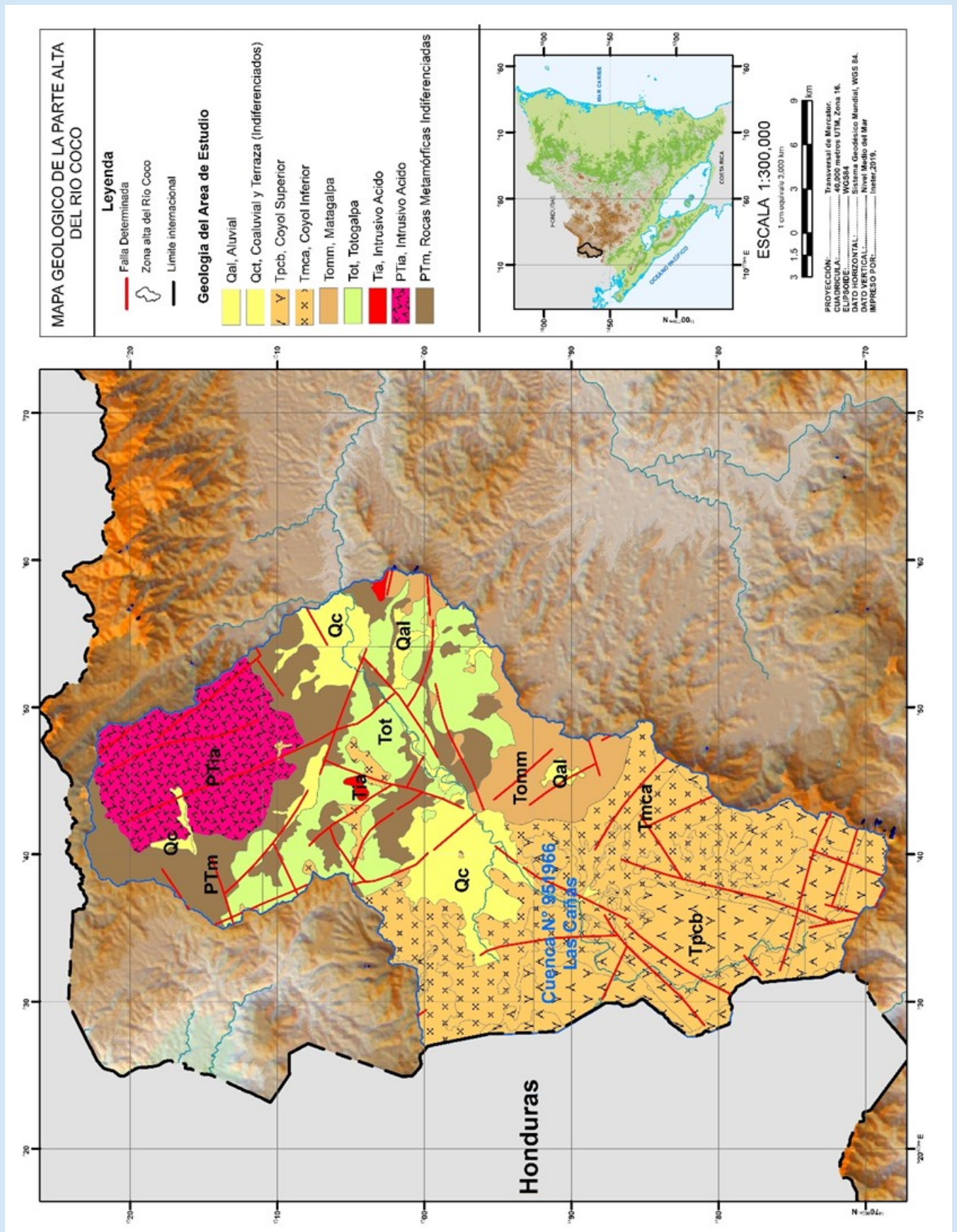
También se cuenta con un mapa elaborado por INETER (2021) que comprende la parte norte de la cuenca donde destaca la zona de Macuelizo y Ocotal (mapa 5). Esta área está constituida litológicamente por rocas metamórficas, rocas intrusivas y depósitos aluviales en las partes bajas.

Las rocas metamórficas cubren una parte considerable de la región de Nueva Segovia. Litológicamente están compuestas por filitas silíceas, esquistos, cuarcitas, pizarras silíceas, pizarra con sericitas, calizas cristalinas (mármoles), tufitas coloreadas y tobas basálticas.

En la zona de Totogalpa está conformada litológicamente por rocas metamórficas en la base y conglomerados fuertemente fracturados de Formación Totogalpa. La Formación Totogalpa está compuesta por conglomerados rojos y lutitas silicificadas, de poco espesor, intercaladas en las capas superiores por rocas volcánicas terciarias de la Formación Matagalpa.

La zona de Ocotal está conformada litológicamente por depósitos aluviales y rocas metamórficas en la base. Los depósitos aluviales pueden alcanzar hasta 30m de espesor.

Mapa 5:
Geología y tectónica de la Cuenca Alta del Río Coco,
INETER 2020



1.1.3. Hidrogeología

Hasta la fecha, no existe suficiente información que permita realizar una caracterización detallada de la hidrogeología en la Cuenca Alta de Río Coco. De acuerdo con geología de la cuenca de forma general existe dos tipos de acuíferos: aluvial y fracturado. Es importante mencionar que la geología del área no favorece la formación de acuíferos; ya que, en su mayoría está comprendida por depósitos volcánicos con características impermeables, en las cuales solo se podría almacenar agua subterránea a través de fallas correspondiente a lo que se denominaría acuíferos fracturados.

En la zona NE (municipio de Macuelizo) también se localizan rocas metamórficas impermeables que solo permiten la perforación pozos para suministros de agua de baja densidad poblacional. También existen acuíferos colgados que forman numerosos manantiales en diferentes alturas topográficas producto de la formación de suelos antiguos sepultados (paleosuelos), y de rocas altamente meteorizadas (descompuestas), separados por capas de rocas frescas y fracturadas.

Este acuífero se conforma por las fallas que atraviesan las rocas consolidadas que se presentan en toda la extensión de la cuenca, en las cuales el agua subterránea circula a través de las fisuras, el aprovechamiento de agua en este acuífero depende de la profundidad, longitud y grado de fracturamiento. En la ciudad de San José de Cusmapa se encuentra un acuífero fracturado productivo e importante que perforó ENACAL para el abastecimiento de agua potable en esta ciudad. Acuíferos de este tipo se encuentran en la parte media baja de la cuenca, en la ciudad de Somoto y sus alrededores.

Por otro lado, el tipo de acuífero aluvial originado de valles tectónicos generalmente puede tener depósitos con sedimentos de grano grueso producto de la erosión de los canales aluviales o formación de terrazas. Los valles intramontanos presentes en la cuenca también pueden favorecer este tipo de acuífero, donde por lo general el nivel del agua subterránea se encuentra cerca de la superficie, en las zonas más bajas de la cuenca.

- En la cuenca existe dos tipos de acuíferos: aluvial y fracturado, acuíferos fracturados en formaciones rocosas e intramontañas se encuentran principalmente en la parte alta y media de la cuenca.
- Acuíferos aluviales y/o coluviales que se encuentran más en la parte media y baja de la cuenca.
- La productividad de los acuíferos puede oscilar mucho, es variable y depende del sistema de brechas y fracturas de las rocas, de la pluviosidad y del balance hídrico.

1.2. Características administrativas y demográficas

Dentro de los límites de la cuenca, convergen las jurisdicciones administrativas de tres departamentos y sus municipios: Estelí, Madriz y Nueva Segovia (mapa 6). Cabe mencionar que el total de comunidades dentro del área de estudio son 176, que incluye municipios con poca extensión territorial y sin presencia de recursos hídricos importantes para la cuenca, por lo que el total de comunidades que se utilizaron para efectos del diagnóstico es de 127 incluyendo los 7 cascos urbanos de: San José de Cusmapa, Las Sabanas, San Lucas, Somoto, Totogalpa, Ocotal y Macuelizo .

De los tres departamentos, el que menos superficie ocupa dentro de la cuenca, es Estelí.

Las dimensiones, de la extensión superficial de estos territorios, tanto fuera como dentro de la cuenca, aparecen en la tabla 3.

Tabla 3: Superficie departamental y municipal dentro de la cuenca

| Departamento | Municipio | Superficie (km ²) | | | | Proporción dentro de la cuenca | |
|---|---------------------|-------------------------------|--------------------|--------|---------------------|--------------------------------|---------------|
| | | Total | Fuera de la cuenca | % | Dentro de la cuenca | | |
| Estelí | Pueblo Nuevo | 204.35 | 203.2 | 99.40% | 1.15 | 0.60% | 0.12% |
| | San Juan de Limay | 436.53 | 435.86 | 99.80% | 0.67 | 0.20% | 0.07% |
| Sub-total | | 640.88 | 639.06 | 99.70% | 1.82 | 0.30% | 0.19% |
| Madriz | Las Sabanas | 68.22 | 3.1 | 4.50% | 65.12 | 95.50% | 6.91% |
| | San José de Cusmapa | 129.95 | 113.44 | 87.30% | 16.51 | 12.70% | 1.75% |
| | San Lucas | 154.17 | 18.42 | 11.90% | 135.75 | 88.10% | 14.40% |
| | Somoto | 465.65 | 124.73 | 26.80% | 340.92 | 73.20% | 36.16% |
| | Totogalpa | 148.87 | 86.85 | 58.30% | 62.02 | 41.70% | 6.58% |
| | Yalagüina | 71.04 | 68.5 | 96.40% | 2.54 | 3.60% | 0.27% |
| Sub-total | | 1,037.89 | 415.02 | 40.00% | 622.87 | 60.00% | 66.06% |
| Nueva Segovia | Dipilto | 104.55 | 78.47 | 75.10% | 26.09 | 24.95% | 2.77% |
| | Macuelizo | 259.58 | 24.76 | 9.50% | 234.82 | 90.46% | 24.90% |
| | Ocotol | 86.54 | 30.5 | 35.20% | 56.04 | 64.75% | 5.94% |
| | Santa María | 158.51 | 157.23 | 99.20% | 1.28 | 0.81% | 0.14% |
| Sub-total | | 609.19 | 290.96 | 47.80% | 318.23 | 52.24% | 33.75% |
| *El área total de la cuenca es de: 942.91 km² | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia, en base a información SIG, suministrada por INETER.

Para una estimación fiable, de la demanda actual y sus tendencias, en el balance hídrico de la cuenca, se analizaron los datos disponibles sobre población, en estos departamentos y municipios, que provienen de los informes del VIII Censo de Población y IV de Vivienda, realizado por el INIDE, en el año 2005, último año en que el gobierno de Nicaragua realizó este tipo de estudios.

Las proyecciones sobre crecimiento poblacional se realizaron, tomando en consideración los datos de todos los barrios de los municipios (100% de la población urbana del municipio) y solamente, la parte de las comunidades rurales o comarcas, que se sitúan dentro de los límites del perímetro de la cuenca⁵ (Tabla 4).

⁵ En lo sucesivo, para el análisis de la información, solamente se considerarán, los 7 municipios que mayor superficie comprenden, dentro de la cuenca: Macuelizo, Ocotal, Totogalpa, Somoto, San Lucas, Las Sabanas y San José de Cusmapa.

Tabla 4: Proyección del crecimiento poblacional, en los municipios, dentro de la cuenca.

| Municipios | Población Censada (Censos INIDE ¹) | | | Población Estimada (Proyección INIDE ²) | | Población Proyectada | |
|---|--|----------------|------------------------------|---|------------------------------|----------------------|------------------------------|
| | 1995 | 2005 | Tasa Crecimiento R 1995-2005 | 2020 | Tasa Crecimiento R 2005-2020 | 2035 | Tasa Crecimiento R 2020-2035 |
| Macuelizo TOTAL Municipio | 4,768 | 6,076 | 0.02424 | 6,949 | 0.00895 | 7,947 | 0.00895 |
| Macuelizo Urbano | | 247 | | 282 | | 323 | |
| Macuelizo Rural | | 5,829 | | 6,667 | | 7,624 | |
| Macuelizo Rural (solo cuenca) | | 3,838 | | 4,389 | | 5,020 | |
| Total Macuelizo Urbano y Rural (solo cuenca) | | 4,085 | | 4,672 | 4% | 5,343 | 4% |
| Ocotal TOTAL Municipio | 26,076 | 34,580 | 0.02823 | 47,701 | 0.02145 | 65,801 | 0.02145 |
| Ocotal Urbano | | 34,190 | | 47,163 | | 65,059 | |
| Ocotal Rural | | 390 | | 538 | | 742 | |
| Ocotal Rural (solo cuenca) | | 390 | | 538 | | 742 | |
| Total Ocotal Urbano y Rural (solo cuenca) | | 34,580 | | 47,701 | 43% | 65,801 | 47% |
| Totogalpa TOTAL Municipio | 8,796 | 11,927 | 0.03045 | 16,154 | 0.02022 | 21,879 | 0.02022 |
| Totogalpa Urbano | | 1,794 | | 2,430 | | 3,291 | |
| Totogalpa Rural | | 10,133 | | 13,724 | | 18,588 | |
| Totogalpa Rural (solo cuenca) | | 3,271 | | 4,430 | | 6,000 | |
| Total Totogalpa Urbano y Rural (solo cuenca) | | 5,065 | | 6,860 | 6% | 9,291 | 7% |
| Somoto TOTAL Municipio | 28,821 | 33,788 | 0.01590 | 38,967 | 0.00951 | 44,940 | 0.00951 |
| Somoto Urbano | | 16,992 | | 19,597 | | 22,600 | |
| Somoto Rural | | 16,796 | | 19,370 | | 22,340 | |
| Somoto Rural (solo cuenca) | | 7,295 | | 8,413 | | 9,703 | |
| Total Somoto Urbano y Rural (solo cuenca) | | 24,287 | | 28,010 | 25% | 32,303 | 23% |
| San Lucas TOTAL Municipio | 0,464 | 12,975 | 0.02151 | 15,991 | 0.01393 | 19,708 | 0.01393 |
| San Lucas Urbano | | 1,274 | | 1,570 | | 1,935 | |
| San Lucas Rural | | 11,701 | | 14,421 | | 17,773 | |
| San Lucas Rural (solo cuenca) | | 11,324 | | 13,956 | | 17,200 | |
| Total San Lucas Urbano y Rural (solo cuenca) | | 12,598 | | 15,526 | 14% | 19,135 | 14% |
| Las Sabanas TOTAL Municipio | 4,063 | 4,136 | 0.00178 | 5,162 | 0.01477 | 6,443 | 0.01477 |
| Las Sabanas Urbano | | 904 | | 1,128 | | 1,408 | |
| Las Sabanas Rural | | 3,232 | | 4,034 | | 5,034 | |
| Las Sabanas Rural (solo cuenca) | | 3,232 | | 4,034 | | 5,034 | |
| Total Las Sabanas Urbano y Rural (solo cuenca) | | 4,136 | | 5,162 | 5% | 6,443 | 5% |
| San José de Cusmapa TOTAL Municipio | 5,705 | 7,072 | 0.02148 | 8,201 | 0.00987 | 9,510 | 0.00987 |
| San José de Cusmapa Urbano | | 1,405 | | 1,629 | | 1,889 | |
| San José de Cusmapa Rural | | 5,667 | | 6,572 | | 7,621 | |
| San José de Cusmapa Rural (solo cuenca) | | 681 | | 790 | | 916 | |
| Total San José de Cusmapa Urbano y Rural (solo cuenca) | | 2,086 | | 2,419 | 2% | 2,805 | 2% |
| Total Municipios | 88,693 | 110,554 | | 139,125 | | 176,228 | |
| Total Municipios Urbano | | 56,806 | | 73,800 | 53% | 96,505 | 55% |
| Total Municipios Rural | | 53,748 | | 65,325 | 47% | 79,722 | 45% |
| Total Municipios Rural (solo cuenca) | | 30,031 | | 36,551 | 56% | 44,616 | 55.96% |
| Total Municipios Urbano y Rural (solo cuenca) | | 86,837 | | 110,350 | 100% | 141,121 | |

1: VIII Censo de Población y IV de Vivienda, Cifras Oficiales. INIDE.

2: Cifras Municipales, Proyección de Población Municipal 2005-2020, Revisión 2007. INIDE.

Las tasas de crecimiento poblacional resultan, de aplicar la fórmula universal, empleada por INIDE:

$$Pf = Pi \times e^{(R \times tf - i)}$$

$$R = 1 / tf - i \times \ln (Pf/Pi)$$

Donde:

P f = Población proyectada (futura).

P i = Población inicial.

t f-i = Año proyectado - Año inicial = Período proyectado.

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

En base al análisis de los datos poblacionales del censo 2005 y las proyecciones realizadas por el INIDE hasta el año 2020, se obtiene un total de 139,125 personas que residen en los 7 municipios, que forman parte de la cuenca. De este total 73,800 estarían habitando en sectores urbanos (tabla 5).

Al valorar, la totalidad de habitantes del sector urbano en estos municipios, junto a los asentamientos rurales que se ubican dentro de los límites de la cuenca, obtenemos un total de 110,350 personas, que se considera, para efectos de cálculos en el presente estudio, como la población total de la cuenca.

De mantenerse la tasa de crecimiento proyectada por el INIDE para el año 2020, 15 años después (año 2035), dentro de los límites de la cuenca, estarían habitando 141,121 personas, lo que representaría un incremento de 54,284 individuos en un período de 30 años.

La dinámica de crecimiento urbano, representada por la población censada en el año 2005, estimada para el año 2020 y proyectada para el año 2035, concuerda con el aumento de 8.32 km² de cobertura urbana, reportado en el estudio de "Análisis Multitemporal del Cambio de Uso del Suelo en la Cuenca Alta del Río Coco, períodos de tiempo 1985-1990, 1990-2000, 2000-2010, 2010-2019" realizado durante la línea base de este diagnóstico.

Tabla 5: Resumen del crecimiento poblacional, proyectado para la cuenca.

| Población | Año 2020 | Año 2035 |
|--------------|----------|----------|
| Urbana | 73,800 | 96,505 |
| Rural | 36,551 | 44,616 |
| Total | 110,350 | 141,121 |

- El número de habitantes en la cuenca, para el año 2020, según las estimaciones realizadas por el INIDE, es de 110,350 personas, que se concentran principalmente en los cascos urbanos de Ocotal, Somoto, San Lucas y Totogalpa.
- Asumiendo, que la población en la cuenca crecerá al mismo ritmo que el proyectado por el INIDE hasta el año 2020, 15 años más tarde, en el año 2035, esta cifra se incrementará hasta llegar a los 141,121 habitantes (54,284 personas más, en un período de 15 años).

2. CLIMA

2.1. Precipitación

Los datos de precipitación son cruciales para determinar el comportamiento meteorológico y la elaboración del balance hídrico, de experiencias pasadas se ha comprobado que son los únicos datos climáticos disponibles con buena distribución espacial y en el caso de la parte alta de la cuenca del río Coco los puntos de medición están bien representados sobre toda el área.

Dentro del área de la cuenca existen 9 pluviómetros convencionales (PV) y una estación hidrometeorológica (HMP) ubicada en Ocotal (tabla 6). Más 8 pluviómetros (PV) ubicados en las afueras. Los pluviómetros registran las precipitaciones diarias mediante lecturas de observadores, dando un dato final de precipitación medio mensual y medio anual. La mayoría de estas estaciones tienen vacíos de información siendo la estación principal HMP de Ocotal con la mayoría de variables climáticas registradas y situada al cierre de la cuenca, sus registros empezaron en el año 1958 y son bastante completos.

Tabla 6: Puntos de medición de la precipitación dentro del área de estudio

| No | Código | Nombre | Tipo | Altura (msnm) | Latitud | Longitud | Municipio |
|----|--------------|---------------------|------------|---------------|---------------|-----------------|---------------------|
| 1 | 45007 | Somoto | PV | 720 | 13.475 | -86.585 | Somoto |
| 2 | 45008 | Macuelizo | PVR | 700 | 13.6433 | -86.6 | Macuelizo |
| 3 | 45011 | El Espino | PV | 890 | 13.445 | -86.7217 | San Lucas |
| 4 | 45014 | Hacienda Palmira | PV | 590 | 13.5883 | -86.5217 | Totogalpa |
| 5 | 45017 | Ocotál | HMP | 612 | 13.625 | -86.4767 | Ocotál |
| 6 | 45027 | San Lucas | PV | 795 | 13.4117 | -86.61 | San Lucas |
| 7 | 45038 | Miquilse | PV | 994 | 13.3733 | -86.6883 | San Lucas |
| 8 | 45046 | Las Sabanas | PVR | 1,270 | 13.3369 | -86.6199 | Las Sabanas |
| 9 | 45058 | Ococona | PV | 900 | 13.7371 | -86.625 | Macuelizo |
| 10 | 58003 | San José de Cusmapa | PV | 1,270 | 13.2867 | -86.6533 | San José de Cusmapa |

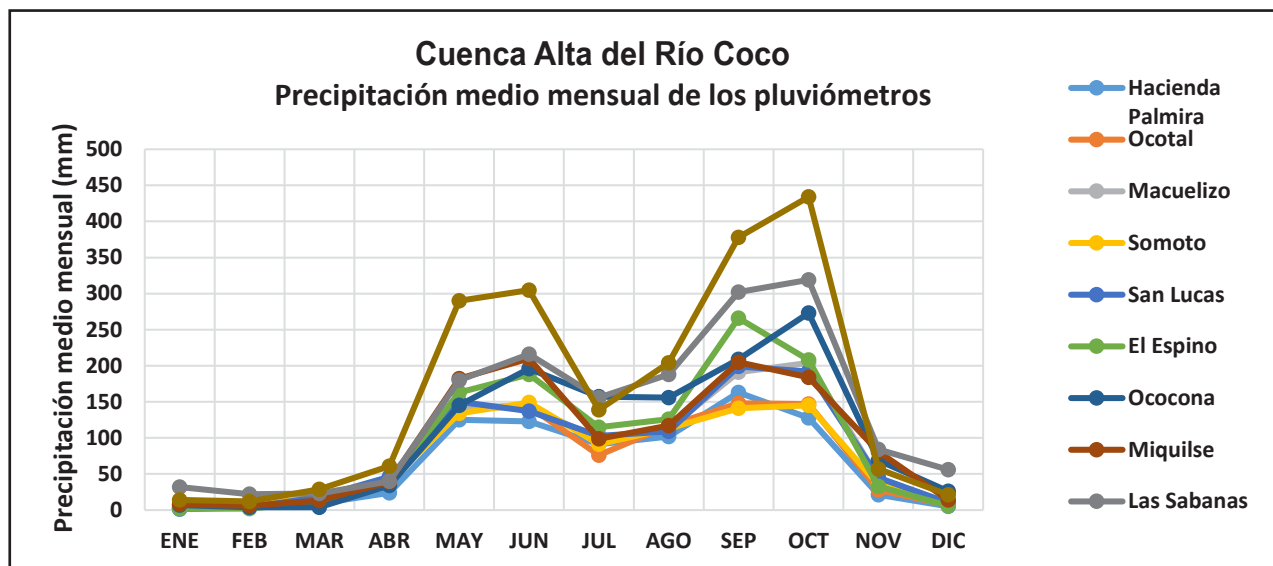
La tabla 7 muestra la precipitación medio mensual y anual para los 10 puntos de medición del período 1969 - 2018. Para el periodo mayo/1981 - abril/2018 se han tomado en cuenta los datos medio mensuales de la línea base generada por INETER (INETER 2020), que han sido completados para el periodo 4/1969 - 5/1981 con datos simulados para este estudio climático.

Tabla 7: Precipitación medio mensual (mm) y anual (mm) en los 10 puntos de medición en la cuenca

| Nombre de estación | Altitud | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Anual |
|---------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Hacienda Palmira | 590 | 1 | 4 | 9 | 24 | 125 | 123 | 91 | 102 | 163 | 128 | 21 | 5 | 795 |
| Ocotál | 612 | 3 | 5 | 10 | 37 | 143 | 144 | 76 | 117 | 148 | 147 | 28 | 7 | 863 |
| Macuelizo | 700 | 2 | 5 | 19 | 42 | 141 | 143 | 99 | 113 | 191 | 204 | 44 | 10 | 1,012 |
| Somoto | 720 | 4 | 6 | 18 | 39 | 134 | 149 | 91 | 113 | 141 | 145 | 35 | 10 | 887 |
| San Lucas | 795 | 2 | 4 | 18 | 46 | 150 | 137 | 103 | 109 | 199 | 192 | 45 | 10 | 1,017 |
| El Espino | 890 | 2 | 2 | 12 | 40 | 163 | 188 | 115 | 126 | 266 | 208 | 33 | 6 | 1,159 |
| Ococona | 900 | 7 | 4 | 4 | 34 | 145 | 196 | 157 | 156 | 209 | 273 | 69 | 26 | 1,280 |
| Miquilse | 994 | 8 | 6 | 13 | 39 | 182 | 210 | 99 | 117 | 205 | 184 | 81 | 14 | 1,116 |
| Las Sabanas | 1270 | 32 | 22 | 23 | 40 | 180 | 216 | 156 | 188 | 302 | 319 | 84 | 56 | 1,619 |
| San José de Cusmapa | 1270 | 14 | 12 | 29 | 61 | 290 | 305 | 139 | 204 | 378 | 434 | 57 | 21 | 1,943 |

La figura 8-1 muestra la distribución típica de la precipitación mensual en la cuenca con los dos puntos más altos en los meses de junio y octubre separado por una fase más seco en julio y agosto, llamada "la canícula".

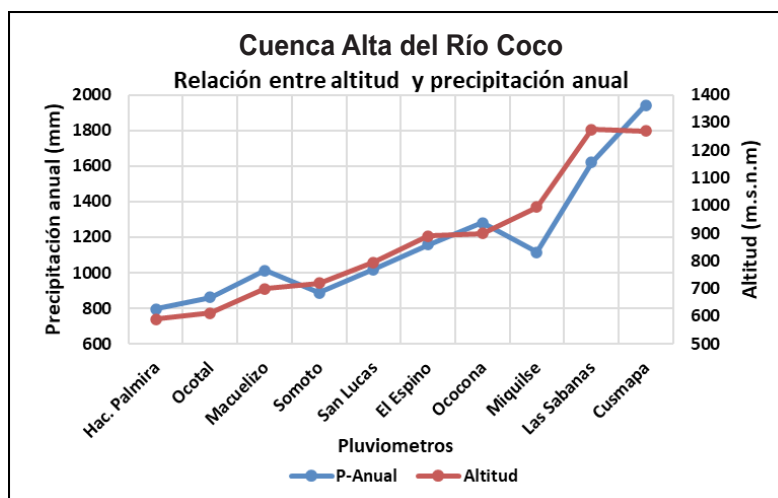
Figura 8-1 Precipitación medio mensual para los 10 puntos de medición en la cuenca.



En la figura 8-2 los puntos de medición han sido clasificados por su altitud. La gráfica al lado de la tabla demuestra la correlación esperada entre altitud y precipitación anual. El coeficiente de correlación es bien alto (>0.9). Esta relación ha sido la clave para la calibración de los datos faltantes simulados en los 9 pluviómetros.

Figura 8-2 Comparación de la altitud con la precipitación anual de los 10 puntos de medición.

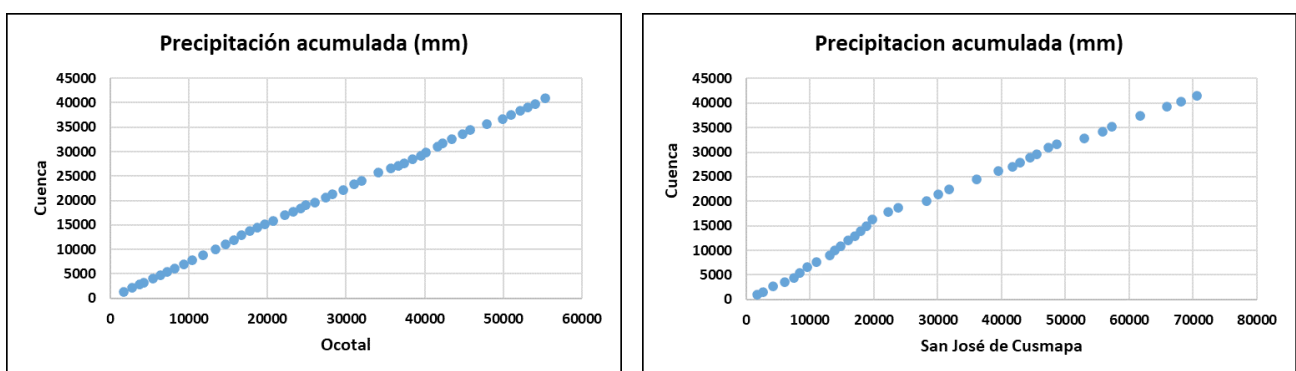
| Nombre | Altitud | P-Anual |
|------------------|---------|---------|
| Hacienda Palmira | 590 | 795 |
| Ocotal | 612 | 863 |
| Macuelizo | 700 | 1,012 |
| Somoto | 720 | 887 |
| San Lucas | 795 | 1,017 |
| El Espino | 890 | 1,159 |
| Ococona | 900 | 1,280 |
| Miquilse | 994 | 1,116 |
| Las Sabanas | 1,275 | 1,619 |
| Cusmapa | 1,270 | 1,943 |



La precipitación territorial de la cuenca ha sido determinada con ayuda de los datos completados de los 17 puntos de medición antes mencionados, ponderado por el método de Thiessen (mapa 7 y anexo 1). La tabla con los datos medios mensuales desde mayo 1969 hasta abril 2018 se encuentra en anexo 1.

En hidrología el análisis de doble masa se utiliza para confirmar la homogeneidad entre dos series de datos. Cuando el resultado da una recta, se puede confirmar que existe homogeneidad en la serie de datos. Para comprobar que la generación de los datos de precipitación territorial de la cuenca ha dado un resultado confiable se han comparado con la precipitación anual medida (1) del pluviómetro de la estación de Ocotál y (2) con el pluviómetro de San José de Cusmapa, aplicando el análisis de doble masa.

Figura 9: Análisis de doble masa de la precipitación anual de la cuenca con los pluviómetros de la estación de Ocotál (49 años, 1969 – 2017) y de San José de Cusmapa 36 años con datos completos entre 1971 y 2014).

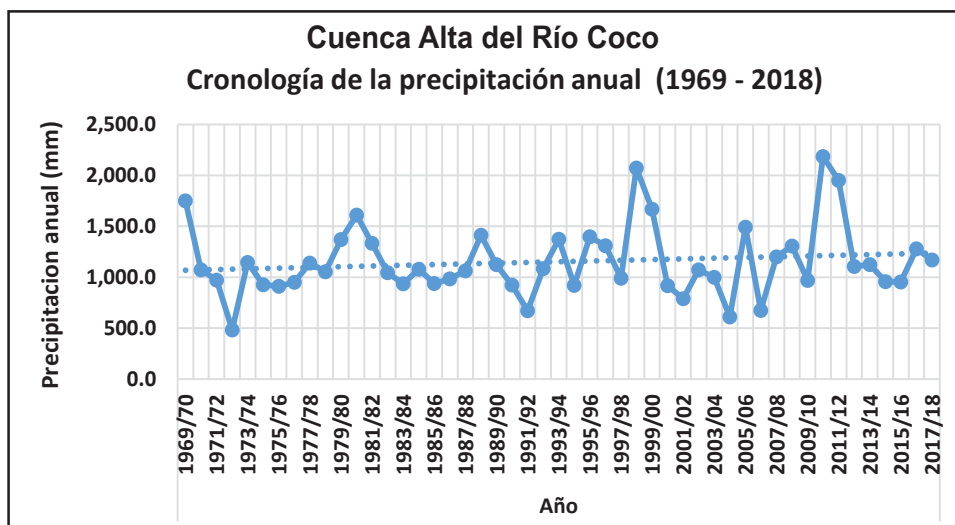


La figura 10 demuestra una buena homogeneidad entre la precipitación anual generada de la cuenca y la precipitación anual registrada del pluviómetro de la estación de Ocotál. El análisis de doble masa (Fig. 9) de la precipitación anual de la cuenca y del pluviómetro de San José de Cusmapa da un resultado satisfactorio.

Para la serie de precipitación territorial anual presentada en la figura 10 (mayo 1969 - abril 2018), la media ha sido de 1,152 (mm), con una ligera tendencia ascendente durante los 49 años. El aumento entre el año inicial 1969/70 y final 2017/18 asciende aproximadamente a 100 (mm).

La figura 10 demuestra también la gran variabilidad de la precipitación anual. Las desviaciones alcanzan frecuentemente 500 mm de un año al otro y pueden llegar a más de 1,000 mm: 2009/10 = 1,446 (mm); salta a la vista también que las oscilaciones en la segunda mitad de la serie son más fuertes que en la primera que se puede atribuir a los impactos del cambio climático.

Figura 10: Precipitación anual para toda la cuenca



En la tabla 8 la precipitación anual de la serie de 49 años entre 1969 y 2018 ha sido clasificado en años secos-, medios- y lluviosos. La serie logró ser subdividida en tres partes con 33% de los datos, es decir en los 16 años más secos-, en 17 años medios-, y en los 16 años más lluviosos. Para la subdivisión hecha, el límite de precipitación que separa el año seco del año medio es 972 (mm), y el límite que separa el año medio del año lluvioso es 1170 (mm). Se nota que el último valor es próximo a la media aritmética de la serie completa que asciende a 1152 (mm).

El valor de la media, que es el valor que define el año con la precipitación media de la serie de 49 años, asciende a solamente 1073 (mm), y se sitúa entonces a 80 (mm) más bajo que la media aritmética. La explicación es que la media aritmética está interferida por valores extremos que aparecen en forma de muchos años lluviosos en la segunda mitad de la serie.

La tabla 8 muestra también que con mucha frecuencia aparecen dos años consecutivos secos-, medios- o lluviosos. Sin embargo, los años verdaderamente extremos son raros, se trata de los 4 años extremadamente secos en letras rojas y los 6 años extremadamente lluviosos en letras azules.

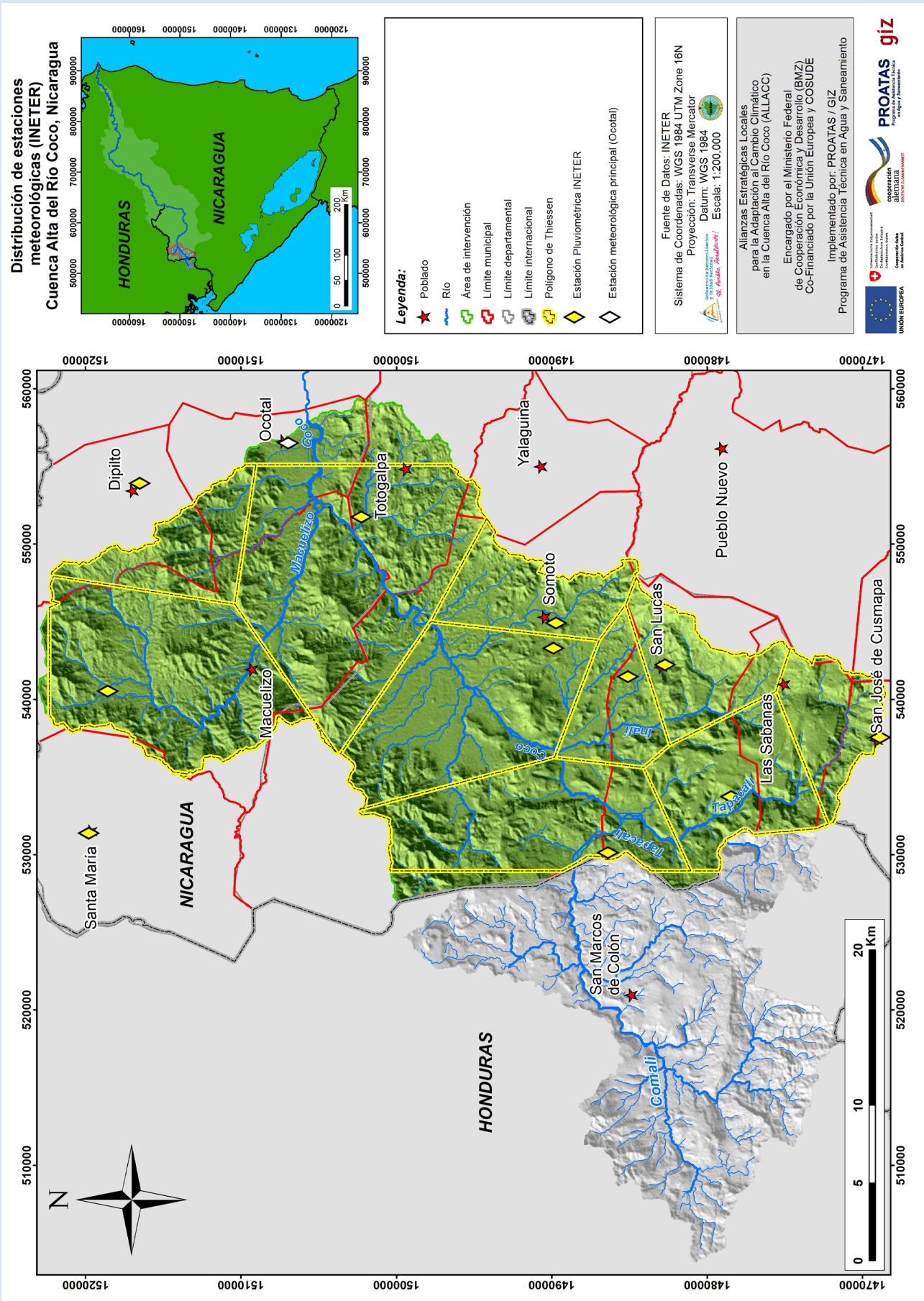
Tabla 8: Clasificación de la precipitación anual en la cuenca

| Año | P anual (mm) | Cuantiles | | Año | | |
|--------------|-----------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|---------------------|
| | | 33% | 66% | Seco 0-33% | Medio 33-66% | Lluvioso 66-100% |
| 1969/70 | 1749.2 | 972 | 1170 | | | 1749 |
| 1970/71 | 1073.0 | | | | 1073 | |
| 1971/72 | 973.2 | | | | 973 | |
| 1972/73 | 483.6 | | | 484 | | |
| 1973/74 | 1145.5 | | | | 1146 | |
| 1974/75 | 927.3 | | | 927 | | |
| 1975/76 | 911.3 | | | 911 | | |
| 1976/77 | 950.6 | | | 951 | | |
| 1977/78 | 1139.5 | | | | 1139 | |
| 1978/79 | 1055.5 | | | | 1055 | |
| 1979/80 | 1371.5 | | | | | 1372 |
| 1980/81 | 1611.5 | | | | | 1611 |
| 1981/82 | 1333.3 | | | | | 1333 |
| 1982/83 | 1044.4 | | | | 1044 | |
| 1983/84 | 934.1 | | | 934 | | |
| 1984/85 | 1079.5 | | | | 1080 | |
| 1985/86 | 938.0 | | | 938 | | |
| 1986/87 | 984.3 | | | | 984 | |
| 1987/88 | 1063.7 | | | | 1064 | |
| 1988/89 | 1412.8 | | | | | 1413 |
| 1989/90 | 1123.4 | | | | 1123 | |
| 1990/91 | 923.4 | | | 923 | | |
| 1991/92 | 672.0 | | | 672 | | |
| 1992/93 | 1085.3 | | | | 1085 | |
| 1993/94 | 1372.4 | | | | | 1372 |
| 1994/95 | 921.5 | | | 922 | | |
| 1995/96 | 1397.8 | | | | | 1398 |
| 1996/97 | 1310.7 | | | | | 1311 |
| 1997/98 | 988.9 | | | | 989 | |
| 1998/99 | 2073.6 | | | | | 2074 |
| 1999/00 | 1668.4 | | | | | 1668 |
| 2000/01 | 917.9 | | | 918 | | |
| 2001/02 | 789.4 | | | 789 | | |
| 2002/03 | 1073.0 | | | | 1073 | |
| 2003/04 | 999.4 | | | | 999 | |
| 2004/05 | 609.9 | | | 610 | | |
| 2005/06 | 1491.8 | | | | | 1492 |
| 2006/07 | 674.7 | | | 675 | | |
| 2007/08 | 1199.2 | | | | | 1199 |
| 2008/09 | 1308.0 | | | | | 1308 |
| 2009/10 | 968.6 | | | 969 | | |
| 2010/11 | 2186.0 | | | | | 2186 |
| 2011/12 | 1950.1 | | | | | 1950 |
| 2012/13 | 1104.6 | | | | 1105 | |
| 2013/14 | 1122.7 | | | | 1123 | |
| 2014/15 | 956.9 | | | 957 | | |
| 2015/16 | 953.3 | | | 953 | | |
| 2016/17 | 1277.9 | | | | | 1278 |
| 2017/18 | 1169.2 | | | | 1169 | |
| Medio | 1152.5 | | Numero | 16 | 17 | 16 |

En el mapa 8 se nota otra vez la correspondencia entre la distribución de la precipitación y la hipsometría, de manera que la precipitación más alta ocurre en el extremo sur de la cuenca, en los pluviómetros ubicados en la parte más alta de Las Sábanas y San José de Cusmapa (1270 m s.n.m.) y en el extremo norte alrededor de los pluviómetros de Ococona (900 m s.n.m.) y Los Planes (1,100 m s.n.m.), el último situado fuera del área de estudio. La zona con la precipitación más baja se sitúa próxima al cierre de la cuenca y está definida por los pluviómetros Hacienda Palmira (590 m s.n.m.) y Ocotol (612 m s.n.m.). Por falta de puntos de medición en Honduras, el mapa se limita al territorio de Nicaragua.

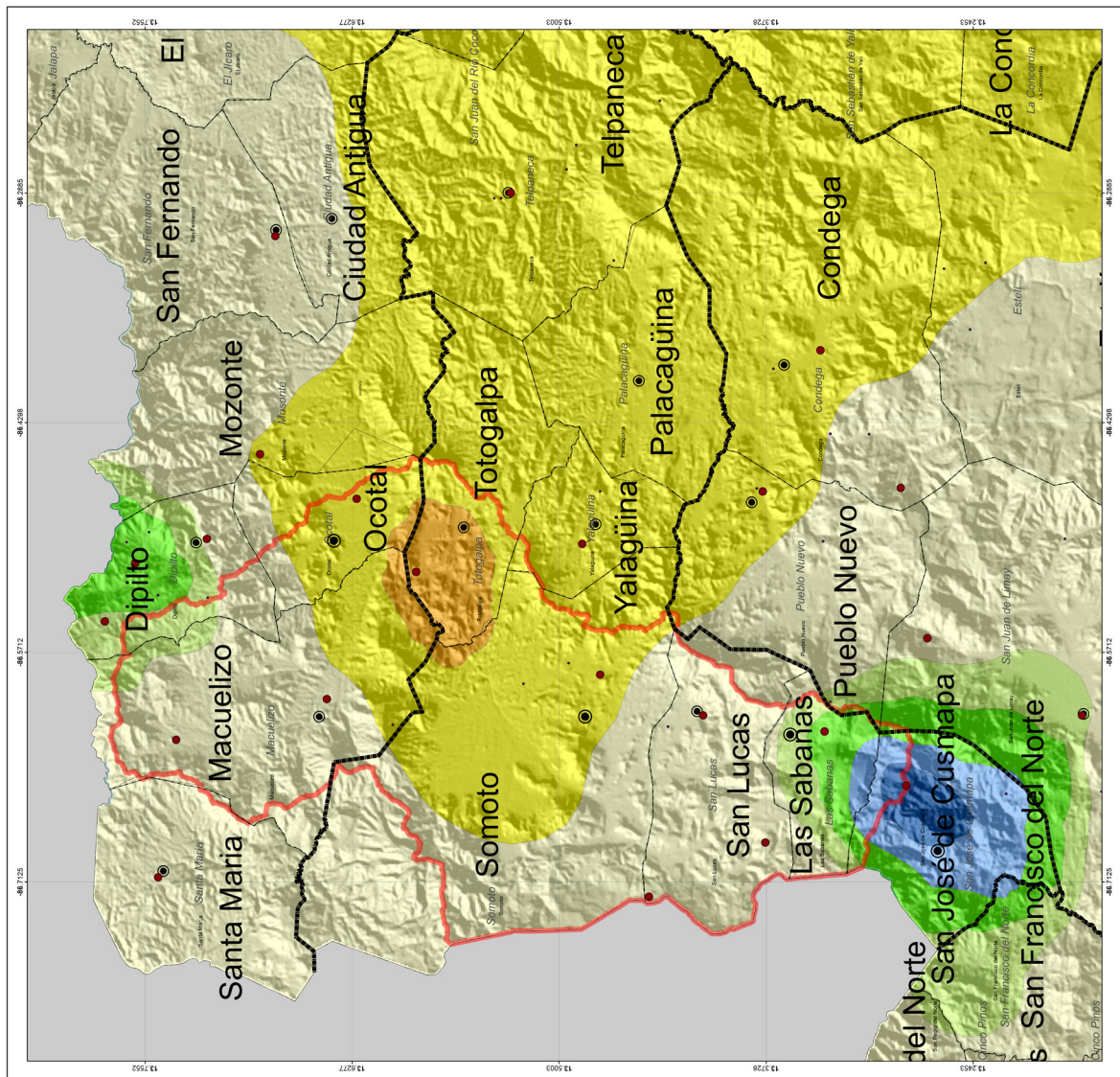
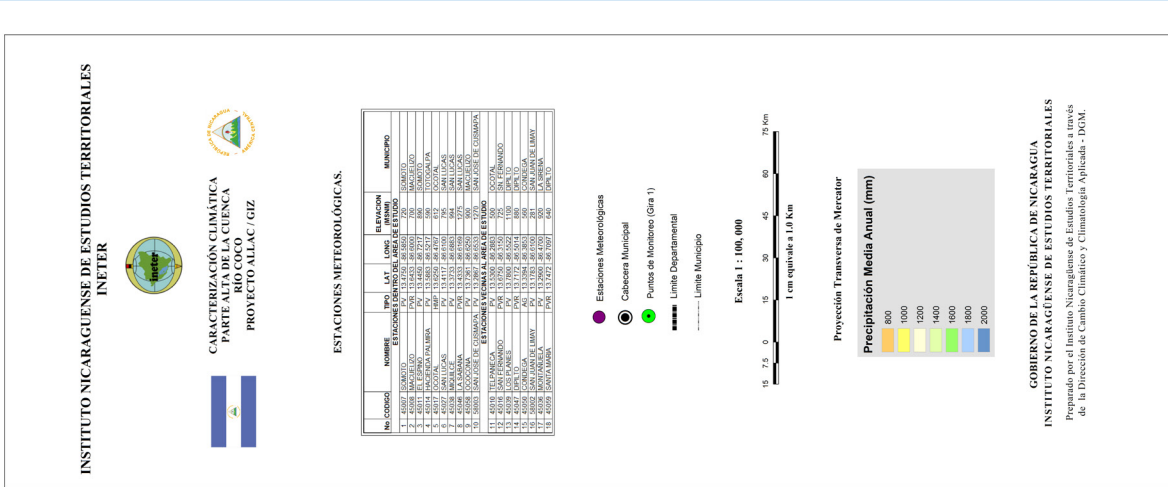
Mapa 7:

Distribución de las estaciones de precipitación y su influencia de acuerdo con los polígonos de THIESSEN



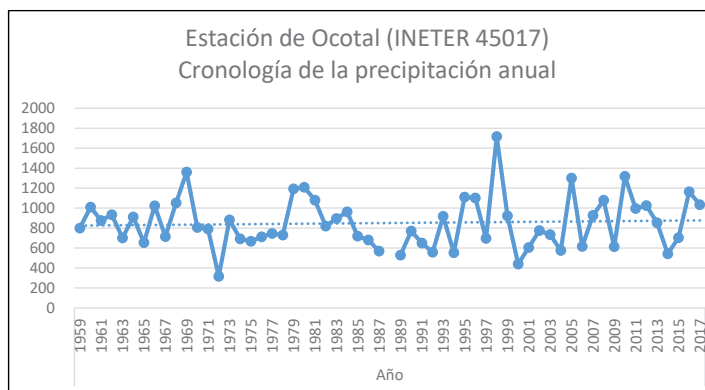
Mapa 8:

Mapa de distribución de la precipitación para el territorio nicaraguense de la cuenca (INETER, 2020)



La precipitación anual promedio en la cuenca de 1,152 (mm) corresponde bien con la precipitación anual medida en el pluviómetro de El Espino de 1,159 (mm). Este pluviómetro se sitúa próximo a la confluencia del río Comalí con el río Tapacalí y el punto controla 485 (km²) de la superficie total de 1290 (km²) de la cuenca.

Figura 11: Cronología de la precipitación anual de la estación HMP de Ocotal

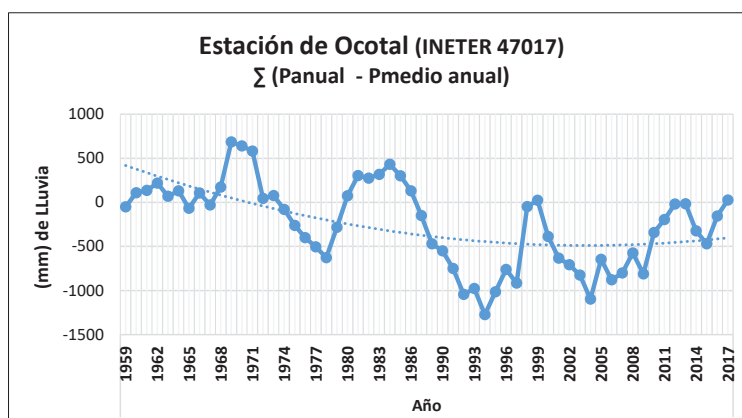


La serie de precipitación más larga disponible en la cuenca es la de la estación de Ocotal (figura 11). Se extiende del año 1959 hasta hoy en día. El promedio para el periodo 1959 - 2018 asciende a 850 (mm) y demuestra también una ligera tendencia ascendente durante los 58 años de observación. Este análisis corresponde con la evaluación que se hizo en el diagnóstico de la cuenca 64 en la estación de Chinandega (ver diagnóstico de la cuenca 64 publicado en 2019). Se puede concluir que durante los últimos 50 años la precipitación anual se quedó constante o muestra una ligera tendencia ascendente en todo el Noroeste de Nicaragua.

La figura 12 demuestra que la cronología de la precipitación está sujeta a ciclos de precipitación anual descendente y ascendente. Los ciclos se han calculado sumando la desviación de la precipitación anual de la precipitación medio anual por cada uno de los 58 años de observación.

Figura 12: Ciclos de precipitación medidos de la estación Ocotal

| Ciclos: | | | | |
|-------------|--------|------|----|------|
| Ciclo baja: | 1969 - | 1978 | 10 | años |
| Ciclo alto: | 1978 - | 1984 | 7 | años |
| Ciclo bajo: | 1984 - | 1994 | 10 | años |
| Ciclo alto: | 1994 - | 1999 | 6 | años |
| Ciclo bajo: | 1999 - | 2004 | 6 | años |
| Ciclo alto: | 2004 - | 2013 | 10 | años |



En la figura 12 se pueden detectar los 3 ciclos descendentes y ascendentes, definidos a su vez en la tabla del lado derecho: los dos primeros ciclos descendentes fueron más largos que los dos primeros ciclos ascendentes, causando una tendencia general hacia abajo (línea punteada a lo largo de la gráfica en color azul). El punto más bajo fue alcanzado en el año 2004, y desde aquí la tendencia se invierte. La línea punteada puede entonces ser el trazada para un ciclo mayor, con una frecuencia de más de 50 años.

Siguiendo este análisis, el último ciclo alto culminó en el año 2013. En el año 2021 se encontró al fin de un ciclo descendente, que eventualmente ya se ha terminado o puede terminarse a más tardar en el año 2023. De aquí en adelante las precipitaciones anuales tienden a seguir una tendencia ascendente.

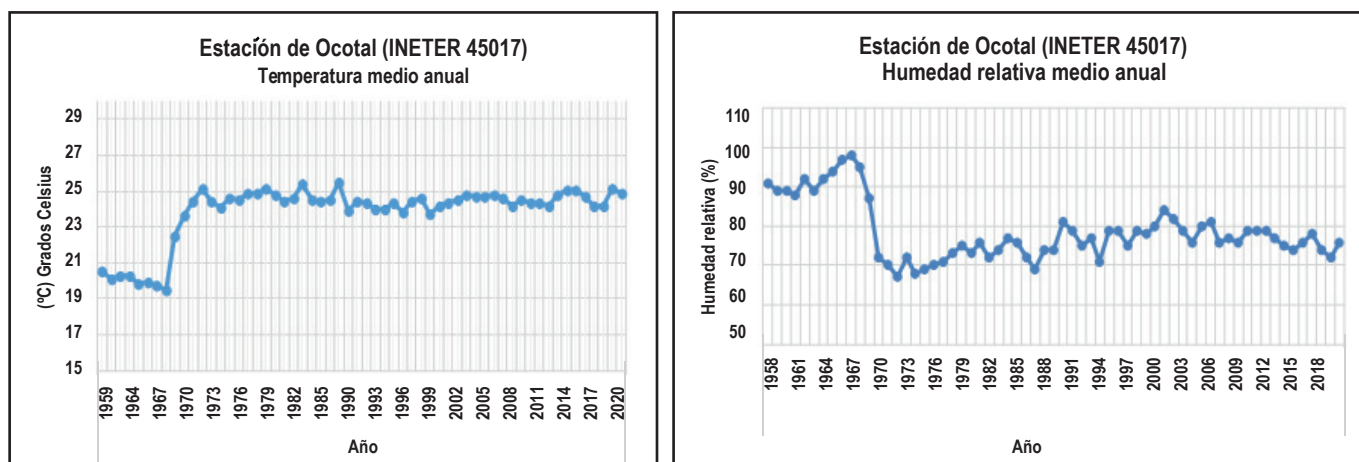
- 💧 La precipitación anual promedio en la cuenca de 1,152 (mm) corresponde ya que muestra valores similares con la precipitación anual medida en el pluviómetro de El Espino de 1,159 (mm).
- 💧 En línea con otras cuencas la precipitación demuestra una ligera tendencia ascendente durante los 58 años de observación.

2.2. Temperatura

En la Cuenca Alta del Río Coco la temperatura mínima, media, y máxima diaria se mide únicamente en la estación Hidrometeorológico Principal de Ocotal (código 45017).

Generalmente los registros de temperatura de las estaciones hidrometeorológicas en Nicaragua son muy uniformes y no presentan mucho interés desde el punto de vista climático. La situación en la parte alta de la Cuenca del Río Coco es diferente, aquí los registros de la temperatura medio mensual y medio anual traducen un cambio climático con una claridad extraordinaria (figura 13). En las gráficas de la figura mostrada abajo se puede observar los cambios que se dieron en los parámetros de temperatura y humedad en el mismo periodo, así al darse un aumento de temperatura se registró un descenso en la humedad relativa (aproximadamente en el año 1970).

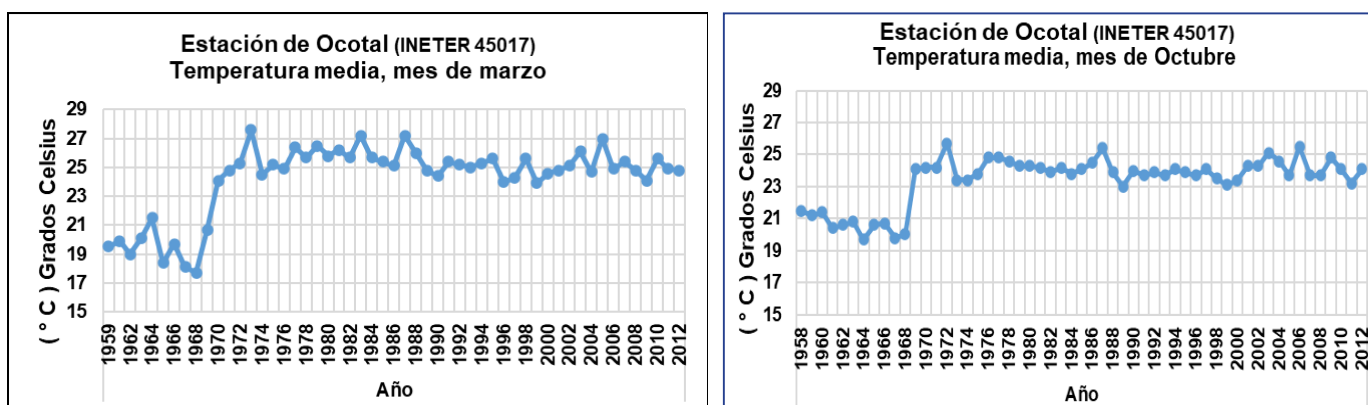
Figura 13: Temperatura (7-1) y Humedad relativa (7-2) medio anual en la estación de Ocotal



La temperatura medio anual de los años 1959 - 1968 oscilaba entre 19.5 y 20.5 (° C) grados Celsius, para saltar súbitamente a 22.5 (° C) en 1969 - a 23.6 (° C) en 1970 - a 24,4 (° C) en 1971 - y a 25.1 (° C) en 1972, y se mantuvo a un nivel de más de 24 (° C) hasta el año 2020.

La tendencia descrita se repite en los registros de temperatura media de los meses de marzo y de octubre (figura 14).

Figura 14: Cronología de la temperatura medio mensual de los meses de marzo y de octubre

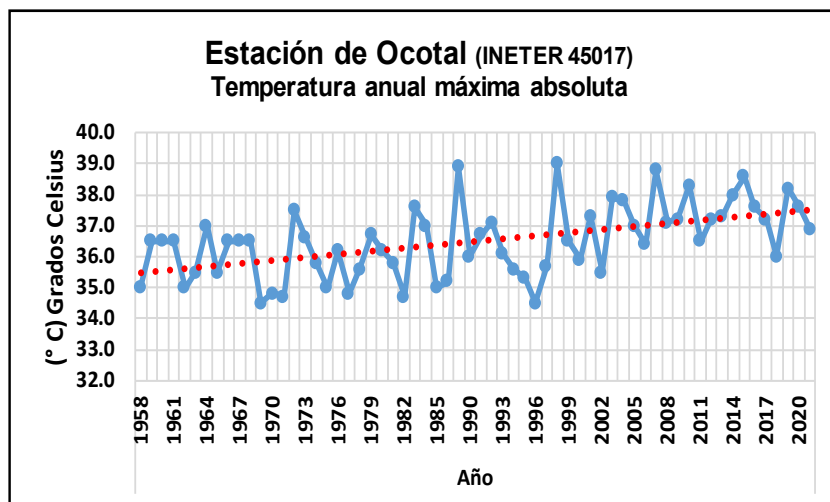


Para comprobar que el fenómeno observado no se debe a un error de medición, por ejemplo, por un cambio de instrumentos, se verificaron los demás parámetros meteorológicos que pueden coincidir con la temperatura. Para los mismos años referidos, la evaporación potencial demuestra una anomalía, pero de tipo reversible (vea más abajo). Sin embargo, la humedad relativa muestra una ruptura similar (figura 13, 7-2) por el cual el fenómeno se puede confirmar en todos los parámetros.

En segundo lugar se revisaron los renglones de mediciones de temperatura y de humedad relativa en los estaciones del ingenio San Antonio y de Chinandega (estaciones situadas en departamento de Chinandega, con su estudio de referencia: diagnóstico de los recursos hídricos en la cuenca Entre volcán Cosigüina y río Tamarindo, 2018), y - en efecto - se observó el mismo salto brusco en los renglones de la temperatura medio anual que los detectados en la estación de Ocotal, pero la tendencia se revirtió después de 7 años y las temperaturas regresaron a su nivel anterior, al contrario de la estación de Ocotal y de la Cuenca Alta del Río Coco, donde la temperatura medio anual se mantuvo al nivel más alto.

La figura 15 parece indicar que el cambio climático continua, porque demuestra que las temperaturas anuales máximas absolutas están en aumento de manera continua.

Figura 15: Temperatura máxima absoluta



- 💧 El cambio climático dramático que tuvo lugar en la cuenca alta del río Coco al final de los años 60 (Fig. 13) transformó el clima de este valle de moderadamente húmedo a "corredor seco" hasta hoy en día.
- 💧 El promedio de la temperatura máxima absoluta ha aumentado de 35.5 (° C) a 37.5 (° C)

2.3. Evapotranspiración

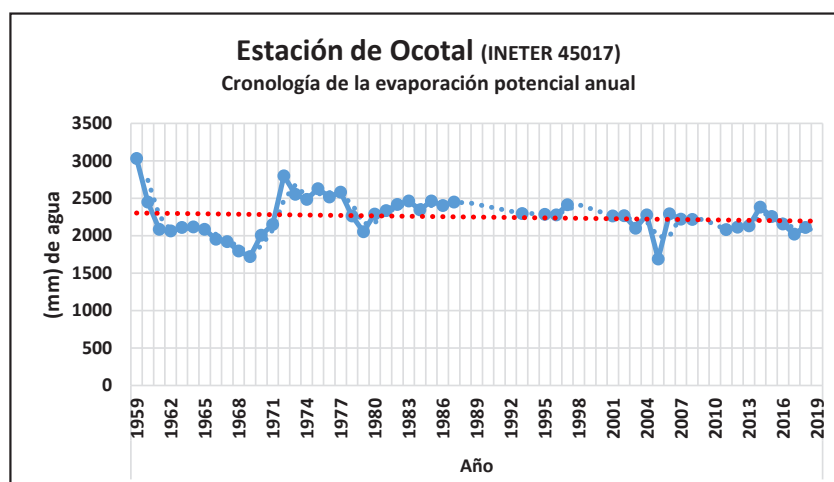
En la Cuenca Alta del Río Coco la evaporación potencial (Etp) - también llamada evaporación de pana - se mide solamente en la estación de Ocotal. La tasa de evaporación potencial observada da una buena aproximación del poder vaporizante de la atmósfera. Cuando por un intervalo de tiempo dado la oferta de agua iguala o supera la evaporación potencial, su valor define la cantidad máxima posible de la oferta de agua que se puede perder por evaporación.

La determinación directa de la evapotranspiración real (Etr) es extremadamente difícil, por eso se determina con frecuencia con cálculos usando fórmulas (Penman, Thorntwhait, Turc etc.) o como saldo entre entrada y salida, cuando los demás términos del balance hídrico son conocidos y el cambio de almacenamiento (Δi) es nulo o asumido como nulo. En este caso la ecuación básica referente cambiaría en: $Etr = P - (Esc + Fb)$; ($\Delta i = 0$).

La evapotranspiración (Etr) es el parámetro que consume más agua en el balance hídrico. En los balances que se calcularon para la Cuenca Alta del Río Coco, la (Etr) variaba entre 70 % para un año muy lluvioso y 97% para un año muy seco, es decir que 70 - 97% de la oferta anual de agua se pierde por evaporación.

Generalmente la (Etr) es más baja que la (Etp), sobre todo en la estación seca. Sin embargo, la evaluación de los registros de las estaciones hidrometeorológicas de Juigalpa, Rivas, Corinto y Chinandega, que se analizaron en diagnósticos anteriores, ha demostrado que en la estación lluviosa los valores medio mensuales de ambos términos son muy similares. De este análisis se definió que no puede formarse ni escorrentía superficial ni infiltración subterránea en meses donde la evaporación potencial supera la precipitación.

Figura 16: Cronología de la evaporación potencial medio anual medida en la estación Ocotal

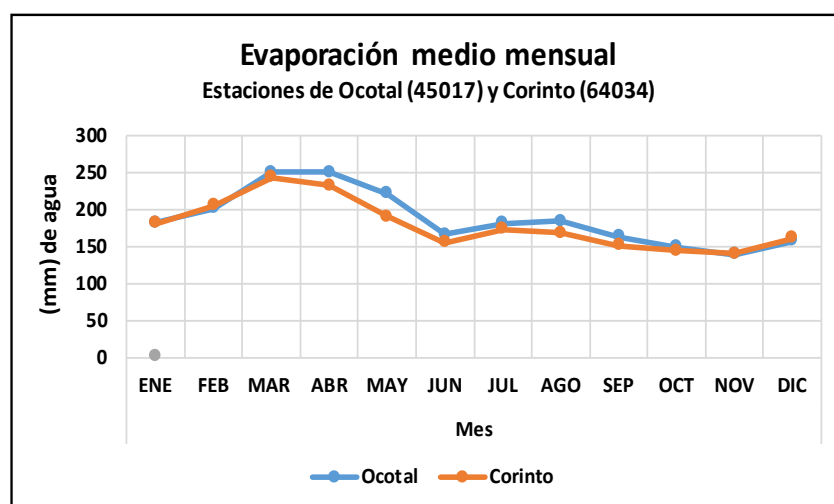


En Ocotal las mediciones de la evaporación potencial empezaron en el año 1959 con un valor anual alto de 3030 (mm), seguido de una caída continua hasta el año 1968, que terminó con un valor bajo de 1794 (mm) (figura 16). En los tres años siguientes, la evaporación potencial aumentó bruscamente hacia un punto culminante de 2798 (mm) en 1972. El ascenso coincide con la ruptura que se ha observado en las curvas de temperatura y humedad relativa medio anual (vea capítulo 2, acápite 2,2). Sin embargo, hay diferencias: la subida de la Evaporación potencial ocurrió con una tardanza de un año y el nivel alcanzado correspondía a un nivel que ya se había medido anteriormente.

La línea de compensación - puntada en rojo - demuestra una tendencia constante para el renglón de mediciones que se extiende de 1959 hasta 2018 (figura 16).

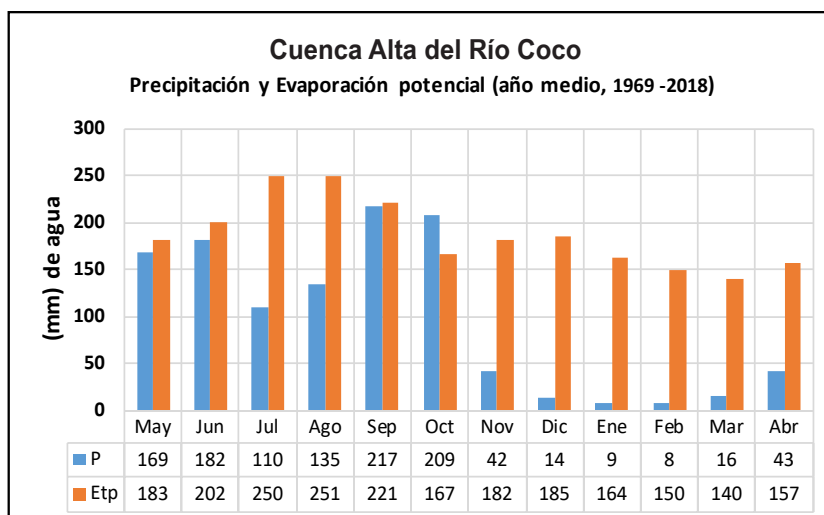
La evaporación potencial (Etp) es muy constante en la parte noroeste de Nicaragua, esto se puede fácilmente demostrar por las dos curvas de (Etp) medio mensual de las estaciones de Ocotal y de Corinto (figura 17). Tomando como referencia una línea directa, para representar la distancia entre las dos estaciones asciende a 148 km. Además, la estación de Ocotal se sitúa dentro de un valle montañoso y la de Corinto al borde del océano Pacífico. A pesar de la gran distancia entre ellas y una situación geográfica muy diferente, la evaporación potencial medio mensual es casi idéntica.

Figura 17: Comparación de la evaporación medio mensual de las estaciones de Ocotal y Corinto



En la figura 18 se comparó la evaporación potencial medio anual de Ocotal (2252 mm) con la precipitación medio anual para el periodo mayo 1969 - abril 2018 en la parte alta de la cuenca del río Coco. La figura demuestra que, en 11 de los 12 meses del año, la evaporación potencial (Etp) es más alta que la precipitación medio mensual (P). Solo el mes de octubre muestra un pequeño superávit de 42 (mm).

Figura 18: Comparación de la evaporación potencial con la precipitación en la cuenca



La evapotranspiración potencial registrada en la estación de Ocotál alcanza los 2252 mm, sin embargo, la evapotranspiración real, determinada a partir de la ecuación del balance hídrico, para la cuenca es de 952.13 mm/a.

- 💧 En 32 de los 49 años hidrológicos que transcurrieron entre 1969 y 2018, el potencial de agua disponible para la formación de escorrentía y agua subterránea ha sido muy limitada.
- 💧 El promedio de la evapotranspiración anual real para la cuenca es de 952.13 mm/a y el promedio la evapotranspiración anual potencial medida en la estación de Ocotál asciende a 2252 mm.

3. Agua Superficial

3.1. Red hidrológica

La cuenca posee una alta densidad de drenaje que corresponde a 1,18 (km) de río por cada (km²) de área. El mapa 9 muestra la distribución del drenaje y el orden hidrológico de los ríos de acuerdo con la clasificación "Strahler" (1952, 1957). Según el mapa el orden de predominancia es 1, sin embargo, los ríos más importantes según su densidad y tamaño corresponden al orden 5 (tabla 9).

Mapa 9:
Órdenes de Corrientes de la Cuenca Alta del Río Coco
(Clasificación de Strahler)

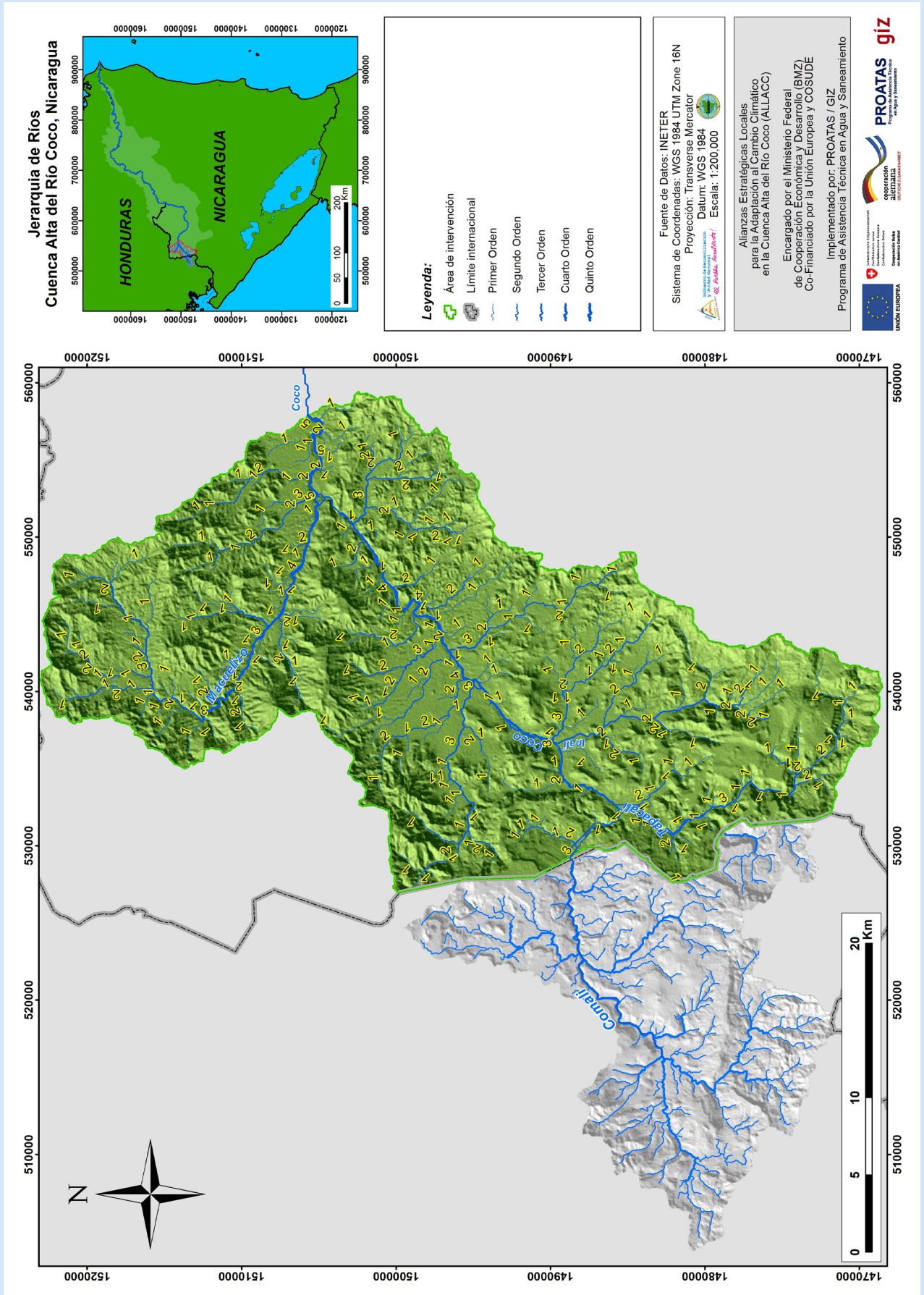


Tabla 9:
Clasificación de órdenes de río según Clasificación de Strahler

| Orden de Strahler | Cantidad de bifurcaciones | Longitud (km ²) |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1 | 753 | 428.8 |
| 2 | 370 | 373.4 |
| 3 | 203 | 182.3 |
| 4 | 87 | 74 |
| 5 | 81 | 64.5 |
| Total | 1494 | 1123 |

3.2. Estado actual cuantitativo y cualitativo

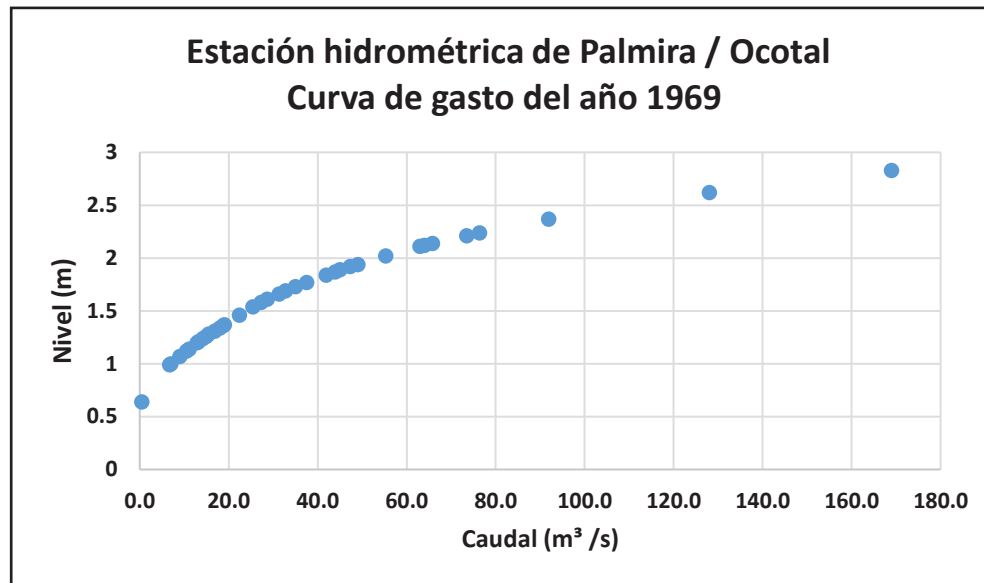
La red de drenaje de la Cuenca Alta de Río Coco está muy desarrollada, siendo un indicador de una tasa de escorrentía elevada - y una conclusión en otro sentido - un indicador de una capacidad de infiltración reducida.

3.2.1. Escorrentía

Respecto a los datos hidrológicos, se cuenta con los de la estación hidrométrica de Palmira (vea más abajo) y aforos realizados en tres puntos de la cuenca que a su vez están equipados con limnímetros en: (1) desembocadura del río Tapacalí, (2) aguas abajo del río Macuelizo y (3) puente de Ocotal. Se trata de mediciones puntuales, mayormente hechas durante la estación seca.

La estación hidrométrica de Palmira estaba situada a 8.5 km aguas arriba del puente de Ocotal en el río Coco, fue construida en el año 1969 y empezó a trabajar en marzo 1969. La última medición documentada data del 30 de abril de 1983.

Figura 19: Curva de gasto del 1969 en la estación Palmira



La estación de Palmira estuvo equipada de un limnómetro con un registrador continuo de nivel de agua.

Con los niveles medio diarios registrados y con ayuda de curvas de gasto se calcularon los caudales diarios (figura 19).

Según las investigaciones realizadas, Palmira es la única estación en Nicaragua que ha dejado registros de escorrentía diaria por casi doce años, aunque solamente 4 años tienen registros diarios completos (figura 19).

Para los años 1975/76 y 1980/81 los pocos datos faltantes han sido completados con ayuda de correlaciones entre nivel de agua y caudal (curva de gasto). De esta manera se han obtenido 8 años hidrológicos con datos de escorrentía medio mensual completa (tabla 10).

Tabla 10: Inventario de mediciones diarios de la estación de Palmira

| ESTACION HIDROMETRICA de PALMIRA: Inventario de mediciones | | |
|---|------------|----------------------------|
| AÑO | Estado | Fechas con datos |
| 1969 | Incompleto | ENE, FEB |
| 1970 | Completo | |
| 1971 | Completo | |
| 1972 | Completo | |
| 1973 | Completo | |
| 1974 | Incompleto | SEP 19 - DIC 31 |
| 1975 | Incompleto | ENE, FEB, MAR |
| 1976 | Incompleto | SEP |
| 1977 | Incompleto | MAY, JUN 1 - 14 |
| 1978 | Incompleto | MAY; NOV |
| 1979 | completo | |
| 1980 | Incompleto | OCT 7 - 25 |
| 1981 | Incompleto | MAY 5 - 8; Jul 15 - Dic 31 |
| 1982 | Incompleto | ENE 1 - OCT 31 |
| 1983 | Incompleto | MAY - DIC |

La única información hidrológica cuantitativa disponible de la Cuenca Alta del Río Coco son los registros de la estación de Palmira (vea, acápite 3.1). El análisis siguiente se refiere a estos registros (tabla 11). A continuación, se analizan las características de la escorrentía diaria-, estacional-, anual- y pluri-anual con ejemplos de mediciones de la estación de Palmira.

Tabla 11: Caudales medio mensuales (m³/s), 1969 - 1982, estación de Palmira

| AÑO | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril |
|---------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|
| 1969/70 | 3.52 | 41.38 | 14.67 | 18.49 | 50.64 | 37.45 | 20.47 | 2.38 | 1.31 | 0.82 | 0.49 | 0.71 |
| 1970/71 | 3.01 | 2.67 | 4.56 | 11.03 | 58.97 | 11.16 | 1.53 | 0.74 | 0.43 | 0.23 | 0.15 | 0.13 |
| 1971/72 | 1.35 | 1.21 | 0.26 | 2.92 | 15.71 | 14.23 | 2.62 | 0.81 | 0.41 | 0.23 | 0.12 | 0.06 |
| 1972/73 | 1.61 | 2.05 | 0.24 | 0.12 | 0.06 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1973/74 | 0.28 | 1.07 | 1.08 | 6.27 | 17.68 | 21.14 | 1.65 | 0.19 | 0.04 | 0 | 0 | 0 |
| 1974/75 | 4.22 | 3.64 | 0.23 | 0.01 | | | | | | | | 0 |
| 1975/76 | 0.25 | 0.22 | 0.09 | 0.01 | 20.03 | 11.19 | 13.93 | 1.27 | 0.84 | 0.62 | 0.35 | 0.21 |
| 1976/77 | 1.74 | 14.19 | 1.63 | 0.47 | | 5.98 | 0.26 | 0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1977/78 | | | 1.25 | 0.92 | 1.51 | 1.04 | 0.69 | 0.37 | 0.1 | 0 | 0 | 0 |
| 1978/79 | | 3.33 | 0.83 | 0.41 | 1.64 | 0.71 | | 0.14 | 0.01 | 0 | 0 | 0.95 |
| 1979/80 | 2.25 | 9.19 | 3.71 | 2.76 | 25.03 | 22.26 | 2.99 | 1.97 | 1.65 | 1.47 | 0.56 | 0 |
| 1980/81 | 5.35 | 12.71 | 6.17 | 4.63 | 15.87 | 23.98 | 4.31 | 1.97 | 1.1 | 0.86 | 0.48 | 0.48 |
| 1981/82 | 2.72 | 6.75 | | | | | | | | | | |
| Medio | 2.39 | 8.2 | 2.89 | 4 | 20.71 | 13.58 | 4.85 | 0.9 | 0.54 | 0.38 | 0.2 | 0.21 |

3.2.1.1. Escorrentía diaria en la estación lluviosa y en la estación seca

Se analizaron los caudales diarios del año 1973/74 de la estación de Palmira, para dos periodos, descritos a continuación:

1. Período: 20 de mayo hasta 22 de agosto
2. Período: 22 de Agosto hasta 22 de noviembre

En la figura 20 se observa el comportamiento de los caudales diarios, con los picos altos que simbolizan las crecidas durante la época lluviosa en la gráfica de la derecha. La figura 21 muestra los descensos de caudales hasta el fin de la época lluviosa hasta convertirse en el inicio de la época seca en caudales de flujo base.

Figura 20: Caudales diarios del año 1973/74 en la estación de Palmira

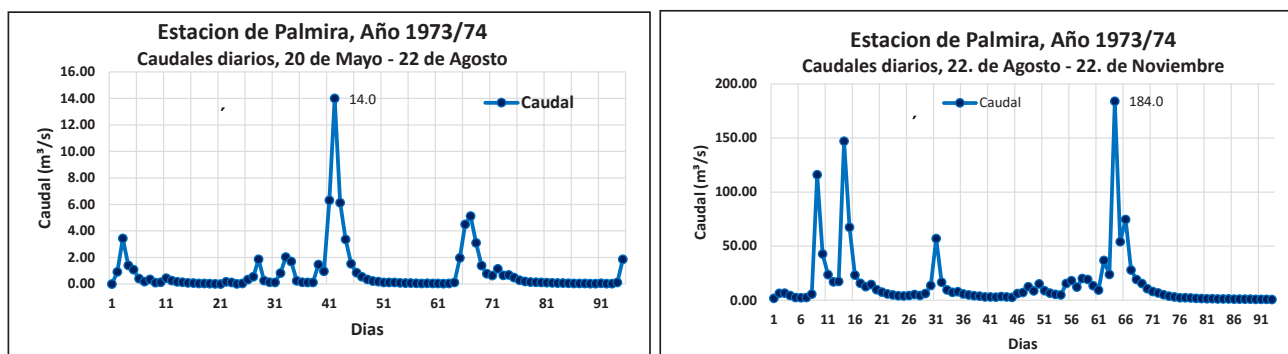
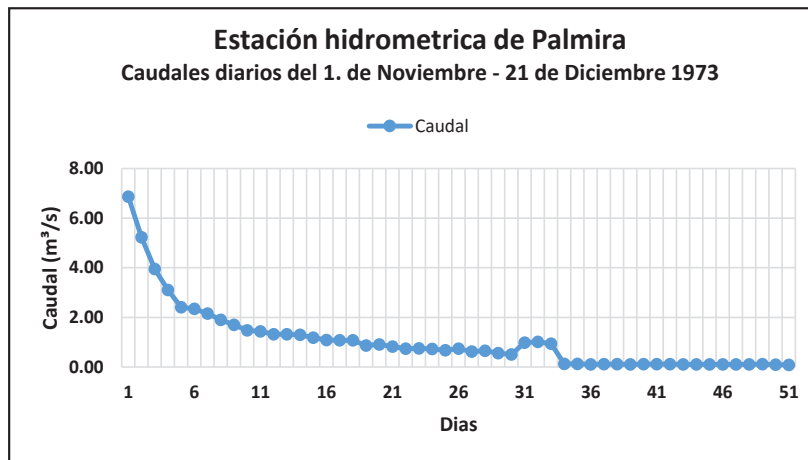


Figura 21: Estación hidrométrica de Palmira, caudales diarios del 1 de noviembre hasta el 21 de diciembre 1973.

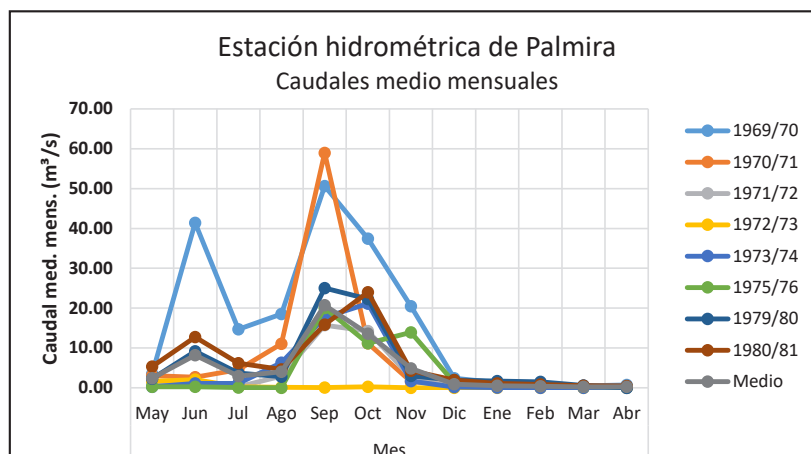


En la gran mayoría de los 13 años con mediciones en la estación de Palmira, el descenso de los caudales del río Coco al fin de la estación lluviosa es muy rápido. Este fenómeno es indicador de una recarga insuficiente de agua subterránea durante la estación lluviosa en la cuenca que es causado por la falta de capacidad de almacenamiento de agua ofrecido por las lluvias y las crecidas, es decir por la falta de acuíferos adecuados.

3.2.1.2. Escorrentía mensual

Los caudales medio mensuales de la estación lluviosa reproducen la distribución de la precipitación medio mensual con las dos máximas en los meses de junio y octubre, separado por una fase más seca en julio y agosto. En la Cuenca Alta del Río Coco, la gran mayoría de crecidas importantes aparecen en los dos meses de septiembre y octubre, mientras crecidas grandes en los meses de mayo y junio son la excepción (figura 22).

Figura 22: Estación hidrométrica de Palmira, caudales medio mensuales, con mediciones del periodo 1969 - 1981



La concentración de la precipitación y la escorrentía superficial en la segunda mitad de la estación lluviosa es una de las razones de la escasez de agua y la aridez en la cuenca.

Durante todo el año existen dos diferentes tipos de escorrentía: la escorrentía superficial (Q_{sup}) y la escorrentía subterránea (Q_{sub}). La primera es resultado de la descarga superficial de la precipitación que no se ha evaporado o infiltrado. La segunda es agua subterránea que es drenada por los ríos. En la estación lluviosa ambos flujos se mezclan y su separación puede ser difícil. En la estación lluviosa los acuíferos se recargan y se descargan al mismo tiempo, aunque el balance entre los dos estados favorece la recarga. El juego entre recarga y descarga de los acuíferos en la estación lluviosa es complicado ya que muchas veces el proceso no puede ser utilizado para determinar los recursos de agua subterránea.

Es importante mencionar que no se debe confundir el volumen de (Q_{sub}) con el volumen del flujo base (aforo seco).

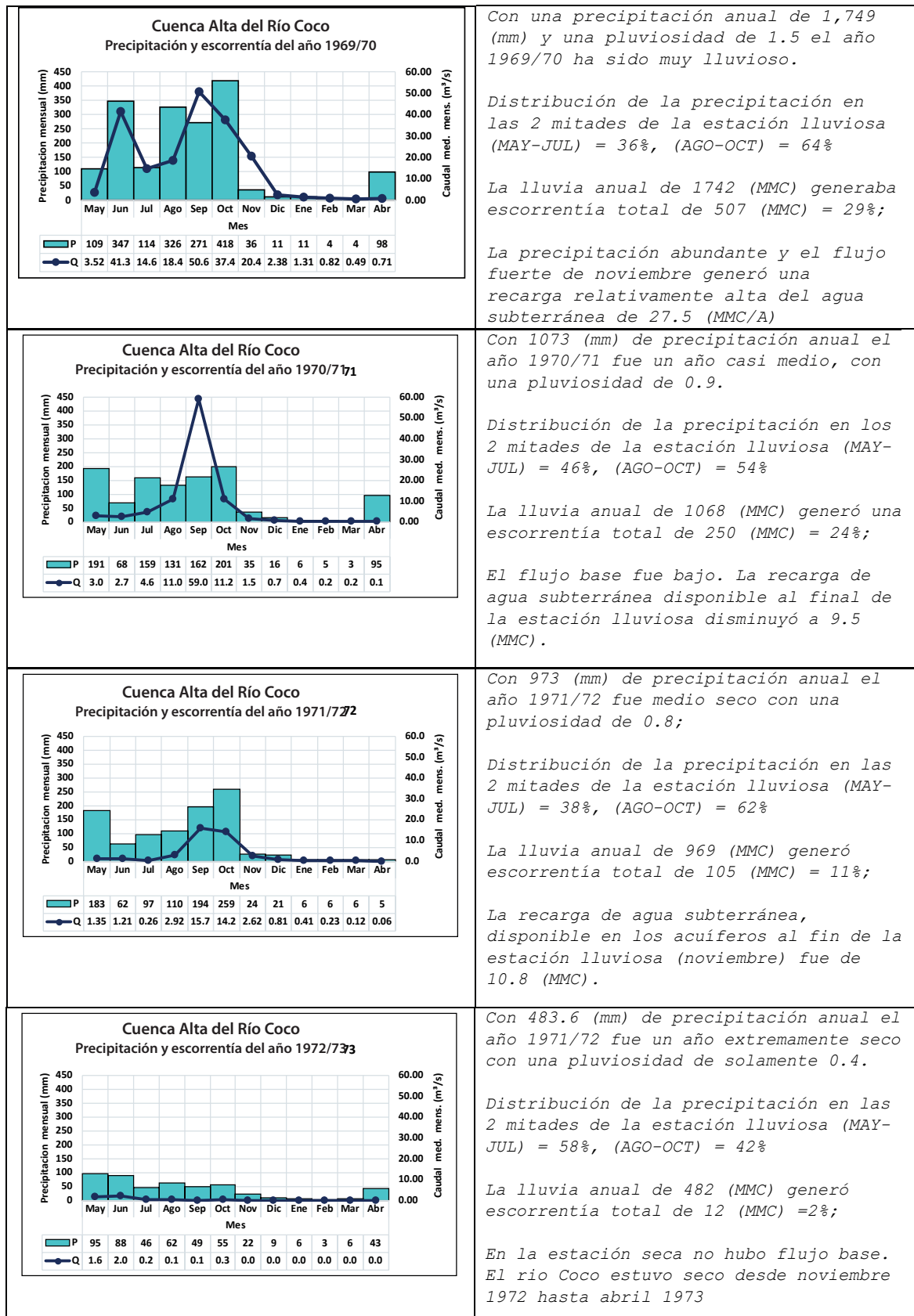
Si dividimos la estación lluviosa en dos partes - cada parte con tres meses -, la primer mitad de la estación (mayo-junio-julio) casi siempre recibe menos precipitación que la segunda mitad (meses de agosto-septiembre y octubre). En la Cuenca Alta de Río Coco la relación normal es: primer mitad 30-40 % de la precipitación anual, segunda mitad 60 -70 % de la precipitación anual (vea figura 23).

3.2.1.3. Escorrentía anual

Se analizó la variabilidad anual basándose en los datos de escorrentía medio mensual de 8 años con datos hidrológicos completos en la estación hidrométrica de Palmira.

Los gráficos de la figura 23 son dibujados en una escala única para acentuar las diferencias entre los diferentes años hidrológicos. Para un entendimiento mejor los valores mensuales de la precipitación (P) y la escorrentía (Q) son presentados debajo del gráfico.

Figura 23: Precipitación y escorrentía anual de la estación de Palmira - (para los 8 años con datos completos)



Con una precipitación anual de 1,749 (mm) y una pluviosidad de 1.5 el año 1969/70 ha sido muy lluvioso.

Distribución de la precipitación en las 2 mitades de la estación lluviosa (MAY-JUL) = 36%, (AGO-OCT) = 64%

La lluvia anual de 1742 (MMC) generaba escorrentía total de 507 (MMC) = 29%;

La precipitación abundante y el flujo fuerte de noviembre generó una recarga relativamente alta del agua subterránea de 27.5 (MMC/A)

Con 1073 (mm) de precipitación anual el año 1970/71 fue un año casi medio, con una pluviosidad de 0.9.

Distribución de la precipitación en los 2 mitades de la estación lluviosa (MAY-JUL) = 46%, (AGO-OCT) = 54%

La lluvia anual de 1068 (MMC) generó una escorrentía total de 250 (MMC) = 24%;

El flujo base fue bajo. La recarga de agua subterránea disponible al final de la estación lluviosa disminuyó a 9.5 (MMC).

Con 973 (mm) de precipitación anual el año 1971/72 fue medio seco con una pluviosidad de 0.8;

Distribución de la precipitación en las 2 mitades de la estación lluviosa (MAY-JUL) = 38%, (AGO-OCT) = 62%

La lluvia anual de 969 (MMC) generó escorrentía total de 105 (MMC) = 11%;

La recarga de agua subterránea, disponible en los acuíferos al fin de la estación lluviosa (noviembre) fue de 10.8 (MMC).

Con 483.6 (mm) de precipitación anual el año 1971/72 fue un año extremadamente seco con una pluviosidad de solamente 0.4.

Distribución de la precipitación en las 2 mitades de la estación lluviosa (MAY-JUL) = 58%, (AGO-OCT) = 42%

La lluvia anual de 482 (MMC) generó escorrentía total de 12 (MMC) = 2%;

En la estación seca no hubo flujo base. El río Coco estuvo seco desde noviembre 1972 hasta abril 1973

| <p style="text-align: center;">Cuenca Alta del Río Coco Precipitación y escorrentía del año 1973/74</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>P</th> <th>Q</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>May</td><td>195</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>Jun</td><td>187</td><td>1.1</td></tr> <tr><td>Jul</td><td>91</td><td>1.1</td></tr> <tr><td>Ago</td><td>103</td><td>6.3</td></tr> <tr><td>Sep</td><td>133</td><td>17.7</td></tr> <tr><td>Oct</td><td>379</td><td>21.1</td></tr> <tr><td>Nov</td><td>22</td><td>1.7</td></tr> <tr><td>Dic</td><td>10</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>Ene</td><td>13</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Feb</td><td>3</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Mar</td><td>6</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Abr</td><td>3</td><td>0.0</td></tr> </tbody> </table> | Mes | P | Q | May | 195 | 0.3 | Jun | 187 | 1.1 | Jul | 91 | 1.1 | Ago | 103 | 6.3 | Sep | 133 | 17.7 | Oct | 379 | 21.1 | Nov | 22 | 1.7 | Dic | 10 | 0.2 | Ene | 13 | 0.0 | Feb | 3 | 0.0 | Mar | 6 | 0.0 | Abr | 3 | 0.0 | <p>Con 1140.6 (mm) de precipitación anual 1973/74 fue un año medio con una pluviosidad de 1.0.</p> <p>Distribución de la precipitación en las 2 mitades de la estación lluviosa (MAY-JUL) = 43%, (AGO-OCT) = 57%</p> <p>La lluvia anual de 1141 (MMC) generó escorrentía total de 130 (MMC) = 11%;</p> <p>El río se secó en enero. La recarga de agua subterránea al fin de la estación lluviosa se redujo a solamente 3.6 (MMC);</p> |
|---|------|------|---|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|---|
| Mes | P | Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| May | 195 | 0.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jun | 187 | 1.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jul | 91 | 1.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ago | 103 | 6.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sep | 133 | 17.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oct | 379 | 21.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nov | 22 | 1.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dic | 10 | 0.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ene | 13 | 0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Feb | 3 | 0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mar | 6 | 0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abr | 3 | 0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p style="text-align: center;">Cuenca Alta del Río Coco Precipitación y escorrentía del año 1975/76</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>P</th> <th>Q</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>May</td><td>37</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>Jun</td><td>24</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>Jul</td><td>69</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Ago</td><td>75</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>Sep</td><td>448</td><td>20.0</td></tr> <tr><td>Oct</td><td>152</td><td>11.2</td></tr> <tr><td>Nov</td><td>75</td><td>13.9</td></tr> <tr><td>Dic</td><td>4</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>Ene</td><td>6</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>Feb</td><td>8</td><td>0.6</td></tr> <tr><td>Mar</td><td>3</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>Abr</td><td>9</td><td>0.2</td></tr> </tbody> </table> | Mes | P | Q | May | 37 | 0.2 | Jun | 24 | 0.2 | Jul | 69 | 0.1 | Ago | 75 | 0.0 | Sep | 448 | 20.0 | Oct | 152 | 11.2 | Nov | 75 | 13.9 | Dic | 4 | 1.3 | Ene | 6 | 0.8 | Feb | 8 | 0.6 | Mar | 3 | 0.3 | Abr | 9 | 0.2 | <p>Con 911 (mm) de precipitación anual 1975/76 fue otro año medio seco con una pluviosidad de 0.8;</p> <p>Distribución de la precipitación en las 2 mitades de la estación lluviosa (MAY-JUL) = 38%, (AGO-OCT) = 62%</p> <p>La lluvia anual de 907 (MMC) generó escorrentía total de 129 (MMC) = 14%;</p> <p>El flujo base se mantuvo durante todo la estación seca. La recarga de agua subterránea al fin de la estación lluviosa se calculó en 9.2 (MMC)</p> |
| Mes | P | Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| May | 37 | 0.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jun | 24 | 0.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jul | 69 | 0.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ago | 75 | 0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sep | 448 | 20.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oct | 152 | 11.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nov | 75 | 13.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dic | 4 | 1.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ene | 6 | 0.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Feb | 8 | 0.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mar | 3 | 0.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abr | 9 | 0.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p style="text-align: center;">Cuenca Alta del Río Coco Precipitación y escorrentía del año 1979/80</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>P</th> <th>Q</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>May</td><td>66.3</td><td>2.25</td></tr> <tr><td>Jun</td><td>333.</td><td>41.4</td></tr> <tr><td>Jul</td><td>85.9</td><td>14.7</td></tr> <tr><td>Ago</td><td>137.</td><td>18.5</td></tr> <tr><td>Sep</td><td>350.</td><td>50.6</td></tr> <tr><td>Oct</td><td>308.</td><td>37.4</td></tr> <tr><td>Nov</td><td>51.2</td><td>20.5</td></tr> <tr><td>Dic</td><td>17.3</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>Ene</td><td>3.43</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>Feb</td><td>4.72</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>Mar</td><td>4.98</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>Abr</td><td>7.69</td><td>0.7</td></tr> </tbody> </table> | Mes | P | Q | May | 66.3 | 2.25 | Jun | 333. | 41.4 | Jul | 85.9 | 14.7 | Ago | 137. | 18.5 | Sep | 350. | 50.6 | Oct | 308. | 37.4 | Nov | 51.2 | 20.5 | Dic | 17.3 | 2.4 | Ene | 3.43 | 1.3 | Feb | 4.72 | 0.8 | Mar | 4.98 | 0.5 | Abr | 7.69 | 0.7 | <p>Con 1371 (mm) de precipitación anual el año 1979/80 fue medio lluvioso con una pluviosidad de 1.2.</p> <p>Distribución de la precipitación en las 2 mitades de la estación lluviosa (MAY-JUL) = 38%, (AGO-OCT) = 62%</p> <p>La lluvia anual de 1366 (MMC) generó escorrentía de 195 (MMC) = 14 %;</p> <p>El flujo base fue bastante fuerte y generó una recarga de 26.8 (MMC), aunque el río se secó ya en el mes de abril.</p> |
| Mes | P | Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| May | 66.3 | 2.25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jun | 333. | 41.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jul | 85.9 | 14.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ago | 137. | 18.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sep | 350. | 50.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oct | 308. | 37.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nov | 51.2 | 20.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dic | 17.3 | 2.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ene | 3.43 | 1.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Feb | 4.72 | 0.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mar | 4.98 | 0.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abr | 7.69 | 0.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p style="text-align: center;">Cuenca Alta del Río Coco Precipitación y escorrentía del año 1980/81</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>P</th> <th>Q</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>May</td><td>357</td><td>5.4</td></tr> <tr><td>Jun</td><td>249</td><td>12.7</td></tr> <tr><td>Jul</td><td>128</td><td>6.2</td></tr> <tr><td>Ago</td><td>82</td><td>4.6</td></tr> <tr><td>Sep</td><td>249</td><td>15.9</td></tr> <tr><td>Oct</td><td>438</td><td>24.0</td></tr> <tr><td>Nov</td><td>70</td><td>4.3</td></tr> <tr><td>Dic</td><td>5</td><td>2.0</td></tr> <tr><td>Ene</td><td>5</td><td>1.1</td></tr> <tr><td>Feb</td><td>7</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>Mar</td><td>12</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>Abr</td><td>8</td><td>0.5</td></tr> </tbody> </table> | Mes | P | Q | May | 357 | 5.4 | Jun | 249 | 12.7 | Jul | 128 | 6.2 | Ago | 82 | 4.6 | Sep | 249 | 15.9 | Oct | 438 | 24.0 | Nov | 70 | 4.3 | Dic | 5 | 2.0 | Ene | 5 | 1.1 | Feb | 7 | 0.9 | Mar | 12 | 0.5 | Abr | 8 | 0.5 | <p>Con una precipitación anual de 1,610 (mm) y una pluviosidad de 1.4 el año 1969/70 fue muy lluvioso;</p> <p>Distribución de la precipitación en las 2 mitades de la estación lluviosa (MAY-JUL) = 49%, (AGO-OCT) = 51%</p> <p>La lluvia anual de 1605 (MMC) generó escorrentía total de 206 (MMC) (= 13 %);</p> <p>El flujo base se mantuvo durante todo la estación seca. La recarga de agua subterránea al fin de la estación lluviosa ascendió a 23.5 (MMC).</p> |
| Mes | P | Q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| May | 357 | 5.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jun | 249 | 12.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jul | 128 | 6.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ago | 82 | 4.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sep | 249 | 15.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oct | 438 | 24.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nov | 70 | 4.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dic | 5 | 2.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ene | 5 | 1.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Feb | 7 | 0.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mar | 12 | 0.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abr | 8 | 0.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

La figura 23 confirma la gran variabilidad anual de la escorrentía, que a su vez es espejo de la variabilidad de la precipitación analizada en el capítulo de meteorología. La figura demuestra también que no existe una correlación directa entre la pluviosidad anual y la escorrentía superficial; a como se explica a continuación:

- Los dos años 1970/71 y 1973/74 son años medios con una precipitación casi idéntica. El año medio 1973/74 con 1140 mm de lluvia generó solamente la mitad de escorrentía (132 MMC) del año 1970/71 (260 MMC) con una precipitación anual muy similar de 1073 (mm).
- Los dos años 1969/70 y 1980/81 son años lluviosos con una precipitación no muy diferente, sin embargo, el primer año generó más que el doble de escorrentía anual que el año segundo.

Se concluye que la diferencia en la precipitación anual no es el factor decisivo para la generación de escorrentía. Tienen que existir otros factores más que tienen efecto sobre la cantidad de escorrentía anual.

Tabla 12: Caudales medio mensuales (m³/s), 1969 - 1982, estación de Palmira

| AÑO | Precipitación anual | Escenario climático | Escorrentía anual (MMC) | Precipitación MAY-JUL | | Precipitación AGO-OCT | |
|---------|---------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| | (mm) | | | (mm) | % | (mm) | % |
| 1969/70 | 1,741.8 | muy lluvioso | 506.8 | 569.6 | 35.94 | 1,015.3 | 64.06 |
| 1980/81 | 1,611.5 | muy lluvioso | 205.27 | 734.1 | 48.82 | 769.5 | 51.18 |
| 1979/80 | 1,365.7 | medio lluvioso | 194.6 | 485.7 | 37.88 | 796.4 | 62.12 |
| 1973/74 | 1,140.6 | medio | 130.2 | 473.1 | 43.49 | 614.8 | 56.51 |
| 1970/71 | 1,068.4 | medio | 249.65 | 418.2 | 45.84 | 494 | 54.16 |
| 1971/72 | 969.1 | medio seco | 105.2 | 341.3 | 37.71 | 563.8 | 62.29 |
| 1975/76 | 907.4 | medio seco | 129.1 | 181.3 | 37.52 | 302 | 62.48 |
| 1972/73 | 481.6 | muy seco | 11.4 | 228.4 | 57.95 | 165.7 | 42.05 |

Mediante la hipótesis siguiente: una distribución irregular de la precipitación en la estación lluviosa puede haber causado la discrepancia observada. Sin embargo, como se demostró en los resultados de la tabla 12, la distribución de la precipitación es muy regular con un promedio de 40 y 60% entre la primera y segunda mitad de la estación lluviosa. Por lo tanto, la distribución es un factor importante, pero no es decisivo en el caso de los 8 balances evaluados.

La solución a este problema puede ser otro factor de gran importancia, que hemos llamado "sucesión de años con escenario climático diferente";

explicado abajo:

- Al año medio 1970/71 le precedió un año muy lluvioso 1969/70, mientras al año medio 1973/74, le antecedió al año 1972/73 extremadamente seco con solamente 484 (mm) de precipitación.
- Los dos años medio seco 1971/72 y 1975/76 antecedian sobre años anteriores con precipitación similar. La distribución de la precipitación en la estación lluviosa es 100% idéntica en ambos años. En consecuencia, también los volúmenes de escorrentía generada son similares.

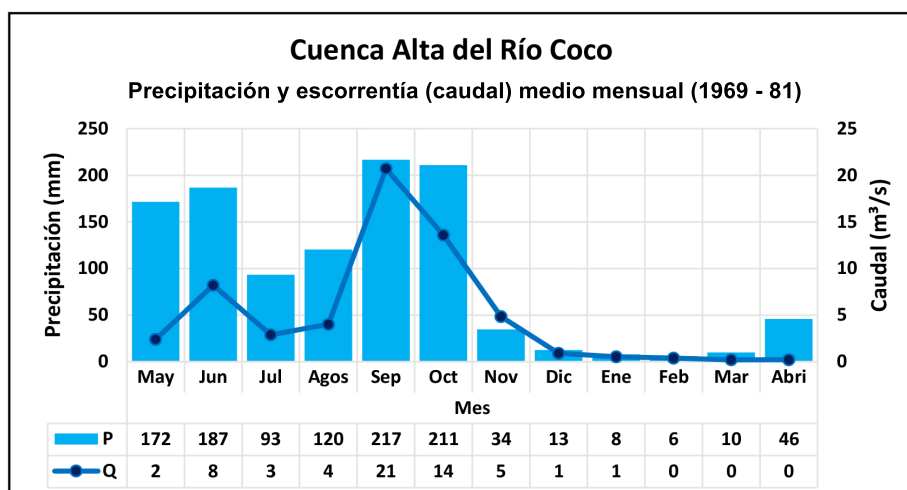
Para los dos años lluviosos la regla no aplica. El año 1980/81 con menos escorrentía le seguía sobre un año medio lluvioso y tiene también una distribución de la precipitación más regular. La única forma de resolver este enigma es muy probablemente con información hidrológica más detallada de la zona, que lamentablemente no existe hasta la fecha que se estableció la línea base del diagnóstico.

De acuerdo al ciclo hídrico, la escorrentía anual depende de, por lo menos, tres factores: (1) del importe de la precipitación anual, (2) de la distribución de la precipitación en la estación lluviosa y (3) de la secuencia de años lluviosos y secos. El caso más positivo se presenta cuando un año es muy lluvioso, la lluvia está bien distribuida sobre los 6 meses de la estación lluviosa y el año anterior ha sido muy lluvioso.

3.2.1.4. Escorrentía plurianual

La figura 24 comprende el análisis de la precipitación territorial y escorrentía de la estación hidrométrica de Palmira, de 13 años de promedios del periodo 1969 - 1981.

Figura 24: Estación hidrométrica de Palmira, caudales medio mensuales, con mediciones del periodo 1969 - 1981



Los principales resultados de la figura se pueden establecer de la siguiente forma:

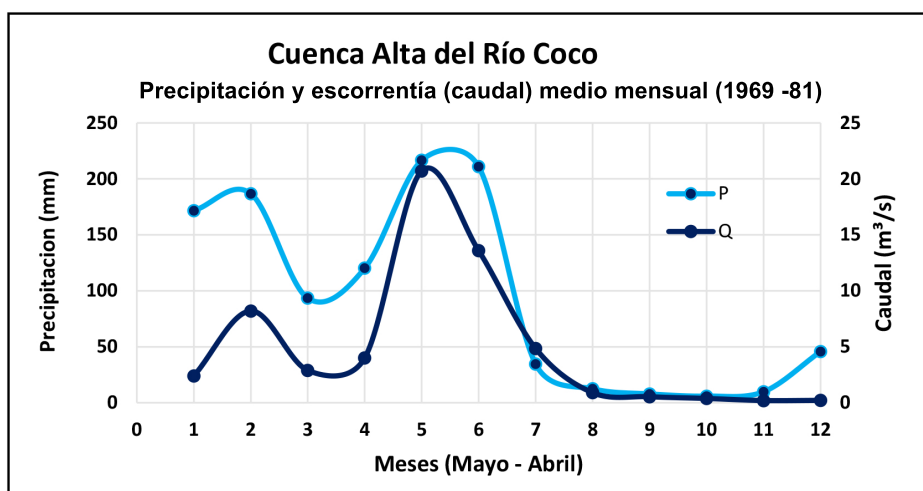
- La precipitación medio anual ascendió a 1,116 (mm). Se observa que este promedio es ligeramente más bajo que el promedio anual del periodo 4/1969 - 5/ 2017 con 1152 (mm).
- La cantidad de lluvia medio anual de 1,111 (MMC) generó escorrentía de 155 (MMC), lo que equivale a 14% de la oferta de lluvia plurianual.
- Expresado en milímetros, la precipitación de 1,116 (mm) generó descarga en forma de escorrentía de 156 (mm).
- La similitud entre las cifras en millones de metros cúbicos (MMC) y milímetros (mm) se debe a la superficie de la cuenca de 997,5 km² que es muy próxima a la cifra 1000, que se ingresa en los cálculos de conversión.
- Para los datos disponibles que cubren 13 años de mediciones, la distribución de la precipitación en la estación lluviosa estuvo regular: 42% de precipitación para los meses (mayo - julio) y 58% para los meses (agosto - octubre).

La escorrentía en cantidades considerables se forma solamente durante los años muy lluviosos. En el capítulo Meteorología hemos demostrado que, en la serie de 49 años de precipitación territorial analizada, este escenario climático se presentó solamente 6 veces.

Correlación entre los valores medio mensuales de la precipitación y la escorrentía

Los datos de las figuras son idénticos. La figura 25 es otra forma de presentación para demostrar la buena correlación entre precipitación y escorrentía medio mensual de la serie de los 12 años entre 1969 y 1981. Para los 6 meses de la estación lluviosa el coeficiente de correlación es bien alto (0.9). Sin embargo, para los meses de la estación seca no hay correlación entre los valores.

Figura 25: Precipitación territorial y escorrentía de la estación hidrométrica de Palmira, promedios del periodo 1969 - 1981



Cabe mencionar que los datos de precipitación se han generado tomando en cuenta la información ofrecida por los diferentes pluviómetros, completamente independiente de datos de escorrentía de la estación de Palmira. Aparentemente existe una correlación entre la precipitación mensual y la escorrentía en la Cuenca Alta del Río Coco, que va a permitir aplicar - en el futuro - métodos de balance hídrico como el método del hidrograma unitario (Unit Hydrograph).

- Las cifras fiables sobre la descarga de aguas superficiales (escorrentía) son proporcionadas exclusivamente por la estación de Palmira para los años 1969 a 1981.
- El descenso de los caudales del río Coco al fin de la estación lluviosa es muy rápido. Este fenómeno es indicador de acuíferos muy limitados con poca capacidad de almacenamiento.
- La concentración de la precipitación y de la escorrentía superficial en la segunda mitad de la estación lluviosa es una de las razones para la escasez de agua y la aridez en la cuenca.
- Existe una buena correlación entre la precipitación mensual y la escorrentía en la Cuenca Alta del Río Coco.

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

La calidad de las aguas superficiales en la Cuenca Alta de Río Coco se concentró principalmente en el análisis de la calidad de los ríos, ya que estos son los cuerpos hídricos superficiales de mayor importancia dentro de esta unidad hidrográfica. La determinación del estado cualitativo de las aguas superficiales de la Cuenca Alta de Río Coco, fue realizada por el laboratorio ENACAL en febrero 2020 a través de un muestreo químico de 12 sitios y luego se llevó a cabo un segundo muestreo en octubre-noviembre 2020 por LAQUISA para determinar en 20 sitios principalmente el estado bacteriológico de la cuenca.

En todos los sitios, se tomaron muestras para análisis de diferentes parámetros químicos (foto 2 y 3). Para la primera campaña se analizaron 26 puntos con 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.



Foto 2 y 3, izquierda: Pila Las Ahogadas, derecha: zona El Limón

Para análisis de contaminantes pesados y plaguicidas sólo fueron considerados 12 sitios del primer muestreo.

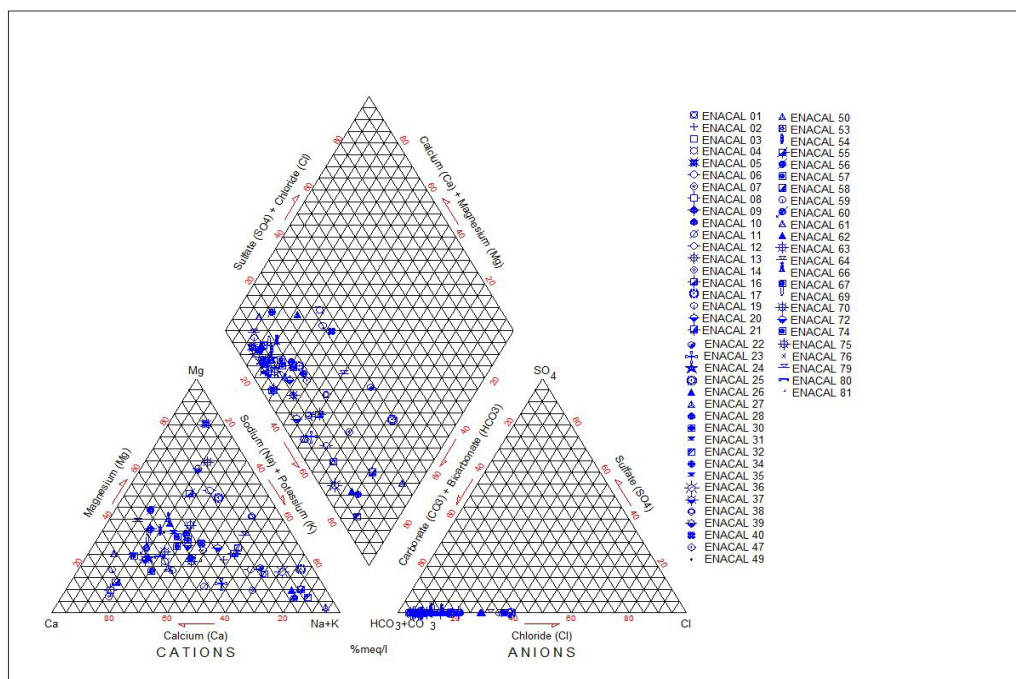
3.2.2.1. Análisis físico químico

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 Piper muestra la composición química de las aguas superficiales en la Cuenca Alta de Río Coco, la cual consiste en el tipo bicarbonatadas cálcicas -magnésicas con algunas considerables concentraciones de sodio y potasio (diagrama 1). Los resultados completos de todos los análisis físico - químicos realizados en la cuenca se muestran en anexo 2.

Diagrama (1) de Piper de las aguas superficiales de CARC



3.2.2.1.2. Parámetros fisicoquímicos

El análisis de los parámetros físicos químicos de las aguas superficiales proporciona información sobre su calidad natural. Estos análisis también se realizan para determinar algunos valores importantes de potabilidad de las aguas, basados en parámetros tales como: Conductividad eléctrica, pH, Sólidos Disueltos Totales (SDT) y turbidez. Los resultados de estos parámetros muestran valores dentro de los rangos permisibles, los valores de pH varían de 7.28 a 8. La conductividad eléctrica reflejó valores entre 90 y 419 ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) para el primer muestreo, que representa unas aguas superficiales ligeramente duras y aptas para uso potable (anexo 3).

La temperatura de las aguas superficiales de la cuenca tienen valores de 21 a 24.2 °C en febrero 2020.

Los análisis de nitratos y nitritos indicaron valores por debajo de los máximos permisibles, siendo para los nitratos valores menores al límite de detección (ND (<0,9)) hasta 12.13 mg/L y para los nitritos menor al valor de detección (ND (<0,007))-0.04mg/L.

De 12 análisis de la turbidez medida en febrero 2020, ocho tuvieron valores menores por debajo del máximo permisible (5 UNT⁵), los 4 restantes presentaron valores mayores: 24, 46, 55. Los 4 sitios muestreados en octubre 2020, 2 sitios (Quebrada Los Plancitos y quebrada los Cordoncillos) presentaron valores menores a 5 UNT y Quebrada El Caracol y Los Papelillos valores mayores: 8.92 y 12.4 UNT respectivamente.

3.2.2.2. Análisis bacteriológicos

Como indicadores microbiológicos se realizaron análisis de coliformes totales y coliformes termotolerantes (también conocidos como coliformes fecales). Para efectos del diagnóstico se describió la calidad microbiológica basada en los coliformes fecales (Mapa 10).

Para los análisis bacteriológicos se tomó únicamente el muestreo realizado por LAQUISA en octubre- noviembre 2020 con altas concentraciones de coliformes para la mayoría de los sitios (mapa 10). Los valores más altos de toda la cuenca se encuentran en la tabla 13. La mayoría de los sitios analizados están muy contaminados por coliformes fecales, entre rangos de 10 y 1000 NMP/100 mL, según la categoría mostrada en el mapa de calidad microbiológica de las aguas superficiales.

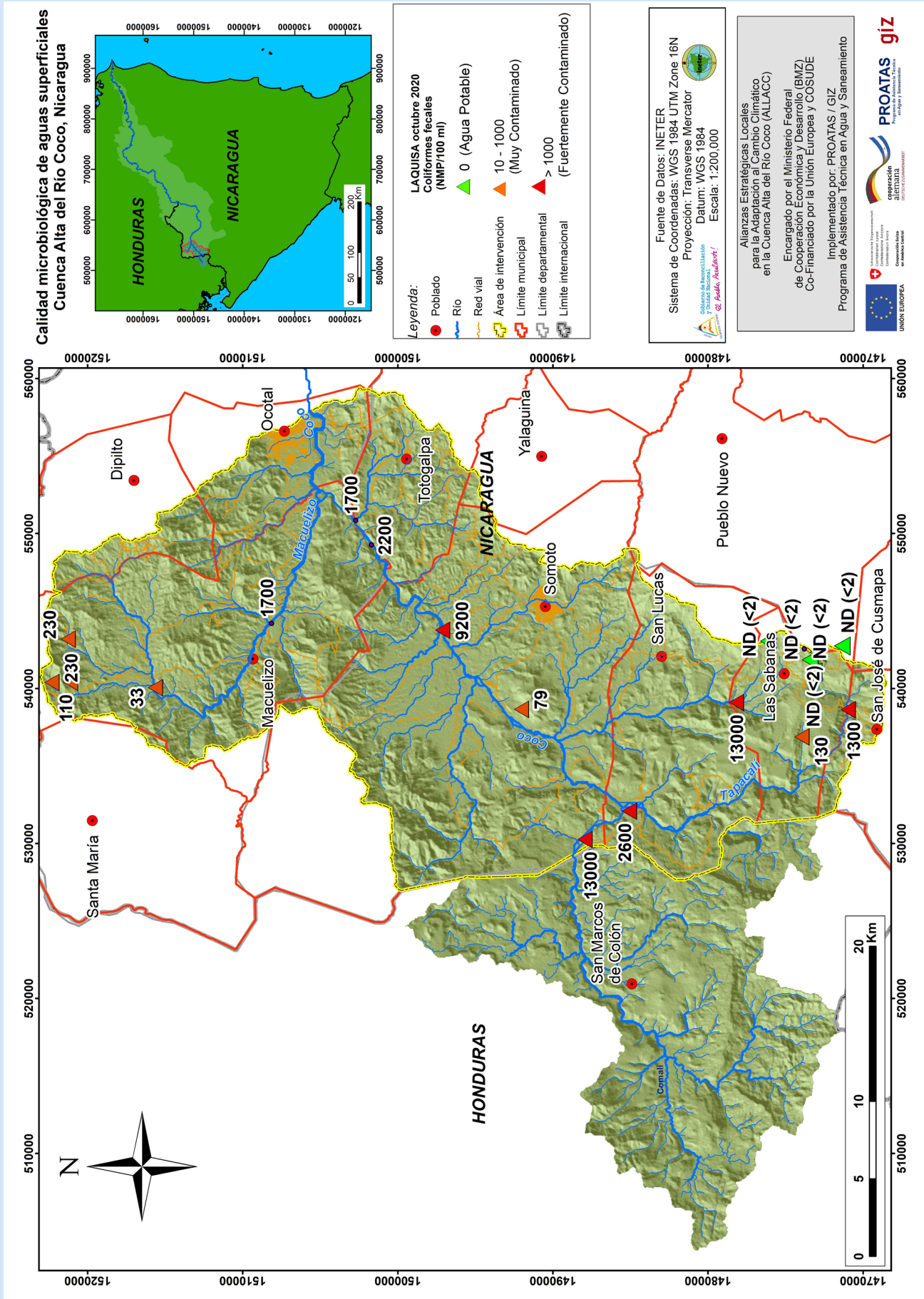
**Tabla 13:
Valores de coliformes para las aguas superficiales**

| Sitio muestreado | Valor coliformes fecales (NMP/100 mL) |
|--------------------------------|--|
| Río Siquia, Macuelizo | 1700 |
| Santa Eloísa, Macuelizo | 1700 |
| Río Coco, Totogalpa | 2200 |
| El Limón, Somoto | 9200 |
| La Papaya, Somoto | >13,000 |
| Inalí, Las Sabanas | 13,000 |

Existen 5 sitios que se encuentran libres de contaminación de coliformes fecales y se encuentran ubicados en el municipio de Las Sabanas correspondientes a las localidades de Buenos Aires, El Castillito, MAG Quebrada Honda, El Cipian - Villa El Carmen y Buena Vista.

⁵ Unidades de Turbidez Nefelométricas

Mapa 10:
 Calidad microbiológica de las aguas superficiales de la
 Cuenca Alta del Río Coco



3.2.2.3. Análisis orgánicos: plaguicidas organoclorados y plaguicidas organofosforados.

En total se analizaron 12 lugares, seleccionados en lugares con zonas de siembras dentro de la cuenca. Los resultados demuestran que ninguno de los sitios analizados mostró valores anómalos (anexo 3).

3.2.2.4. Análisis inorgánicos: metales pesados

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos de los análisis de contaminantes metálicos para 12 sitios dentro de la Cuenca Alta de Río Coco también realizados por el laboratorio de ENACAL en la misma fecha. Dentro de estos análisis se determinaron los siguientes elementos químicos: arsénico, cobre, manganeso, zinc, y plomo. Todos los resultados son dados en ($\mu\text{g. l}^{-1}$).

Los sitios analizados se muestran en la tabla 14, tratan de los ríos principales que comprenden la cuenca de estudio. Los valores de todos los análisis de contaminantes metálicos realizados en las aguas superficiales están por debajo de los rangos máximos permisibles de acuerdo con las normas CAPRE y OMS. Los valores de Arsénico varían a menos de 0.08 y 8.53 $\mu\text{g/L}$. El sitio que presentó el valor más alto se encuentra ubicado en el río Coco, localidad Santa Eloísa, sin embargo, este valor no representa peligro ya que está por debajo de las normas.

Tabla 14: Resultados de análisis de los contaminantes pesados de las aguas superficiales de la Cuenca Alta de Río Coco

| ID | ID-Lab | X | Y | Fecha | Lugar | As | Cu | Mn | Zn | Pb |
|----|-----------|--------|---------|-----------|-----------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|------|
| | | | | | | (μg. l ⁻¹) | | | | |
| 1 | ENACAL 15 | 537430 | 1492024 | 12/2/2020 | Río Coco | 4.66 | 0.05 | 0.248 | 0.016 | 0.5 |
| 2 | ENACAL 18 | 543769 | 1497109 | 12/2/2020 | Poza comunidad El Limón | 3.23 | 0.067 | 0.179 | 0.01 | 0.11 |
| 3 | ENACAL 29 | 532096 | 1485058 | 12/2/2020 | Río Tapacalí - comunidad La Playa | 0.58 | 0.059 | 0.074 | 0.011 | 0.47 |
| 4 | ENACAL 33 | 530266 | 1487924 | 12/2/2020 | Río Comalí La Papaya | 3.62 | 0.06 | 0.112 | 0.009 | 0.19 |
| 5 | ENACAL 41 | 539109 | 1478165 | 12/2/2020 | Río Inalí, El Zapote | 0.69 | 0.027 | 0.411 | 0.004 | ND |
| 6 | ENACAL 48 | 536383 | 1473936 | 12/2/2020 | Río El Caracol | 0.08 | 0.017 | 0.077 | 0.009 | 0.45 |
| 7 | ENACAL 51 | 538642 | 1470958 | 12/2/2020 | Río Tapascalí, Cusmapa | 0.25 | 0.036 | 0.067 | 0.006 | 0.28 |
| 8 | ENACAL 52 | 549275 | 1501692 | 12/2/2020 | Río Coco, Santa Eloísa | 8.53 | 0.024 | 0.183 | 0.015 | 0.3 |
| 9 | ENACAL 71 | 540229 | 1520967 | 12/2/2020 | Quebrada Los Cordoncillos | 3.45 | 0.054 | 0.057 | ND | ND |
| 10 | ENACAL 73 | 540055 | 1515614 | 12/2/2020 | Río Macuelizo, Ococona | 4.44 | 0.059 | 0.314 | ND | ND |
| 11 | ENACAL 77 | 544207 | 1508136 | 12/2/2020 | Río Macuelizo - Siquia | 7.96 | 0.079 | 0.411 | ND | 0.03 |
| 12 | ENACAL 78 | 557565 | 1504957 | 13/2/2020 | Río Coco, puente Ocotál | 6.65 | 0.057 | 0.166 | 0.012 | 0.44 |

3.3. Monitoreo de las aguas superficiales

El monitoreo de la calidad de agua superficial en la Cuenca Alta de Río Coco prácticamente no existe.

Respecto al monitoreo de la cantidad de las aguas superficiales de la cuenca, la situación es diferente, ya que en la cuenca existió la estación llamada Coco en Palmira para realizar mediciones de nivel y caudal de río con registros de 1969 hasta 1983, gracias a la medición de estos datos ha sido posible la estimación de cálculo de balance hídrico descrito en este diagnóstico. También está la estación hidrométrica "Coco en Ocotál", localizada en el cierre de la cuenca en el puente en Ocotál, la cual pertenece al INETER. Dicha estación ha registrado datos de nivel de río desde 2009 hasta la actualidad, con periodos de medición discontinuas por ajustes en la calibración del equipo.

- Actualmente la mayoría de las aguas superficiales de la Cuenca Alta de Río Coco no tienen la calidad deseada y necesitan tratamiento para ser usadas como agua potable.
- La calidad de las aguas superficiales tiene solamente contaminaciones bacteriológicas provocadas por coliformes totales y fecales que en algunos puntos fueron comprobadas en altas concentraciones.
- El monitoreo cualitativo de las aguas superficiales en la Cuenca Alta del Río Coco es deficiente. No existe una estrategia o plan de monitoreo ni una rutina establecida.
- Existen las capacidades técnicas para el monitoreo hidrométrico (caudal y nivel), sin embargo, todavía faltan las capacidades institucionales para mantener el ritmo de campañas locales para recopilar los datos requeridos.

4. Agua Subterránea

4.1. Acuíferos y su potencial

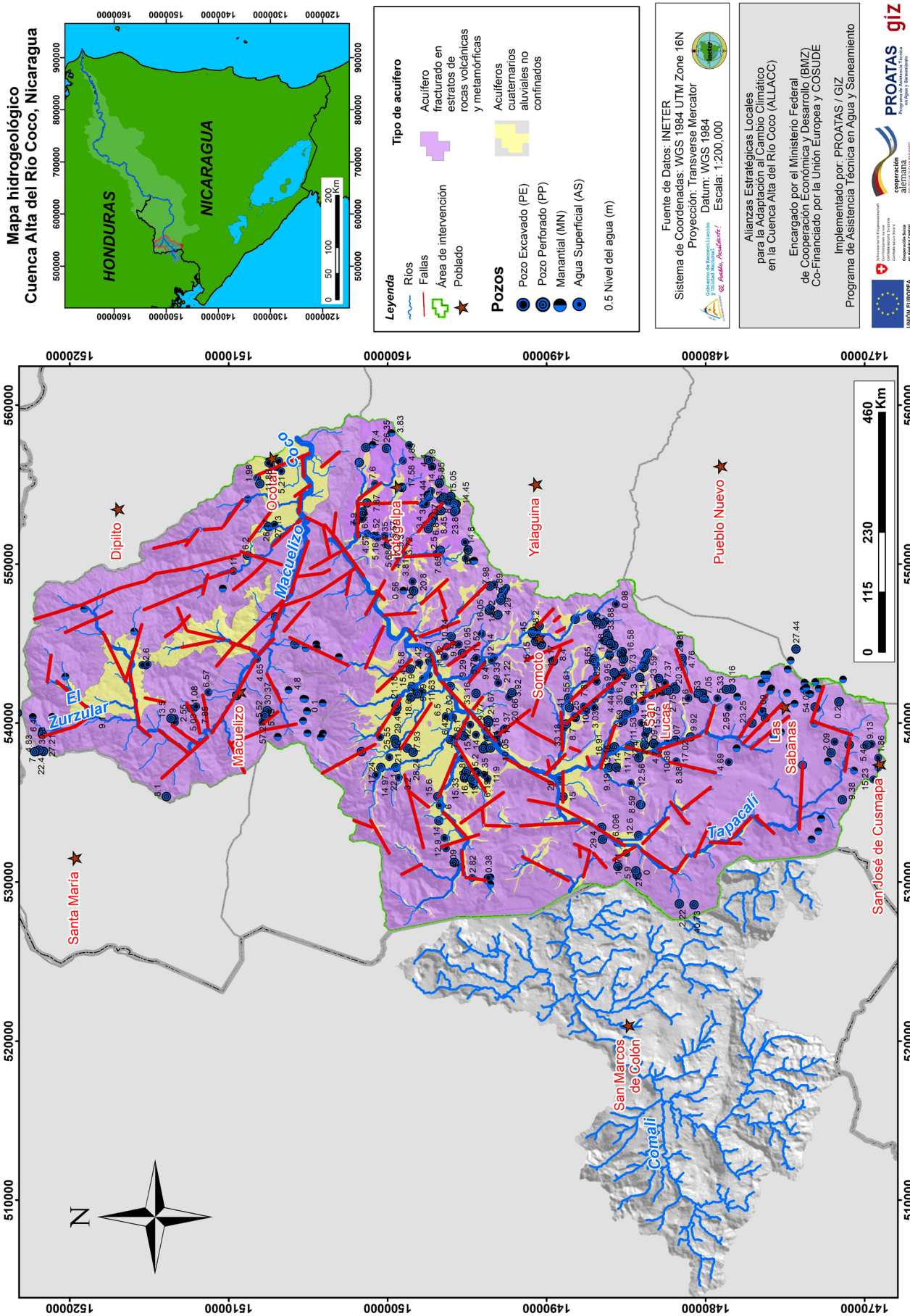
De modo general existen solamente dos tipos de acuíferos en la parte alta del río Coco:

4.1.1 Acuíferos cuaternarios aluviales no confinados

En los depósitos superficiales dispersos que se engranan con los depósitos de terrazas que acompañan los ríos y arroyos. En el mapa geológico estos son depósitos aluviales y coluviales cuaternarios. La capacidad de infiltración de estos sedimentos fluviales es de media a alta, en algunos casos tienen espesores grandes de arena y grava. Su espesor varía entre pocos metros - hasta un máximo de 40 m. Por otro lado, las capas cuaternarias pueden formar un acuífero intersticial con una capacidad de almacenamiento de agua muy reducido. La mayoría de los pozos excavados equipado con bombas manuales (sistema bomba de mecate) están establecidos en este acuífero.

Basado en una revisión de la capa aluvial dentro del mapa hidrogeológico se puede estimar una extensión de 64 km² ubicada en la zona central de la cuenca. Si bien puede interpretarse como una zona grande con posible potencial de acuífero, todavía los datos no son suficientes para definir las características hidráulicas de la zona. Por otro lado, esta área se encuentra bajo zona frecuente de inundación por todos los meandros del río Coco. También hay áreas importantes de material coluvial en la parte norte de la cuenca en la comunidad de Ococona, Macuelizo y la planicie de Ocotal y sus alrededores, estas zonas de formación de aluvial está vinculada con la presencia de zonas de fallas y fracturas (ver mapa 11).

Mapa 11:
Tipos de acuíferos de la Cuenca Alta del Río Coco



4.1.2 Acuíferos fracturados en estratos de rocas volcánicas y metamórficas

En la parte sur y central de la CARC denominan las rocas volcánicas andesíticas y tobáceas que han sido sometidas a presiones tectónicas resultando en acuífero fracturado donde el agua circula en fallas y fisuras. El potencial hidráulico de este acuífero parece ser importante, documentado por algunos pozos perforados en el campo de Somoto con rendimientos altos que constituyen la espina dorsal del suministro de agua de ENACAL en la cuenca. Los 4 pozos más importantes que abastecen la ciudad de Somoto se encuentran comunidad El Guayabo y Aguas Calientes en zonas de fallas de andesitas en combinación con estratos aluviales en la parte superior, que permite tener acuífero no confinado que a su vez favorece directamente la recarga en esta zona (pozos 49, 50, 51, y 52 en mapa 11). El espesor de este acuífero para la zona de El Guayabo comprende entre 40 y 60 m con aproximadamente 270 m³/d, interpretándose su ubicación en buenos acuíferos cuando se encuentran zonas de fallas que almacenan cantidades importantes de aguas subterráneas.

Por otro lado, las andesitas afloran en una franja que se extiende desde la sierra de Tepesomoto entre Totogalpa y San Lucas en dirección de Somoto y hacia el río Coco, generando pocas posibilidad de formación de acuíferos, principalmente en comunidades de Totogalpa: El Jobo, Buena Vista, Mango Solo y Maysura cuentan con pozos excavados y perforados que solo producen entre 30 y 75 l/d. Entre el límite de Somoto y San Lucas en las comunidades de Quebrada de Agua, Mancico, La Grama los pozos pueden alcanzar espesores entre 20 y 40 m también con una producción de hasta 2 m³/d. Al noroeste del río Coco y en el resto de la cuenca las andesitas subyacen bajo la cobertura de ignimbritas. Esto significa, que, en la mayor parte de la cuenca, el acuífero andesítico comprende una cobertura de capas extensas, mayormente compuesto de ignimbritas, tobas, escorias e intercalaciones félsicas de poco espesor y extensión. Debido al perfil longitudinal del mapa geológico, esta cobertura tiene un espesor entre 100 - 300 m. Para poder aprovechar este tipo de acuífero, las perforaciones tienen que tocar exactamente una de las fallas o fracturas del acuífero que presentan las zonas de alta conductividad de agua subterránea.

La parte norte de la cuenca todo lo que incluye el municipio de Macuelizo y Ocotal predominan rocas metamórficas e intrusivas, este tipo de rocas solo puede permitir el almacenamiento de agua a través zonas de fallas y en su mayoría hay solo hay formación de pequeños manantiales.

Existen dos tipos de acuíferos en la parte alta del río Coco:

1. Acuíferos cuaternarios aluviales no confinados
2. Acuíferos fracturados en estratos de rocas volcánicas y metamórficas

4.2. Estado actual cualitativo y cuantitativo

4.2.1. Estado actual cuantitativo

Debido a la situación hidrogeológica descrita anteriormente, las reservas de agua subterránea de los acuíferos son muy limitadas, con excepciones que confirman la regla. Algunos de los acuíferos acoplados a zonas de fallas fuertes y profundas y sistemas de fracturas pueden tener una alta productividad, mientras que otros son muy limitados y se agotan rápidamente en la estación seca. Los pozos en los acuíferos aluviales solo tienen mayor rendimiento en la parte inferior de la CARC.

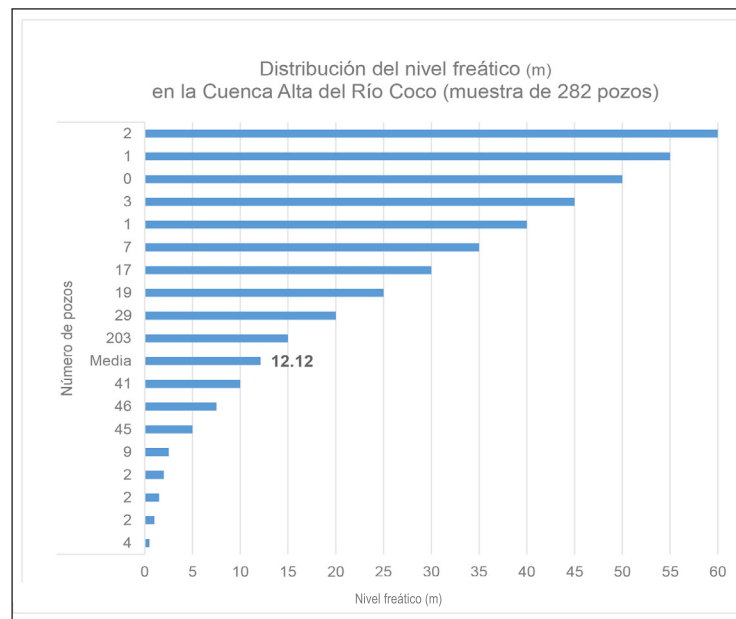
4.2.1.1. Inventario de pozos y su productividad

El nivel estático del agua (NEA) de un pozo (observado = sin explotación) varía durante el año, llegando a su máximo al fin de la estación lluviosa y su mínimo al fin de la estación seca y varía también por efectos en la diferencia de recarga de agua subterránea subsiguiente a años lluviosos o secos.

La profundidad del nivel de agua en un pozo depende sobre todo de la elevación (m.s.n.m.) del pozo. De una manera general la profundidad del NEA en la cuenca varía entre unos pocos metros hacia una máxima de 60 m. Dentro del levantamiento de la línea base en 2019, INETER realizó dos giras de inventario de fuentes de agua subterránea que incluyeron 423 pozos excavados, perforados y manantiales. En la primera gira en julio 2019 solo se logró medir la profundidad del nivel estático del agua en 283 pozos (ver anexo 6). Luego en diciembre del mismo año se realizó una segunda gira de monitoreo de 123 pozos donde se logró medir la profundidad de los niveles estáticos de 85 pozos.

De acuerdo con registros de 282 pozos excavados y perforados medidos en julio 2019, la profundidad de los niveles freáticos de las aguas subterráneas tiene nivel mínimo de 0.38 m y un máximo de 57.27 m, con un promedio de 12.12 m (203 pozos) (figura 26).

Figura 26: Distribución de la profundidad del nivel freático (m) en la Cuenca Alta de Río Coco



Los datos obtenidos durante el monitoreo de niveles realizado en diciembre 2019 muestran que los acuíferos localizados en la cuenca presentaron rangos mínimos en los niveles del agua que variaban de 1.25 m a 8.45 m, con promedios entre 8.13 m a 14.51 m, máximo de 9.10 m a 45.00 m y en los pozos que se encuentran en los acuíferos fracturados con un mínimo de 0.98 m, el máximo 59.85 m y el promedio de 12.25 m.

Para determinar el potencial de almacenamiento, aprovechamiento y consumo de los acuíferos es imperativo determinar las características hidráulicas de los pozos perforados. Según la información antecedente en la base de datos de ENACAL y sus pozos perforados, se tiene pruebas de bombeo de 7 de donde se obtienen los registros de caudal y rendimiento específico (tabla 15).

Tabla 15: Información disponible de los pozos perforados de ENACAL Somoto

| Nombre | Coordenadas | | Ubicación | Profundidad (m) | Caudal bombeo (m ³ /h) | NE ⁶ (m) | ND ⁷ (m) | Rendimiento específico (l/s/m) | Bombeo (h/d) | Volumen (m ³ /d) |
|------------------|-------------|---------|-----------|-----------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|
| | Este | Norte | | | | | | | | |
| Pozo #7 Santiago | 545631 | 1490871 | Somoto | 105.6 | 72.7 | 36 | 37.9 | 10.5 | 19 | 1,380.8 |
| Copales #2 | 541799 | 1488530 | Somoto | 99.0 | 34.1 | | | | 0 | 0.0 |
| Copales #3 | 541568 | 1488616 | Somoto | 99.0 | 68.1 | 53.8 | 57 | 5.9 | 20 | 1,362.6 |
| Copales #4 | 540971 | 1488568 | Somoto | 99.0 | 45.4 | 43 | 45.9 | 4.4 | 20 | 908.4 |
| Guayabo #5 | 536382 | 1489178 | Somoto | 115.5 | 18.2 | 30 | 35 | 1.0 | 22 | 399.7 |
| Guayabo #10 | 535384 | 1488962 | Somoto | 99.0 | 27.3 | 33 | 37 | 1.9 | 22 | 599.5 |
| Aguas Calientes | 752970 | 1484860 | Somoto | 99.0 | | 44 | 66 | 0.1 | 20 | 227.1 |

Los datos de la tabla arriba han sido en su totalidad de los pozos que se encuentran localizados hacia el sur de Somoto. Las características de los pozos varían de acuerdo con su localidad y su correspondiente medio hidrogeológico, que está controlado por las fallas geológicas y el medio aluvial de la zona, los datos de la profundidad de nivel de agua varían de 30 a 53 m, los otros datos de las características hidráulicas de los esos pozos no se encuentran disponibles. Los caudales de bombeo mayores son del pozo #7 Santiago y Copales #3 que se encuentran en la ciudad de Somoto, para este tipo de acuífero aluvial los caudales normalmente esperados son entre 20 hasta 80 m³/h.




Adicionalmente, 15 pozos tienen datos de pruebas de bombeo donde se obtienen los registros de transmisividad y conductividad hidráulica. Solo dos pozos tienen altos valores de transmisividad de 2,873 m²/día y 1676.43 m²/día con una conductividad hidráulica de 68.37 y 65.48 m/d respectivamente, ubicado uno en Somoto y otro en Ocotal. Los otros 13 pozos tienen valores bajos de transmisividad y conductividad hidráulica, correspondientes a valores de acuíferos poco permeables, en esto caso con permeabilidad secundaria originada por almacenamiento a través de fallas y fracturas de rocas impermeables (tabla 16).

⁶ Nivel estático

⁷ Nivel dinámico

Tabla 16: Pozos perforados con información disponible de características hidráulicas de la CARC

| Item | X | Y | Tipo | Municipio | T m ² /día | K (m/d) |
|------|--------|---------|------|-----------|-----------------------|---------|
| 1 | 545650 | 1489850 | PP | Somoto | 110.18 | 1.35 |
| 2 | 554700 | 1500700 | PP | Ocotal | 16 | sd |
| 3 | 554900 | 1495850 | PP | Ocotal | 16.13 | 0.35 |
| 4 | 534500 | 1489150 | PP | Somoto | 163.87 | 4.72 |
| 5 | 555350 | 1507250 | PP | Ocotal | 1,676.43 | 65.48 |
| 6 | 546000 | 1491800 | PP | Somoto | 2,872.87 | 60.27 |
| 7 | 536100 | 1489130 | PP | Somoto | 31.48 | sd |
| 8 | 574580 | 1508020 | PP | Ocotal | 46.43 | 1.26 |
| 9 | 537450 | 1437800 | PP | Macuelizo | 47.31 | 0.44 |
| 10 | 538800 | 1470800 | PP | Macuelizo | 57.73 | 68.37 |
| 11 | 535350 | 1489050 | PP | Somoto | 65.06 | 1.89 |
| 12 | 536750 | 1489200 | PP | Somoto | 69.84 | 60.27 |
| 13 | 535050 | 1489100 | PP | Somoto | 71.54 | 2.02 |
| 14 | 537500 | 1437700 | PP | Macuelizo | 72.24 | 0.67 |
| 15 | 537400 | 1437500 | PP | Macuelizo | 8.2 | 0.19 |

-  Los 282 pozos excavados y perforados investigados explotan zonas de fracturas con una combinación de acuíferos aluviales con localidades, la profundidad de los niveles freáticos de las aguas subterráneas tiene nivel mínimo de 0.38 m y un máximo de 57.27 m, con un promedio de 12.12 m.
-  El tipo de hidrogeología de la cuenca no permite las conexiones hidráulicas entre los acuíferos presentes en la cuenca, impiden la elaboración de un mapa de superficie piezométrica respecto al nivel del mar.
-  El espesor y la productividad de los dos acuíferos presentes en la cuenca es muy variable, pudiendo encontrarse desde 2 a 50 m de espesor, esto depende mucho de la localidad y el tipo de acuífero. Sin embargo, para la mayor parte de la cuenca donde se localizan pozos excavados los espesores no sobrepasan los 3 m. La producción de los pozos excavados y perforados puede ser desde 3.4 hasta 100 m³/h.

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

La determinación del estado actual cualitativo de las aguas subterráneas se basó en los resultados de los muestreos correspondientes a los análisis químicos realizados, llevados a cabo en dos laboratorios especializados: Laboratorio químico ENACAL de Estelí y Laboratorio Químicos S.A (LAQUISA) en dos diferentes períodos: el primer comprendido en febrero 2020 y luego en octubre y noviembre 2020. Cabe señalar que los identificadores utilizados para nombrar los sitios donde se realizaron los análisis químicos están diferenciados por el tipo de laboratorio donde se analizó la muestra y no identifican necesariamente pozos pertenecientes a Enacal, dentro de las fuentes seleccionadas se incluyeron todos tipos de pozos.

Los parámetros físico - químicos más importantes para evaluar la calidad de las aguas de los pozos en la cuenca fueron: nitritos, nitratos, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (SDT) y turbidez (anexo 4). Se realizaron análisis físico - químicos y bacteriológicos en 67 puntos de muestreo: 62 realizados por ENACAL en febrero 2020 y un muestreo complementario realizado por LAQUISA en 5 sitios, con el propósito de evaluar el carácter hidroquímico de la cuenca.

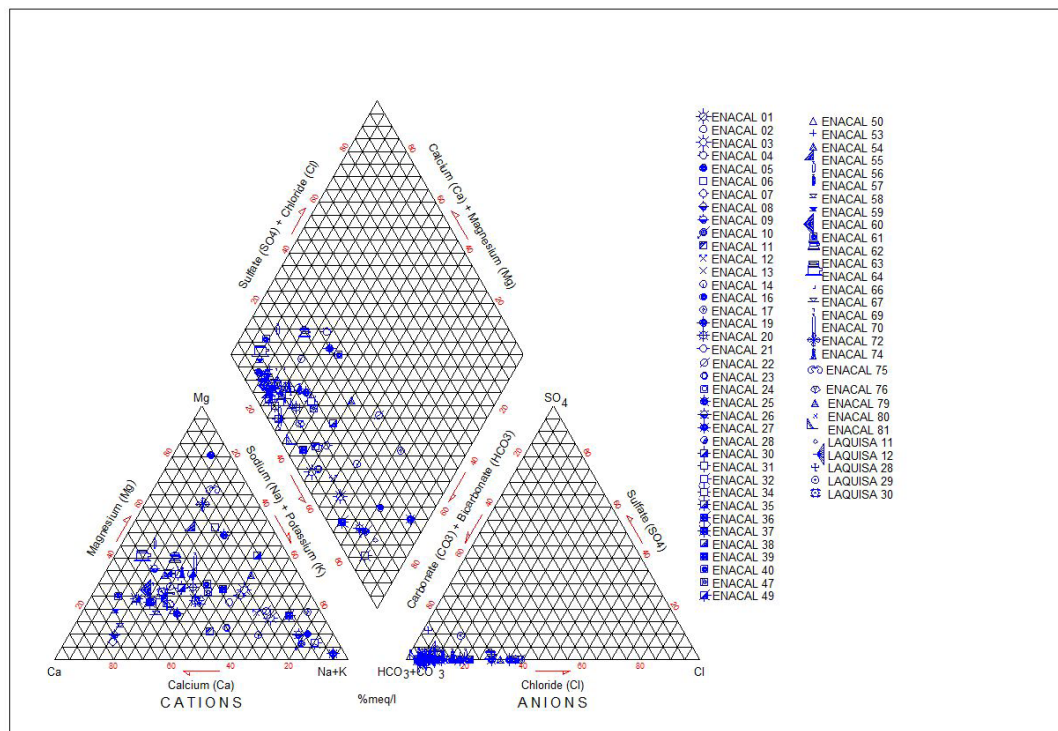
La calidad microbiológica se determinó mediante el análisis de 31 pozos perforados y excavados distribuidos en toda la zona de estudio. Los contaminantes orgánicos y metálicos también fueron analizados en sitios estratégicos dentro de la cuenca, donde se realizaron 62 pruebas para contaminantes metálicos y 10 para determinación por contaminación por plaguicidas.

4.2.3. Análisis fisicoquímicos:

4.2.3.1. Carácter hidroquímico del agua subterránea

La composición hidroquímica del agua subterránea, de acuerdo con los resultados de los análisis de los muestreos realizados en febrero y octubre de 2020, es mostrada en el siguiente diagrama. Esta composición determina un carácter hidroquímico es bicarbonatado magnésico cálcica, algunos sitios determinaron incluso un agua un poco más sódico potásico (diagrama 2). Los resultados completos de los análisis físico - químicos de las aguas subterráneas se muestran en el anexo 4.

Diagrama (2) de Piper de las aguas subterráneas de CARC



Parámetros fisicoquímicos

La conductividad eléctrica de las aguas subterráneas para 2020 varía de 98.7 a 2530 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), el valor más alto es un pozo excavado localizado en la ciudad de Ocotál y el segundo valor más alto se localiza en la comunidad El Cascabel en Somoto (anexo 4).

La temperatura del agua subterránea está en un rango de 22.1 a 29.8 °C, con un promedio de (23.28°C) dentro del rango recomendable para consumo humano y es similar a la temperatura media anual en la cuenca. Los resultados para los valores de pH varían de 5.93 y 7.8 (promedio de 7.28), indicador de aguas de acidez intermedia.

La turbidez de 67 las 68 muestras de aguas subterráneas tienen valores menores a la norma: 5 unidades nefelométrica de turbidez (UNT), solo en la captación manantial en el sitio La Pila en Quebrada Honda, Las Sabanas se obtuvo un valor mayor (9.31 UNT).

Sesenta y tres análisis del parámetro nitrato para ambos periodos de medición muestran concentraciones por debajo del límite permisible según la norma CAPRE, solo 4 pruebas obtuvieron valores de 54.17 a 68.28 mg/l que corresponden a pozos perforados ubicados en Somoto y San Lucas.

4.2.3.2. Análisis bacteriológicos:

Para ilustrar los resultados de los análisis bacteriológicos realizados en octubre y noviembre 2020, se elaboró un mapa donde se muestra los valores de los coliformes fecales presentes en las 31 muestras de las aguas subterráneas. Los grados de contaminación que muestra el mapa de calidad microbiológica son diferentes y están en dependencia de los rangos de valores encontrados (mapa 12).

Los resultados de los dos muestreos indican que la mayoría de los pozos excavados se encuentran contaminados por coliformes tanto totales como termotolerantes, aunque con distintos grados de contaminación.

La mayoría de los pozos (25), muestran valores medios a fuertemente contaminados por coliformes fecales. En la tabla 17 se muestran los datos de 8 sitios con los valores más altos. Por otro lado, en el muestreo realizado en octubre se encontraron cinco pozos ubicados en el municipio de Somoto: Santa Teresa, El Naranjo, El Zapotillo, Tamarindo y Sonis y una captación del manantial Las Ahogadas, Las Sabanas con valores menores a 0 NMP/100 ml, los cuales todavía se pueden considerar aguas de buena calidad para consumo humano.

Tabla 17: Valores más altos de coliformes para las aguas subterráneas

| Sitio muestreado | Valor coliformes fecales (NMP/100 mL) |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Pozo excavado, Ocotal | 540,000 |
| Pozo excavado, Portillo Macuelizo | 79000 |
| Pozo excavado, El Higuaje, Somoto | 23,000 |
| Pozo excavado San Luis, Somoto | 1,000 |
| Pozo excavado Matasano, San Lucas | 1,000 |
| Pozo excavado Santa Rosa, Somoto | 1,000 |
| Manantial, El Higuito, Las Sabanas | 1,000 |
| Manantial, Matapalo, Las Sabanas | 1,000 |

Por lo general, los pozos contaminados son pozos excavados privados o pozos perforados comunitarios, que se encuentran expuestos a contaminación con material fecal humana o de animales, porque no cuentan con ningún tipo de protección o alguna medida de tratamiento de agua.

Las fuentes de contaminación de los pozos se deben a la defecación al aire libre realizada por la población y/o falta de medidas de higiene en la manipulación durante la extracción del agua en la fuente de agua.

4.2.3.3. Análisis orgánicos: plaguicidas organoclorados y plaguicidas organofosforados,

Se analizaron 10 muestras (4 pozos perforados, 1 excavados, 5 captaciones de manantiales), durante febrero 2020 por ENACAL y LAQUISA y los resultados de los pozos analizados demuestran que no se detectaron valores de contaminación por plaguicidas.

4.2.3.4. Análisis inorgánicos: metales pesados

Se realizaron por el laboratorio de ENACAL análisis químicos a 62 sitios que comprenden pozos perforados, excavados y captaciones por manantial en febrero 2020. Luego en noviembre del mismo año se hizo 4 pruebas adicionales para metales pesados de arsénico y mercurio. Dentro de estos análisis se determinaron los siguientes elementos químicos: arsénico, cobre, manganeso, zinc, y plomo. Todos los resultados son dados en ($\mu\text{g.l}^{-1}$) y se muestran en anexo 5.

El valor máximo admisible de la norma CAPRE para todos los metales pesados arriba mencionados es de $10\mu\text{g/L}$. De los 62 sitios del primer muestreo realizado, solamente 5 se encuentran por encima de la norma CAPRE y se trata de 3 pozos perforados (El Chinchal, El Naranjo, San José de Icalupe), 1 captación de manantial (El Higuito) y 1 pozo excavado (El Portillo Grande). Los 4 sitios complementarios que fueron realizados por laboratorio LAQUISA se obtuvo valores menores al límite de detección.

- 💧 Las aguas subterráneas poco profundas en los alrededores de las aldeas, cascos urbanos y de los ríos contaminados por coliformes no son aptas para el consumo humano sin tratamiento previo.
- 💧 Las aguas subterráneas también muestran las mismas contaminaciones bacteriológicas provocadas por coliformes fecales al igual que las aguas superficiales.

4.3. Monitoreo de las aguas subterráneas

En la Cuenca Alta de Río Coco no existe una rutina de monitoreo de los recursos hídricos subterráneos. Hasta la fecha el monitoreo de calidad y cantidad de los pozos está determinado por estudios puntuales realizados por INETER en diferentes años. En este punto existe más información relacionada a la calidad de agua de 413 fuentes subterráneas que realizó ENACAL en años puntuales 2015, 2016 y 2017, el monitoreo estuvo enfocado a fuentes utilizadas solo para consumo humano.

Se cuenta además con datos puntuales de análisis químicos realizados en 20 fuentes subterráneas (pozos excavados y perforados) de la cuenca de río Tapacalí en 2014. En el proyecto para la subcuenca de Inalí se realizó mayormente análisis bacteriológico a 70 fuentes de aguas mayormente pozos excavados y perforados ambos muestreos fueron realizados en el marco del proyecto plan de manejo y gestión integral subcuenca del río Tapacalí realizado con las alcaldías y la Cruz Roja Nicaragüense.

5. Consumo y Demanda

Para determinar la demanda de agua en la cuenca se debe tener en cuenta los consumos por la población urbana y la población rural, además de las necesidades del recurso hídrico para el uso agrícola y pecuario.

5.1. Consumo y demanda de agua potable

Se encuentran 127 asentamientos poblacionales, 6 son cabeceras municipales y 120 comunidades de los 7 municipios atendidos. Para ello el abastecimiento lo realizan 3 tipos de proveedores; en 4 cabeceras municipales el abastecimiento lo realiza ENACAL (Ocotal, Somoto, Totogalpa y San José de Cusmapa), en 3 cabeceras municipales el abastecimiento lo realizan las municipalidades (Las Sabanas, San Lucas y Macuelizo), 52 comunidades tienen sistemas de agua de mayor complejidad (MABE, MAG, o sistemas combinados MAG-MABE) administrados por CAPS y 62 comunidades no cuentan con sistemas de mayor complejidad para abastecerse, lo hacen de pozos comunales o fuentes de agua privadas.

El consumo del agua potable en CARC se determinó basado en los registros de fuentes que se tienen de ENACAL, del levantamiento propio realizado por el programa en los sistemas de mayor complejidad administrados tanto por las alcaldías como los administrados por los CAPS, la información levantada por el SIASAR y las proyecciones de consumo por pozo, que establece la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON) 09 007-19 Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.

En la tabla 18, el municipio que tiene un mayor consumo de agua potable es Somoto, está en 237 lppd promedio, aunque si el sistema provee una dotación superior a la norma, no es necesariamente lo que la población recibe de agua por las pérdidas de agua que tiene el sistema superior al 30%. De manera general todos los municipios presentan una brecha superior al 50% en el abastecimiento a las comunidades rurales.

Tabla 18: Oferta real vs consumo de agua potable en la Cuenca Alta del Río Coco

| Municipios | Población Actual habitantes | Dotación según NTON (lppd) | Dotación real (lppd) | Demanda anual nominal MMC/A | Oferta real anual MMC/A | Deficit anual oferta / demanda MMC/A |
|--|-----------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Las Sabanas | 5,162 | | | 0.17 | 0.09 | -0.08 |
| Urbano | 1,128 | 130 | 92 | 0.05 | 0.04 | -0.02 |
| Rural | 4,034 | 80 | 38 | 0.12 | 0.06 | -0.06 |
| Macuelizo | 4,673 | | | 0.14 | 0.09 | -0.05 |
| Urbano | 283 | 130 | 144 | 0.01 | 0.01 | 0.00 |
| Rural | 4,390 | 80 | 46 | 0.13 | 0.07 | -0.05 |
| San José de Cusmapa | 2,419 | | | 0.10 | 0.09 | -0.01 |
| Urbano | 1,629 | 130 | 136 | 0.08 | 0.08 | 0.00 |
| Rural | 790 | 80 | 25 | 0.02 | 0.01 | -0.02 |
| San Lucas | 15,526 | | | 0.48 | 0.25 | -0.23 |
| Urbano | 1,570 | 130 | 110 | 0.07 | 0.06 | -0.01 |
| Rural | 13,956 | 80 | 37 | 0.41 | 0.19 | -0.22 |
| Somoto | 28,010 | | | 1.39 | 1.77 | 0.38 |
| Urbano | 19,597 | 160 | 237 | 1.14 | 1.70 | 0.55 |
| Rural | 8,413 | 80 | 23 | 0.25 | 0.07 | -0.17 |
| Totogalpa | 6,860 | | | 0.24 | 0.16 | -0.09 |
| Urbano | 2,430 | 130 | 115 | 0.12 | 0.10 | -0.01 |
| Rural | 4,430 | 80 | 34 | 0.13 | 0.05 | -0.08 |
| Ocotal | 47,701 | | | 2.91 | 2.39 | -0.52 |
| Urbano | 47,701 | 167 | 137 | 2.91 | 2.39 | -0.52 |
| Total general | 110,351 | | | 5.44 | 4.83 | -0.61 |
| MMC/A: Millones de metros cúbicos por año | | | | | | |
| lppd: litros por persona por día | | | NTON: Norma técnica obligatoria nicaragüense | | | |

De manera general todos los municipios presentan una brecha superior al 50% en el abastecimiento a las comunidades rurales. Según se aprecia en la tabla 18, el déficit de agua potable es de aproximadamente 0.92 MMC/A en los 127 asentamientos poblacionales de CARC, siendo Ocotal, San Lucas, Totogalpa y Las Sabanas, los municipios con el mayor déficit.

Es importante reflejar, que en el consumo se consideran los volúmenes de explotación en las fuentes, por tanto, no necesariamente es la cantidad de agua que llega a los pobladores; ya que el agua no contabilizada por pérdidas en las redes reduce la cantidad de agua disponible para dichos pobladores.

Cabe mencionar que si bien la demanda de agua en la ciudad de Ocotal está parcialmente abastecida por el río Dipilto, y este cuerpo de agua no pertenece a la unidad hidrográfica sujeta de este estudio; se han incorporado

los datos de consumo de su población porque esta si se encuentra dentro de la cuenca y su demanda de agua debe de incorporarse dentro del balance para así determinar si dicha demanda puede ser abastecida por la disponibilidad del agua en la cuenca.

Otro factor para incluir el consumo es que no está claro si el abastecimiento con la fuente actual será continuo a largo plazo; puesto que existen problemas para cubrir el total de la demanda de la población durante la época seca.

Continuando con el impacto de las pérdidas de agua, un ejemplo claro se observa en los valores de agua potable de Somoto. Según los registros históricos de agua no facturada es del orden del 30%, esto significaría un volumen de 0.565 MMC/A, esto explica los problemas que enfrenta ese sistema para poder abastecer a sus usuarios.

Esta situación también se registra en los acueductos rurales, donde la situación se vuelve crítica debido a que el control de pérdidas no es una actividad continua como la que se da en los sistemas administrados por ENACAL.

En la tabla 19 se muestran los valores diferenciados de consumo humano determinado por la producción de las fuentes derivados de la tabla 18 y del anexo 7, esta diferenciación es necesaria para determinar el balance hídrico de las aguas superficiales y subterráneas descritos a continuación en el capítulo 6.

Tabla 19 : Consumo de agua potable de la CARC

| OFERTA (PRODUCCIÓN DE LAS FUENTES) | (MMC/A) ⁸ |
|------------------------------------|----------------------|
| Consumo humano agua superficial | 2.53 |
| Consumo humano agua subterráneo | 2.30 |
| TOTAL | 4.83 |

El análisis de la demanda se realizó desde tres ámbitos, el primero en función de quién es el prestador de servicio a dichos centros poblacionales, la segunda desde el punto de vista de la dotación nominal exigida por la NTON actualizada en el año 2021 para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable a las poblaciones en el país y tercero en función de los sistemas de agua o formas con que se abastecen.

⁸ en Millones de Metros Cúbicos Anuales

Para el cálculo de la demanda en función de la dotación nominal, se trabajó en base a la actualización de la NTON 09 007 - 19, Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, la cual establece entre sus rangos las siguientes dotaciones aplicables para las poblaciones asentadas en CARC.

- ✓ Poblaciones concentradas mayores que 20,000 habitantes (Ocotal), se utiliza la fórmula y la dotación resultante es 167 lppd
- ✓ Poblaciones menores de 20,000 habitantes, dotación de 160 lppd
- ✓ Poblaciones concentradas menores que 5,000 habitantes, dotación de 130 lppd
- ✓ Poblaciones rurales, dotación de 80 lppd
- ✓ Poblaciones abastecidas por pozos, dotación 20-30 lppd

Con estos valores y haciendo una proyección de población al año 2020, utilizando las tasas de crecimiento determinadas por INIDE, tenemos que los resultados de la demanda de agua potable de la CARC son 4.83 MMC/A.

5.2. Consumo del sector agrario

Para efectos de estimar los volúmenes de agua utilizados, en los sistemas de producción agrarios se han analizado los datos suministrados por INETER. Estos corresponden a las áreas de cultivo bajo riego, identificadas durante el ciclo agrícola 2018 - 2019.

Las cifras suministradas rondan las 204.3 hectáreas de hortalizas (principalmente tomate, cebolla y chiltoma). Una relación entre los diferentes cultivos irrigados, por municipio, se puede apreciar en la tabla 20.

Tabla 20: Distribución de áreas bajo riego en la cuenca, por municipio, en el periodo 2018 - 2019.

| Municipio | Área bajo riego (ha) | % |
|---|----------------------|-------------|
| Macuelizo | 8.43 | 4% |
| Somoto | 182.91 | 90% |
| San Lucas | 11.10 | 5% |
| Las Sabanas | 1.86 | 1% |
| Total | 204.30 | 100% |
| Fuente: Elaboración propia, en base a datos suministrados por INETER | | |

Ya que no se dispone de datos sobre caudales y frecuencia de riego para estimar la demanda de agua, se parte del supuesto que, si las diferentes especies de hortalizas plantadas lograron completar su ciclo de desarrollo productivo y llegar a cosecha, se les suministró, como mínimo, el volumen de agua requerido por el cultivo, ya que, de otra forma, la falta de éste hubiera afectado gravemente su fisiología, por estrés hídrico.

Así, para establecer el volumen de agua utilizado para riego, se utilizó el método de Penman-Monteith, ampliamente divulgado por FAO y universalmente utilizado, como el procedimiento estándar, para determinar las necesidades de agua de los cultivos.

Este procedimiento considera la Evapotranspiración del cultivo (**ETcultivo** ó **ETc**) como las pérdidas diarias de humedad en la superficie del suelo, por evaporación directa; junto con la pérdida de agua por transpiración, desde la vegetación, expresada en mm/día.

Este cálculo se logra multiplicando la Evapotranspiración de un cultivo de referencia (**ETo**) por un coeficiente específico para cada cultivo, en fases diferenciadas de crecimiento: fase inicial, después de la siembra; fase de desarrollo; fase media; y fase final, cuando inicia su maduración, hasta llegar a cosecha:

$$ETc = Kc \times ETo.$$

Además, se ha considerado también para tal cómputo, el índice de eficiencia del sistema de riego por aspersión⁹ (por ser el más comúnmente utilizado en la cuenca), con el fin de reparar en las pérdidas por impulsión, conducción y distribución, en que generalmente se incurre, al operar este tipo de sistemas (20%)¹⁰.

Considerando entonces, que en promedio el valor aproximado de Evapotranspiración respecto a un cultivo de referencia (**ETo**), en la cuenca es de 5.6 mm/día y que para la mayoría de los cultivos bajo riego, reportados en la cuenca (cebolla, chiltoma y tomate), el Coeficiente de Cultivo (**Kc**), en promedio, fluctúa entre 0.73 y 1.05 para la Fase de Desarrollo y Fase Media, que es el período donde las diferentes especies de hortalizas, alcanzan los mayores requerimientos de riego (ver tabla 21), se obtiene que, para suplir las necesidades de agua, en una hectárea de hortalizas bajo riego, se debe aplicar al menos 4.98 mm/día:

$$ETc = ETo \cdot kc$$

⁹ La eficiencia del riego es la relación, entre el volumen de agua efectivamente utilizado por los diferentes tipos de cultivos y el volumen total suministrado, durante las aplicaciones de riego.

¹⁰ Según FAO, 2008: El Desarrollo del Micro riego en América Central. Oportunidades, Limitaciones y Desafíos. Factores que se deben considerar para seleccionar el riego adecuado.

Donde:

$$ET_o = 5.6 \text{ mm/día}$$

$$k_c = 0.89$$

$$ET_c = 4.98 \text{ mm/día}$$

Tabla 21: Coeficientes de Cultivo (Kc), para principales hortalizas, cultivadas en la cuenca.

| Cultivo | Kc, por Fase del Cultivo | | | |
|----------|--------------------------|------------|-------|-------|
| | Inicial | Desarrollo | Media | Final |
| Cebolla | 0.50 | 0.75 | 1.05 | 0.85 |
| Chiltoma | 0.35 | 0.70 | 1.05 | 0.90 |
| Tomate | 0.45 | 0.75 | 1.05 | 0.90 |

Fuente: Elaboración propia, en base a literatura de la FAO, consultada

Así, se deduce, que, para aplicar diariamente una lámina de riego, de 4.98 mm sobre una superficie de 1 hectárea (10,000 m²) se requiere aproximadamente, de unos 49.8 m³ de agua por día.

Si a este cálculo, agregamos las pérdidas por eficiencia de riego, estimadas en 20% para el sistema de aspersion obtendremos un total de 9.96 m³ de agua por día, que adicionalmente se podrían estar aplicando, por cada hectárea irrigada.

Por lo tanto, se estima que al tomar como referencia el tipo de hortalizas de riego que se cultivan en la cuenca, durante un ciclo agrícola (desde noviembre, hasta abril, durante el período seco), se obtiene como promedio un consumo diario total de 80 m³/ha, que durante unos 180 días que dura el periodo seco, equivaldrían aproximadamente, a unos 2.19 MMC de agua que podrían estar siendo utilizados por el sector agrario para irrigar hortalizas, cada año.

Esto, sin considerar, que la gran mayoría de los agricultores en la cuenca no hacen los cálculos necesarios para diseñar un calendario o programa de riego, por lo que posiblemente podrían estar suministrando un mayor volumen de agua del ya considerado, debido al uso ineficiente del agua.

Entonces, si se considera, los 1,489.54 MMC/A disponibles en la cuenca, según las estimaciones del balance hídrico (tabla 26) se puede concluir que el consumo del sector agrario representa apenas el 0.14% del total disponible, lo que hace inferir, que la demanda de agua del sector agrario, en materia de riego agrícola es mínima.

Una representación de la ubicación de las áreas de riego en la cuenca que aparece en el mapa 13, nos permite observar claramente, que la mayoría de

estos cultivos, se desarrollan a lo largo de la ribera del río Coco, en el municipio de Somoto y un tanto mucho menor en las orillas del río Macuelizo en el municipio del mismo nombre.

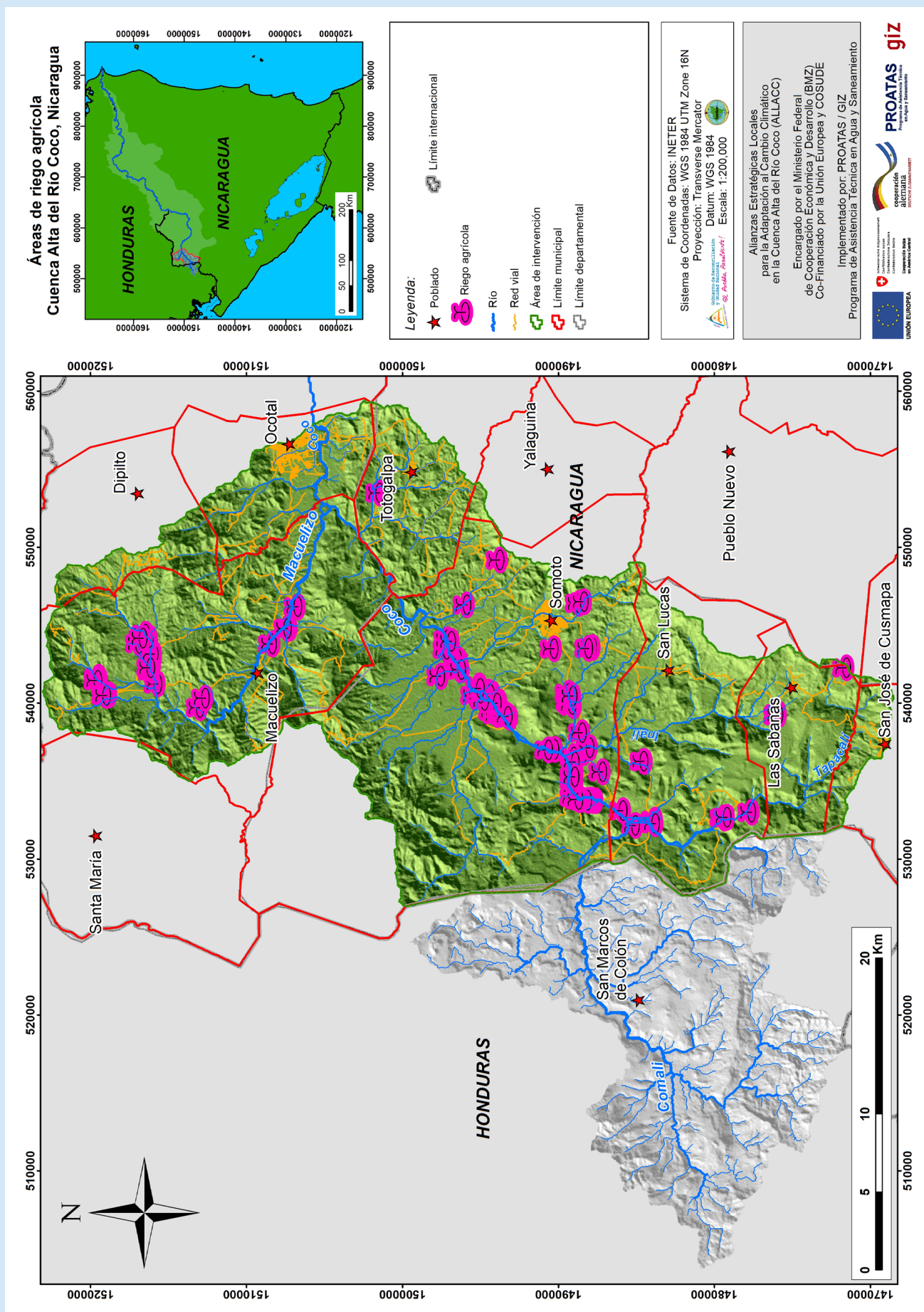
La Cuenca Alta del Río Coco no tiene una vocación agrícola considerable o frecuente, la mayoría de la agricultura es de subsistencia y en algunos casos existe productores de baja a mediana escala, esto es debido al bajo potencial hídrico de la misma a la baja capacidad de almacenamiento subterráneo y al bajo aprovechamiento de las aguas superficiales mediante la implementación de obras de infraestructura.

El aprovechamiento del recurso superficial en esta cuenca para abastecer sistemas de riego está dado por su mayoría a riego por gravedad y riego por goteo, el riego por aspersión es de poca presencia.

Los cultivos que son abastecidos por riego son, en la parte alta de la cuenca (Las Sabanas y San José de Cusmapa): fresa, café (fase de vivero), plantas medicinales y hortalizas. En la parte media y baja de la cuenca (Somoto y Totogalpa): cebolla, chiltoma, maíz, tomate, tabaco, hortalizas, frutales y sandía y nuevamente en el otro sector alto de la cuenca en Macuelizo: tomate, pepino y chiltoma.

Mapa 13:




Mapa de ubicación de las áreas de riego en la Cuenca Alta del Río Coco.



La siguiente tabla (22) muestra el consumo total incluyendo sus 2 principales tipos de uso: consumo humano y riego, los usos industriales y pecuario actualmente tienen consumo en cantidades muy pequeñas de agua no siendo representativos en la estimación de la demanda de la CARC.

Tabla 22: Total de consumo en la Cuenca Alta de Río Coco

| USO | Consumo actual por (MMC/A) ¹¹ |
|----------------|--|
| Consumo Humano | 4.83 |
| Consumo riego | 2.19 |
| TOTAL | 7.02 |

-  En la cuenca se irrigan anualmente, unas 200 hectáreas de hortalizas, durante el periodo seco (desde noviembre, hasta abril), principalmente de cebolla, chiltoma y tomate.
-  Se estima en 2.19 MMC/A, el consumo de agua para riego, de parte del sector agrario, en toda la cuenca y en total 7 MMC/A del consumo de todos los usos (riego y agua potable) siendo el de agua potable el más importante.
-  Las áreas de regadío en la cuenca se ubican, esencialmente a lo largo de las riberas del río Coco, en el municipio de Somoto y del río Macuelizo, en el municipio del mismo nombre.

5.3. Pronóstico de la demanda

El proceso de planificación y evaluación de la demanda es una técnica para la construcción de escenarios de oferta y demanda futura de los recursos hídricos, o sea una proyección sobre la cuenca utilizando una demanda potencial hasta el año 2035.

Los escenarios son contruidos básicamente por diferentes estimaciones de crecimiento poblacional y la producción agrícola.

¹¹ Millones de Metros Cubicos Anuales

5.3.1 Prospección de agua potable

Este escenario tendencial ha sido calculado con las proyecciones de la tasa de crecimiento poblacional, que ha establecido INIDE para los municipios afectados, multiplicado con el índice de dotación diaria establecido en la norma NTON 09 007-19 Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable. En la tabla 23 se muestran los resultados de la prospección de demanda nominal para 2035 y también incluye datos de la demanda nominal del año 2020, para efectos de comparación para un período de quince años.

Se puede observar que, para un período de 15 años, Ocotital tendrá el mayor incremento en la demanda nominal de agua potable de 1.10 MMC/A (38% superior a la demanda actual).

Totogalpa es el segundo municipio con mayor incremento de la demanda de futuro con 0.09 MMC/A, 35% superior a la demanda actual, que es un dato muy significativo si se toma en cuenta que de la demanda actual ya se tiene un déficit del 36%.

En San Lucas, el incremento de la demanda será de 0.11 MMC/A (23.24% superior a la demanda actual), debido a dos factores fundamentales, es el uno de los municipios con mayor cantidad de población dentro de CARC y además según los datos de INIDE, el municipio que tiene una de las mayores tasas de crecimiento poblacional (1.6). Esto es muy preocupante si se toma en cuenta que en este año el déficit de agua potable es del 46% del volumen demandado por los pobladores del municipio asentados en CARC.

Adicionalmente se debe tomar en cuenta que en San Lucas sólo 14 de las 31 comunidades que están en CARC, se abastecen con sistemas de agua de mayor complejidad y que estos tienen un tiempo de servicio promedio de 13 años, por lo que este municipio tiene una presión fuerte de las comunidades por mejorar sus sistemas de agua potable.

Somoto tiene una fuerte presión por el incremento de la demanda con un 17.19% que equivalen a 0.24 MMC/A; sin embargo, hay dos factores que deben ser atendidos, uno es la reducción del ANF en el sistema urbano y un segundo eje de trabajo debe ser la atención a las 27 comunidades que no tienen sistema de agua de mayor complejidad y se abastecen de fuentes de agua alternativas.

Tabla 23: Incremento de la demanda nominal de agua en período 2021- 2035

| Municipios | Prospección población 2020 - 2035 | Dotación según NTON (lppd) | Demanda anual nominal 2020 MMC/A | Demanda anual nominal 2035 MM C/A | Incremento demanda nominal 2020-2035 |
|----------------------------------|-----------------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Las Sabanas | 6,443 | | 0.17 | 0.21 | 0.04 |
| Urbano | 1,408 | 130 | 0.05 | 0.07 | 0.01 |
| Rural | 5,034 | 80 | 0.12 | 0.15 | 0.03 |
| Macuelizo | 5,343 | | 0.14 | 0.16 | 0.02 |
| Urbano | 323 | 130 | 0.01 | 0.02 | 0.00 |
| Rural | 5,020 | 80 | 0.13 | 0.15 | 0.02 |
| San José de Cusmapa | 2,805 | | 0.10 | 0.12 | 0.02 |
| Urbano | 1,889 | 130 | 0.08 | 0.09 | 0.01 |
| Rural | 916 | 80 | 0.02 | 0.03 | 0.00 |
| San Lucas | 19,135 | | 0.48 | 0.59 | 0.11 |
| Urbano | 1,935 | 130 | 0.07 | 0.09 | 0.02 |
| Rural | 17,200 | 80 | 0.41 | 0.50 | 0.09 |
| Somoto | 32,303 | | 1.39 | 1.63 | 0.24 |
| Urbano | 22,600 | 163 | 1.14 | 1.35 | 0.20 |
| Rural | 9,703 | 80 | 0.25 | 0.28 | 0.04 |
| Totogalpa | 9,291 | | 0.24 | 0.33 | 0.09 |
| Urbano | 3,291 | 130 | 0.12 | 0.16 | 0.04 |
| Rural | 6,000 | 80 | 0.13 | 0.18 | 0.05 |
| Ocotol | 65,801 | | 2.91 | 4.01 | 1.10 |
| Urbano | 65,801 | 167 | 2.91 | 4.01 | 1.10 |
| Total general | 141,121 | | 5.44 | 7.06 | 1.62 |
| lppd: litros por persona por día | | MMC/A: Millones de metros cúbicos por año | | | |

5.4. Gestión de la demanda

En la CARC todavía no existen grandes usuarios con derecho de uso o aprovechamiento del recurso hídrico y sus bienes, por consiguiente, tampoco hay control de extracciones para pequeños y medianos productores de hortalizas que son los sectores con mayor presencia en la cuenca. A pesar de que en la CARC el SIAGUA registra a 190 CAPS, se requiere coordinar esfuerzos para estos CAPS obtengan su licencia especial de aprovechamiento por parte de ANA que les permita seguridad y protección para el aprovechamiento de sus fuentes de agua y que prime el abastecimiento a los pobladores en casos de conflictos por agua.

En el año 2021, ANA en coordinación con el equipo técnico de PROATAS GIZ realizó un inventario de usuarios de riego en la cuenca y se logró inspeccionar una muestra significativa de 58.62 ha (83.75 Mz) de cultivos en época seca, pertenecientes a 51 productores, lo que evidencia que la explotación agrícola en esta cuenca es de baja intensidad promedio por cada productor. En su mayoría el agua superficial se utiliza para el riego agrícola.

Se identificaron posibles conflictos de uso de agua con posibles afectaciones a mediano plazo en la comunidad Quebrada Honda en el municipio de Las Sabanas y comunidad El Rodeo en Cusmapa, donde existen pequeños productores que utilizan la misma quebrada que también han sido identificadas como futuras fuentes de abastecimiento de agua potable.

- 🔹 En ningún municipio de la Cuenca Alta del Río Coco los sistemas de agua potable satisfacen la demanda (tabla 18), el déficit global aproximado es del 20% en el año 2020.
- 🔹 Ocotral tendrá el mayor incremento en la demanda nominal de agua potable dentro de los próximos 15 años, será de 1.19 MMC/A (38% superior a la demanda actual).

6. Balance hídrico

6.1. Observaciones preliminares

El conocimiento del balance hídrico y, por lo tanto, de los recursos hídricos disponibles es uno de los requisitos previos más importantes para la gestión sostenible de los recursos hídricos. Sin embargo, su cálculo requiere una recopilación suficiente de los datos de las diversas variables. En la CARC, estos datos solo han estado disponibles durante un período de tiempo muy limitado y solo para aproximadamente el 77% de la superficie de la cuenca hidrográfica.

Sin embargo, el balance hídrico determinado aquí se basa en estos datos, ya que son los únicos datos que están disponibles y que se han medido in situ. Es importante remarcar que la aplicación de un modelo matemático para generar un balance hídrico requiere, además de una base de datos con mediciones suficientes y confiables, en particular de los aforos, la calibración del modelo suficientemente realista; dado que no se cuenta con ninguna de estas dos precondiciones en la CARC no se debe aplicar un modelo, ya que puede resultar en resultados que no se ajustan a la realidad de la cuenca.

La precipitación anual promedio en la cuenca es de 1,152 (mm) y de acuerdo con los registros de los últimos 58 años se puede concluir que durante este período la precipitación anual se quedó constante y, en consecuencia, el promedio sigue siendo el mismo. La precipitación es la única fuente de agua para la alimentación del área de drenaje y para la recarga de los acuíferos en la cuenca. La constancia duradera de la precipitación y de la evaporación potencial en la cuenca es una observación importante porque permite aprovechar los datos de la medición de aforos de la estación Palmira para el cálculo real del balance hídrico.

6.2. Cálculo de las variables del balance hídrico

El balance hídrico de una cuenca se realiza con el objetivo de conocer la disponibilidad del agua subterránea y superficial. En el caso de la cuenca alta del río Coco se utilizó la siguiente ecuación para la determinación del balance hídrico:

$$P = Es + Etr + \Delta R$$

Precipitación (P) = Escorrentía superficial (Es) + Evapotranspiración (Etr) + Recarga de agua subterránea:

Los términos del balance hídrico:

La precipitación (P) es conocida por medio de registros de 17 pluviómetros (9 situados dentro- y 8 en las afueras de la cuenca) y de la estación hidrometeorológica de Ocotál. Los pluviómetros son operados por INETER y los registros de precipitación de la estación de Ocotál se iniciaron en el año 1958. La precipitación territorial (precipitación media de la cuenca para el periodo 5/1969 - 4/2018) usada en los cálculos del balance fue generada, utilizando el método de Thiessen.

La precipitación es la única fuente de agua en la cuenca, no existen aportaciones exteriores naturales o artificiales.

La escorrentía superficial (ES) fue medida diariamente entre marzo 1969 y abril 1883 en la estación hidrológica de Palmira. Hasta hoy en día, estos registros han proporcionados los únicos datos confiables de escorrentía disponibles.

La escorrentía superficial incluye el flujo base de la estación seca que fue utilizado para determinar los recursos de agua subterránea. Los recursos de agua subterránea son entonces considerados como parte de la escorrentía superficial (Es) en el balance hídrico.

Es total = (Es superficial + Es subterráneo = flujo base)

La evapotranspiración real (Etr) se obtuvo como diferencia de las demás variables de la ecuación asumiendo (ΔR) como cero.

El balance se escribe entonces: **$Etr = P - (Es + \Delta R = 0)$**

La determinación directa de la (Etr) es extremadamente difícil, porque depende de un sinnúmero de factores meteorológicos, hidrológicos, morfológicos, pedológicos, agrícolas y humanos. La evapotranspiración siempre es el consumidor más grande de los recursos de agua proporcionado por las lluvias. Para el mes de noviembre la determinación indirecta de la (Etr) puede producir valores negativos. Este suceso se presenta, cuando el mes de octubre fue muy caudaloso y en noviembre hubo poca precipitación. En este caso el volumen de escorrentía de noviembre puede ser más grande que el volumen de precipitación de noviembre, resultando en valores de $(P) - (Es) =$ negativo.

El cambio de almacenamiento (ΔR) describe la diferencia entre recarga y descarga de las aguas subterráneas (acuíferos) de la cuenca. En la cuenca, las reservas de agua se gastan por completo al fin de cada estación seca y se abastecen de nuevo en cada estación lluviosa. En consecuencia, en el curso de un año hidrológico el balance entre gasto y retención es cero.

La recarga de un acuífero se puede calcular por:

- 💧 La medición directa de la recarga (pruebas de infiltración, mediciones de evapotranspiración utilizando lisímetros, análisis de variación del nivel estático entre otros).
- 💧 El cálculo del flujo a través del acuífero.
- 💧 La determinación del caudal que sale del acuífero.

En el caso de la Cuenca Alta de Río Coco, el único método aplicable es el último método de los 3 descritos arriba, facilitado por la estación de aforos "Palmira" de INETER, en la cual se han registrado datos de aforos de la cuenca durante 12 años (1969-1983).

El procedimiento de cálculo del potencial de agua subterránea a través del método del flujo base es descrito con todo detalle en el Guía PGIRH (2015), página. 46 - 48. A continuación se indica el método de manera resumida.

En Nicaragua la recarga de los acuíferos sigue un ciclo estacional (figura 27). Durante la estación lluviosa las lluvias y crecidas recargan los acuíferos que sirven como almacenes para el agua subterránea. Al fin de

la estación lluviosa la cantidad de agua subterránea almacenada en los acuíferos llega a su máximo. En la estación seca la reserva de agua subterránea almacenada en los acuíferos empieza a descargarse y es drenada por los ríos, donde aparece en su forma de flujo base. La figura 28 demuestra la imagen típica de flujo base en la estación seca para un año caudaloso. El caudal se mantiene al mismo nivel durante algunos días - en el caso presentado hasta un máximo de 7 días - para después bajar al nivel mínimo. Sin interferencia por precipitación o extracción de aguas arriba del punto de medición, el descenso es continuo y muy regular, siguiendo una ley logarítmica.

Por su regularidad bastan mediciones mensuales del flujo base para obtener una **curva de recesión (o de agotamiento)** que permite calcular los recursos de agua subterránea almacenados en él o (los) acuífero(s) al inicio de la estación seca. Cuando la reserva de agua subterránea almacenada se ha gastado por completo el río se seca. Este fenómeno se observa frecuentemente en los ríos de la parte alta de la cuenca del río Coco. Las figuras 27 y 28 visualizan lo explicado arriba.

Figura 27: Principio del flujo base y su ciclo estacional

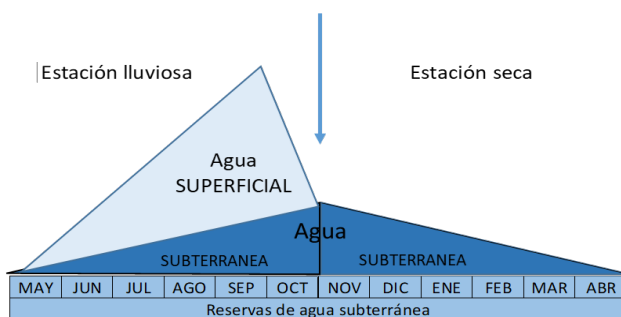
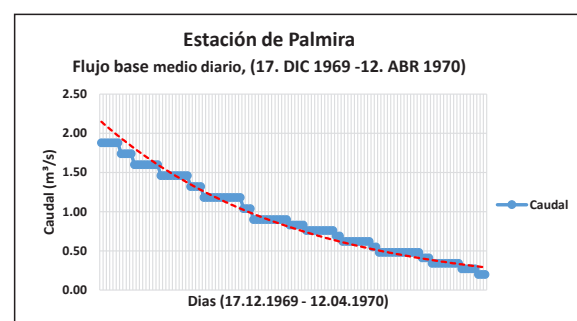


Figura 28: Flujo base en la época seca de un año caudaloso



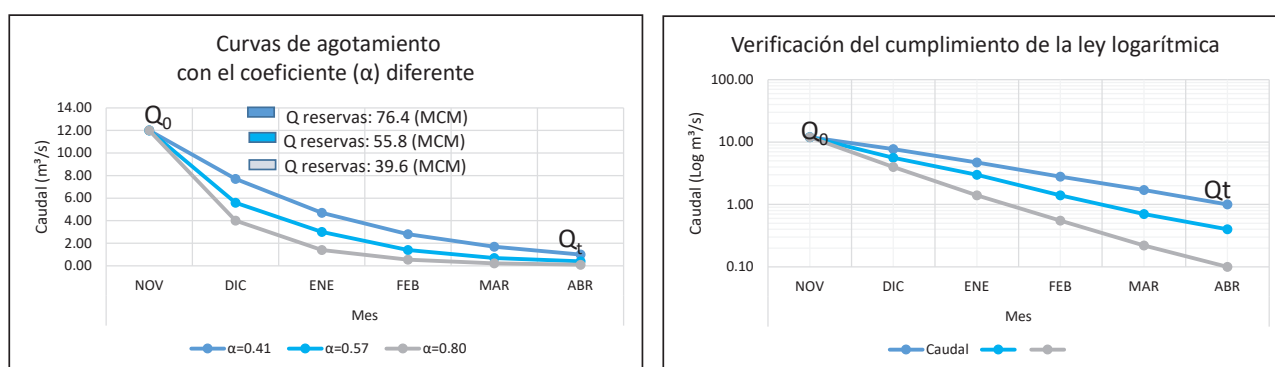
El agotamiento - o también la recesión - de una reserva de agua sin alimentación nueva, drenado por un manantial o un río, sigue una ley logarítmica que permite calcular el coeficiente de agotamiento (α) y la cantidad de agua subterránea almacenada Q_{reservas} al mes ($t = Q_0$). El coeficiente de agotamiento (α) tiene diferentes significados:

- Es indicador de la capacidad de recarga: Más pequeño (α) más grande son las reservas de agua subterránea almacenada en los acuíferos aguas arriba del punto de aforo en el mes que corresponde al valor Q_0 ;
- Es indicador del porcentaje de decrecimiento mensual: un coeficiente (α) de 0.5 indica, que el caudal del flujo base se divide en dos partes cada mes en promedio;
- Su forma ($1/\alpha$) es Indicador del tiempo de permanencia del agua subterránea en el acuífero;

La figura 29 demuestra que por una situación de partida similar ($Q_0 = 12$ (m^3/s)), el resultado depende del valor del coeficiente de agotamiento: más llana la curva de agotamiento, más pequeño es (α) y más grande son las reservas de agua subterránea.

Para comprobar que la curva de recesión corresponde a la ley logarítmica, el eje del caudal se diseña en escala logarítmica. El resultado tiene que ser una recta.

Figura 29: Ejemplo de curva de agotamiento y su comportamiento correspondiente a una ley logarítmica



El análisis del flujo base ("recession curve análisis") es - quizás - el método hidrogeológico más simple para determinar los recursos de agua subterránea. El único equipo que se necesita es un micromolinete y una cinta métrica.

Las condiciones para su aplicación son los siguientes:

- Comunicación hidráulica entre el acuífero y la red fluvial.
- Medición sin interferencia de precipitaciones. En Nicaragua bastan dos días sin lluvia;
- Medición sin interferencia de extracciones de agua del río aguas arriba del punto de aforo. En caso de extracción hay que sumar el volumen extraído al volumen determinado por la medición.

6.3. Resultados del análisis de flujo base (recarga de los acuíferos) de la estación Palmira

Se debe recordar primero, que la estación hidrométrica de Palmira controlaba 995.72 km² de la parte alta de la cuenca del río Coco, cuya superficie total asciende a 1,292.4 (km²). Palmira controlaba entonces solamente 77% de la superficie entera de la cuenca. Las aportaciones de los 296.68 km² de la superficie situada aguas abajo de la estación no son bien conocidas. Se trata sobre todo de la subcuenca del río Macuelizo (216.3 km²) y de una pequeña unidad llamado "río Coco Cabecera" (~ 80 km²), que incluye el valle de la ciudad de Ocotál. Los resultados de los aforos en el río Macuelizo indican que la contribución hidráulica de esta área no puede ser desatendida, aunque sea modesta.

La evaluación anual del flujo base para los años de la tabla 24 se encuentra en anexo 8.

Tabla 24: Resultados del análisis del flujo base con datos de la estación de Palmira

| Año | Q ₀ - Q _t (m ³ /s), meses | | | | | | Pluviosidad | α | 1/α | Q recursos (MMC/A)* | C. de descarga (m ³ / día - km ²) |
|-----------|--|------|------|------|------|------|-------------|------|-----|---------------------|--|
| | NOV | DIC | ENE | FEB | Mar | ABR | | | | | |
| 1969 / 70 | 5.00 | 2.38 | 1.31 | 0.82 | 0.49 | 0.25 | 1.52 | 0.50 | 2.0 | 26.4 | 72.6 |
| 1970 / 71 | 1.53 | 0.74 | 0.43 | 0.23 | 0.15 | 0.13 | 0.93 | 0.41 | 1.6 | 9.9 | 27.4 |
| 1971 / 72 | 2.62 | 0.81 | 0.41 | 0.23 | 0.12 | 0.06 | 0.84 | 0.64 | 1.6 | 10.8 | 29.8 |
| 1972 / 73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.42 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1973 / 74 | | 1.65 | 0.19 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.99 | 1.20 | 0.8 | 3.6 | 9.9 |
| 1975/ 76 | - | 1.27 | 0.84 | 0.62 | 0.35 | 0.21 | 0.79 | 0.36 | 2.7 | 9.2 | 25.3 |
| 1979/80 | 2.99 | 1.97 | 1.65 | 1.00 | 0.56 | 0.00 | 1.19 | 0.34 | 3.0 | 24.5 | 64.5 |
| 1980 / 81 | 4.31 | 1.97 | 1.10 | 0.86 | 0.48 | 0.34 | 1.40 | 0.42 | 2.4 | 26.8 | 73.8 |

* Millones de metros cúbicos por año, disponible al tiempo t = Q₀

Los resultados de la tabla 24 (columna: Q recursos) permiten la estimación de los recursos subterráneos en la cuenca, tomando en cuenta diferentes escenarios climáticos. Si se reagrupan los resultados vemos que los recursos de agua subterránea equivalen:

- En años lluviosos a: ~ 25 (MMC/A)
- En años medios a: ~11 (MMC/A)
- En años secos: próximo a cero

En conclusión, podemos decir que los recursos de agua subterránea en la cuenca son muy limitados y son claramente insuficientes para la alimentación de la población actual y futura. Además, como fue ya mencionado en el capítulo anterior, el aprovechamiento de estos recursos a través del acuífero profundo será muy complicado. El factor $(1/\alpha)$ da un tiempo de almacenamiento muy corto. El agua subterránea que aparece en los ríos de la parte alta de la cuenca del río Coco se ha infiltrado pocos meses antes en la estación lluviosa.

6.4. Resultados resumidos del cálculo de los variables del balance hídrico

La estación de Palmira controla 995,72 (km²) o 77% del total la cuenca del río Coco superior a 1,293 (km²).

297,3 (km²) - o 23 (%) de la cuenca entera - se sitúan aguas abajo entre la estación y el cierre de la cuenca en el puente de Ocotál. La superficie aguas abajo de la estación corresponde a la cuenca del río Macuelizo (216.3 km²) y una pequeña cuenca llamada "río Coco cabecera" de 85.5 (km²), (vea tabla 25).

Tabla 25: Superficie del terreno agua arriba y agua abajo de la estación de Palmira

| No | Código | Unidad hidrográfica/cuenca | Superficie (km ²) |
|----|-----------|--|-------------------------------|
| 1 | 95169 | Cuenca Alta del Río Coco | 1292 |
| 2 | 95169-6 | Cuenca del Río Macuelizo | 216.3 |
| 3 | 95169-5-9 | Cuenca del Río Coco Cabecera | 85.52 |
| 4 | | 1-(2+3) | 991.18 |
| 5 | | Palmira, Cuenca agua arriba de la de la estación | 995.7 |

Para el territorio aguas abajo de la estación de Palmira no existen mediciones de caudales comparables con los registros de la estación Palmira. Por ello se usó los datos de los caudales promedios teóricamente determinados por el INETER para estas dos subcuencas. De acuerdo con estos datos las dos subcuencas contribuyen con un promedio de 18% a la escorrentía de la CARC. Los balances de la tabla 26 han sido clasificados a través de 4 categorías de escenarios climáticos:

Año medio, año medio seco, año muy seco y año lluvioso

que fueron delimitados por la pluviosidad anual. La pluviosidad es el coeficiente entre la precipitación anual y la precipitación medio de la serie de 43 años de precipitación y el término "escenario climático" es una descripción del importe de la pluviosidad anual.

Tabla 26: Disponibilidad del agua subterránea (recarga) y superficial (escorrentía) de la CARC en diferentes escenarios climáticos.

| CUENCA ALTA DEL RÍO COCO (1292.4 km ²) | | | |
|--|-----------|--------|--------------------|
| Variables del Balance Hídrico | (MMC/año) | (mm) | % |
| PRECIPITACION (P) | | | |
| P año medio | 1488.84 | 1,152 | 100 |
| P año medio seco | 1217.44 | 942 | 81.8 |
| P año muy seco | 625.5 | 484 | 42 |
| P año lluvioso | 2038.11 | 1,577 | 136.9 |
| ESCORRENTIA (ES) | | | % de precipitación |
| ES año medio | 248.63 | 192.38 | 16.7 |
| ES año medio seco | 139.4 | 107.86 | 11.45 |
| ES año muy seco | 15.01 | 11.62 | 2.4 |
| ES año lluvioso | 347.9 | 269.2 | 17 |
| FLUJO BASE = RECARGA (REC) | | | |
| REC año medio | 13.42 | 10.37 | 0.9 |
| REC año medio seco | 12.78 | 9.89 | 1.05 |
| REC año muy seco | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| REC año lluvioso | 33.6 | 26 | 1.65 |
| EVAPOTRANSPIRACION real (Etr) | | | |
| Etr año medio | 1230.53 | 952.13 | 82.65 |
| Etr año medio seco | 1065.65 | 824.55 | 87.53 |
| Etr año muy seco | 610.27 | 472.2 | 97.6 |
| Etr año lluvioso | 1646.39 | 1273.9 | 80.78 |

Los resultados de la tabla 26 demuestran que en promedio solamente 16.7% de la precipitación anual se puede transformar en escorrentía superficial, no tomando en consideración años extremadamente secos. Para los recursos de agua subterránea el mismo promedio se sitúa a solamente 0.9%. Esto demuestra que en promedio los recursos anuales de agua superficial son 18.5 veces más altos que los recursos anuales de agua subterránea. Es una característica que se puede verificar también en otras cuencas hidrográficas de Nicaragua y significa que el agua superficial debería ser aprovechada mejor para satisfacer las demandas de suministro de agua de los diferentes usuarios.

Los resultados también demuestran claramente el problema de aridez que existe en la parte alta de la cuenca del río Coco. A pesar de una precipitación media de 1,152 mm, se produce poca escorrentía superficial y todavía menos flujo base. La situación se complica aún más, porque los recursos hídricos de cada año están solamente disponibles en el margen del mismo año hidrológico, porque en la cuenca faltan capacidades de almacenamiento tanto superficiales como subterráneas para almacenar el superávit de agua de un año medio hasta lluvioso.

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

La tabla 27 presenta el balance entre la oferta total (aguas superficiales y subterráneas) y la demanda. La demanda incluye todos los tipos de uso de agua que existen en la CARC y la suma de la disponibilidad de agua subterránea y superficial en los 3 escenarios climáticos (seco, medio y lluvioso).

Tabla 27: Balance entre la oferta total (aguas superficiales y subterráneas) y el consumo actual

| Escenario climático (Año hídrico) | Oferta (teórica) total Escorrentía / recarga/descarga de las aguas subterráneas) | Consumo actual total | % del consumo de la oferta total | Consumo humano | % de consumo humano de la oferta total (redondeado) |
|---|---|----------------------|----------------------------------|----------------|---|
| MMC/año | | | | | |
| Medio | 248.63 / 13.4 | 7.02 | 2.82 | 4.83 | 2 |
| Seco | 139.4 / 12.78 | 7.02 | 5.04 | 4.83 | 3 |
| Seco extremo** | 15.0 / 0.0 | 7.02 | 46.8 | 4.83 | 34 |
| Lluvioso | 347.9 / 33.6 | 7.02 | 2.02 | 4.83 | 1 |
| * Incluye todos los usos (ver tabla demanda total CARC) | | | | | |
| ** Solo agua superficial | | | | | |

Entre los resultados principales, destacan la oferta total (escorrentía y recarga) con un promedio de 248.63 MMC/A para toda la cuenca, la suma de la demanda de acuerdo con todos los usos es de 7.02 MMC/A y el balance para los tres tipos de escenarios es positivo, si se toma en cuenta la disponibilidad del recurso hídrico superficial, con el valor más bajo de 143.1 MMC/A para un año seco. Contrario al balance de entrada y salida de aguas subterráneas que tiene un valor de apenas 12.1 MMC/A para un año de precipitación media. Cabe mencionar que el valor anual permitido para aprovechamiento de la escorrentía para los diversos usos, diferentes al caudal ecológico, no debe superar el 80% máximo, ya que para no poner en riesgo los ecosistemas acuáticos se necesita mantener como mínimo el 20% de dicho parámetro.

Desde el punto de vista hidrológico, la CARC es un sistema cerrado. La única entrada son las lluvias, y el volumen de agua que las lluvias ofrecen, es absorbido por la evapotranspiración, escorrentía, infiltración y consumo por los diferentes usos. La infiltración se transforma en agua subterránea y es en parte consumida por la extracción, destinada al consumo humano, agrícola, ambiental, etc. Los recursos de agua subterránea no consumidos por la extracción se transforman en flujo de base. Se puede concluir, que la extracción y el flujo de base son complementarios: cuando los otros factores del balance son constantes: un aumento de la extracción tendría que disminuir el flujo de base y viceversa.

Por otro lado, se tiene que considerar que cerca de 30% del volumen de extracción de las aguas subterráneas y superficiales retornan al ciclo hídrico. Los restantes 70% salen del sistema vía evapotranspiración y producción agraria.

- 💧 El volumen de agua teóricamente disponible (agua superficial y subterránea) excede la demanda muchas veces en la mayoría de los escenarios de precipitación.
- 💧 La recarga (el potencial) de los acuíferos en la CARC es baja: en el escenario de años de precipitaciones medias la escorrentía tiene un volumen promedio de 248.63 (MMC/A), que es 18.55 veces mayor que la recarga de agua subterránea.
- 💧 La deficiencia de agua real existente de los distintos usuarios se debe a las siguientes causas:
 - a) Las precipitaciones se limitan a unos 6 meses, con septiembre y octubre como los meses más húmedos.

b) No hay infraestructura que pueda almacenar parte de la escorrentía superficial.

c) Debido a su pequeño tamaño y capacidad de almacenamiento, la capacidad de amortiguación de los acuíferos es baja. Cuando la entrada en el sistema es alta, la salida del sistema es alta también y viceversa.

💧 El flujo base representa la recarga anual de las aguas subterráneas y sus reservas para el uso sostenible. Su promedio fue calculado basado en los datos de la estación Palmira y diferenciado por distintos regímenes de precipitación (medio, seco, muy seco y lluvioso).

7. Suministro de Agua Potable y Saneamiento

En este capítulo se aborda la situación del suministro de agua potable dentro de la Cuenca Alta del Río Coco desde el punto de vista de suministro rural y urbano. Así mismo se toma en cuenta el tipo de obras hidráulicas utilizadas para el abastecimiento.

7.1. Suministro rural

Según la base del SIASAR, 2020, de 120 comunidades rurales de la CARC, el 45% son abastecidas por sistemas de mayor complejidad (31% son mini acueductos por gravedad y 14% mini acueductos por bombeo eléctrico). El restante 55% no tiene sistemas de suministro de agua potable y solo cuentan con puestos de agua a través de pozos comunitarios o bien acarrear agua de fuentes superficiales hasta sus casas y esta no recibe ningún tratamiento. La distribución de los tipos de abastecimientos se muestra en tabla 28 y anexo 9.

Tabla 28: Tipo de abastecimiento por Comunidad. Construcción Propia, base de SIASAR, 2020

| Municipio | Comunidades | Sistema de mayor complejidad | | Pozos o fuentes superficiales |
|--------------|-------------|------------------------------|-----------|-------------------------------|
| | | MABE | MAG | |
| Cusmapa | 3 | | | 3 |
| Las Sabanas | 15 | | 15 | 0 |
| San Lucas | 31 | 3 | 11 | 18 |
| Somoto | 39 | 10 | 3 | 26 |
| Totogalpa | 16 | 3 | | 13 |
| Macuelizo | 16 | 1 | 8 | 6 |
| Total | 120 | 17 | 37 | 66 |

En cuanto a población, el 47% aproximadamente de la población son abastecidos con los sistemas de mayor complejidad y el 53% son abastecidos por los sistemas de menos complejidad.

En el inventario de sistemas de la base de datos del SIASAR 2020 se desglosan los sistemas con que cuenta la comunidad por tipo de sistemas los siguientes (tabla 29):

- ✓ 17 sistemas de mini acueducto por bombeo eléctrico
- ✓ 38 sistemas de mini acueductos por gravedad
- ✓ 49 pozos excavados con bomba manual
- ✓ 162 pozos perforados con bomba manual
- ✓ 2 pozos excavados a mano
- ✓ 1 captación de manantial

Tabla 29: Distribución de Sistemas por tipo y comunidad

| Municipio | MABE | MAG | PEBM | PEM | PPBM | CM | Total |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|----------|------------|
| Las Sabanas | | 15 | 1 | | 7 | | 23 |
| Macuelizo | 1 | 8 | 4 | | 6 | | 19 |
| Cusmapa | | | | | 1 | | 1 |
| San Lucas | 3 | 11 | 38 | 2 | 64 | 1 | 119 |
| Santa María | | | | | | | 0 |
| Somoto | 10 | 3 | 5 | | 72 | | 90 |
| Totogalpa | 3 | | 1 | | 12 | | 16 |
| Total | 17 | 37 | 49 | 2 | 162 | 1 | 268 |

El 46% de los sistemas de mayor complejidad tienen una vida mayor de 20 años, el 37% de estos sistemas tienen una vida mayor de 10 años, esto significa que a mediano plazo el 73% de los sistemas de mayor complejidad requerirán reemplazo.

Algo similar ocurre en los sistemas catalogados como de menor complejidad, que son pozos, el 47% tienen más de 20 años de estar siendo explotados y el 41% tienen más de 10 años, en su mayoría requieren inversión para recuperar su operatividad, la calidad del agua y la seguridad de los pobladores que llegan a acarrear agua a estos sistemas.

Los sistemas MAG generalmente están compuestos por una obra de captación, una línea de conducción al tanque de abastecimiento, una infraestructura para clorar el agua, las líneas de distribución a las comunidades y las conexiones domiciliarias. En la CARC, de acuerdo con los reportes generados de la base de datos de SIASAR 2020, destaca que en el 94.8% de los sistemas no existe desinfección con cloro, y la gran mayoría carecen de micro medición (foto 4).



Foto 4: Sistema MAG Comunidad Apanaje, Las Sabanas

Los sistemas MABE están compuestos por una fuente subterránea, un equipo de bombeo, sistema de cloración (con un 52% de desinfección en estos sistemas), paneles eléctricos, líneas de conducción a tanque, redes de distribución, conexiones domiciliarias, micro medición en la mayoría de ellos.

Existen dos tipos de pozos que utilizan bomba manual y representan el 79% de los sistemas de agua registrados en el SIASAR. Los pozos perforados tienen una profundidad superior a los 15 metros, tienen un ademe, un brocal, una bomba de mecate y algunos cuentan con infraestructura de balos y lavaderos y los pozos excavados a mano que generalmente tienen una profundidad no mayor a 15 m y tienen una sección de máxima de 1.5 m x 1.5 m. (foto 5 y 6). Debido a que el 72% de los sistemas de mayor complejidad y el 32% de los sistemas de menor complejidad no tienen suficiente agua en verano,



Foto 5: Pozo perforado bombeo eléctrico, casco urbano Santa María

la población recurre a obras de cosechas de agua, represas de agua y/o manantiales tanto, dentro de sus comunidades como fuera de ellas para así obtener la mínima cantidad de agua que cubra sus necesidades más elementales (foto 7). En los casos más críticos, se ven obligados a comprar agua, lo que resulta en un alto costo para la economía familiar; debido a que un barril de 55 galones de agua tiene un valor de 50 córdobas, con un promedio de 3 barriles por vivienda por semana se genera un costo de 600 mensuales.



Foto 6: Pozo perforado con bomba de mecate en Unile, Somoto

Por otro lado, para describir la situación organizacional e institucional de suministro de agua en las zonas rurales de la CARC, es necesario primero comentar que conforme a la Ley No. 722, el tema tarifario de los CAPS es aprobado en la asamblea comunitaria que, de acuerdo con la guía de ANA, incluye los costos de operación y mantenimiento de los sistemas. Sin embargo, la mayoría de los CAPS en la CARC todavía no tienen aprobado una tarifa que les cubra todos esos costos por lo que no logran coleccionar los suficientes recursos financieros para la buena operación y mantenimiento de los sistemas de suministro de agua potable. Estas dificultades se dan mayormente en las comunidades cuyos sistemas tienen dificultades para abastecer con agua potable en cantidad y calidad a sus usuarios, creándose un círculo vicioso, no pagan por no tener un buen sistema y no pueden mejorar el sistema porque no tienen los recursos hacer las mejoras requeridas.



Foto 7: Represa en comunidad Las Lajitas, San Lucas

Con base al art. 16 y 17 literal E) de esta misma ley se establece la posibilidad de destinar fondos para la administración de los sistemas, abriendo la posibilidad para remunerar el trabajo de los miembros del CAPS. A pesar de esta condición legal favorable en la ley, esto no se logra en la mayoría de los sistemas porque sus recaudaciones son muy bajas y muchas veces no cubren ni el pago del fontanero, obligando a que el trabajo de los miembros del CAPS sea voluntario, por lo que deben buscar otras formas de trabajo y no siempre tienen la disponibilidad de tiempo para dedicarse por

completo a garantizar la funcionalidad óptima del sistema.

Las alcaldías a través de sus UMAS dan asistencia técnica a los CAPS, y a su vez destinan el 7.5% de los fondos de sus presupuestos anuales para la inversión en agua y saneamiento (foto 8). Además, se realizan en coordinaciones con las instituciones como MARENA, MINSA, INAFOR, INIFOM, FISE y ANA para desarrollar programas de fortalecimiento de capacidades operativas, para de los sistemas y la protección y conservación de las fuentes de agua. No obstante, es necesario asignar más recursos para la asistencia técnica de los UMAS a los CAPS, que permitan una mayor asistencia a la operación y mantenimiento de los sistemas de agua y así lograr la mejora en la sostenibilidad financiera, reducción de costos y pérdidas y control de presiones en dichos sistemas.








Foto 8: Entrega de certificado a todos CAPS del municipio Las Sabanas

Los mayores desafíos de los CAPS radican en la sostenibilidad técnica y financiera de sus sistemas de agua potable, en la técnica, porque requieren contar y saber implementar protocolos de operación y mantenimiento que les garanticen la optimización de dichos sistemas, que reduciendo las pérdidas les disminuyan sus costos de operación y mantenimiento y que, junto con el cobro adecuado y oportuno de las tarifas les generen esa solvencia financiera.

Otro desafío que se tiene en el sector es el fortalecimiento de las UMAS, que permita contar con el personal suficiente, capacitado, con medios logísticos y recursos financieros en los presupuestos para garantizar el acompañamiento que los CAPS necesitan para la gestión adecuado de sus sistemas de agua rural (foto 8.1).



Foto 8.1: Capacitación en uso de equipos de medición de caudales a UMAS Somoto y CAPS Sonis

-  Según la base del SIASAR 2020, el 55% de las comunidades asentadas en la cuenca carecen de un sistema que les permita contar con agua en sus hogares de forma segura.
-  Se evidencia que los CAPS requieren de un plan de fortalecimiento de capacidades técnicas para un manejo adecuado de los sistemas que conlleve a: reducir las pérdidas de agua, a una correcta operación y mantenimiento y a una gestión financiera eficaz de los sistemas que les permita mantenerlos en el tiempo.
-  El acompañamiento interinstitucional a los CAPS para ejercer su función y garantizar la sostenibilidad todavía es bastante limitado, priorizado actualmente solo la atención a emergencias de abastecimiento en los sistemas de agua potable.
-  El mayor desafío de los CAPS que cuentan con sistemas de agua potable de mayor complejidad es alcanzar su sostenibilidad financiera que permita implementar la adecuada operación y mantenimiento a dichos sistemas.
-  Debido a las afectaciones de la variabilidad y cambio climático, las fuentes de agua que tradicionalmente abastecían los sistemas de agua en las comunidades han reducido su producción de agua. Actualmente para abastecer a los sistemas se está recurriendo a fuentes superficiales, obligando a cambiar la ingeniería de los proyectos de sistemas por gravedad a sistemas por bombeo eléctrico, que hacen sistemas más caros y complejos de gestionar para los CAPS.

7.2. Suministro urbano

El suministro de agua potable en las zonas urbanas (cascos urbanos) de la Cuenca Alta del Río Coco está a cargo de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) (Somoto, Totogalpa, San José de Cusmapa, Ocotal) y de las alcaldías (Las Sabanas, San Lucas, Macuelizo).

La tabla siguiente (30) resume los indicadores e informaciones más importantes del suministro de agua potable en los cascos urbanos de los 7 municipios.

Tabla 30: Resumen de indicadores claves de abastecimiento de agua potable en la CARC

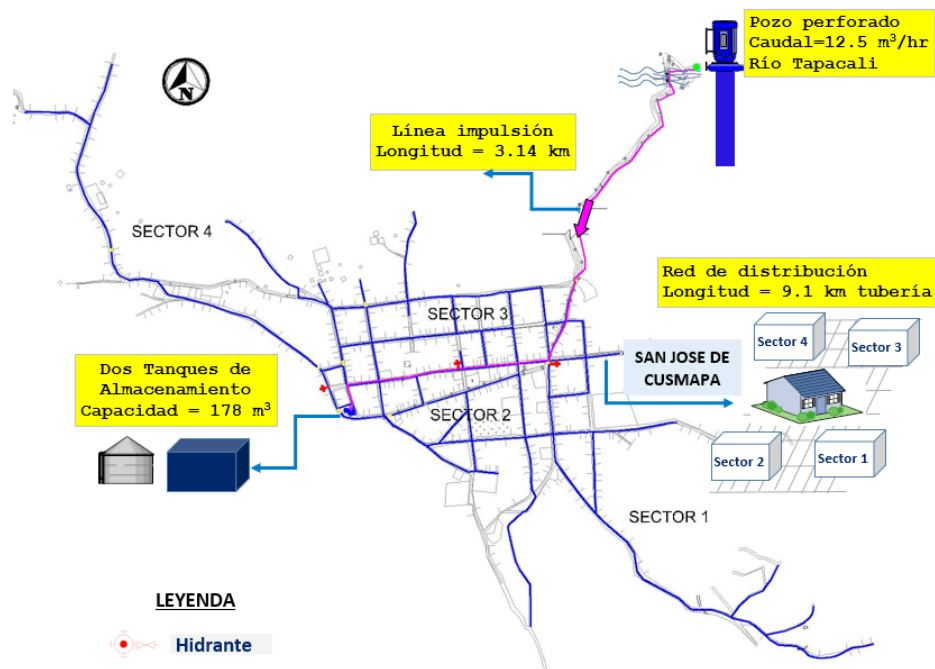
| Municipio | Total, de usuarios | | Continuidad (hr/d) | Cobertura (%) | Sistema | Calidad de agua | Costo del m ³ de agua producido (US\$) |
|-------------|--------------------|------------|----------------------|---------------|---|---------------------------|---|
| | viviendas | Conexiones | | | | | |
| Cusmapa | 654 | 472 | 2 hr cada 5 d | 93 | Pozo/ bomba-tanque-red | Cumple normativa CAPRE | 0.46 |
| Totogalpa | 666 | 666 | 10 | 89 | Pozo /bomba-tanque-red | Cumple normativa CAPRE | 0.27 |
| Somoto | 6,503 | 6,243 | 14 | 96 | Pozo/ bomba-red Y Pozo/ bomba-tanque-red | Cumple normativa CAPRE | 0.5 |
| Ocotal | 12,920 | 11,133 | 12 | 95 | Captación Río Dipilto-gravedad-tanque-red | Cumple normativa CAPRE | 0.42 |
| Macuelizo | 103 | 103 | 18 | 100 | Captación galería de infiltración-bomba-tanque | Cumple normativa CAPRE | 0.53 |
| San Lucas | 447 | 437 | 3 d/ sem; 3 hr/ d ab | 98 | Pozo/ bomba-tanque-red | Cumple normativa CAPRE | 0.41 |
| Las Sabanas | 345 | 279 | 3 | 80 | Captación de manantiales-tanque-red (todo por gravedad) | No Cumple normativa CAPRE | 0.12 |

San José de Cusmapa

Sistema:

El sistema en Cusmapa opera bajo un esquema Fuente-Tanque-Red, la obra de captación es un pozo que bombea con un motor de 30HP y línea de impulsión de 3.14 km directamente a dos tanques de almacenamiento con capacidad total de 178 m³. La red de distribución compuesta por 9.1 km de tubería es abastecida por gravedad, sectorizada y no cuenta con sistema de cloración (figura 30).

Figura 30: Esquema del Sistema de agua potable de Cusmapa



Desafíos:

Con relación al ANF, las tuberías de menor diámetro son la causa de los verdaderos limitadores de caudal que ocasionan pérdidas de energía y consecuentemente, bajas presiones y desabastecimiento en distintas zonas del casco urbano.

Totogalpa

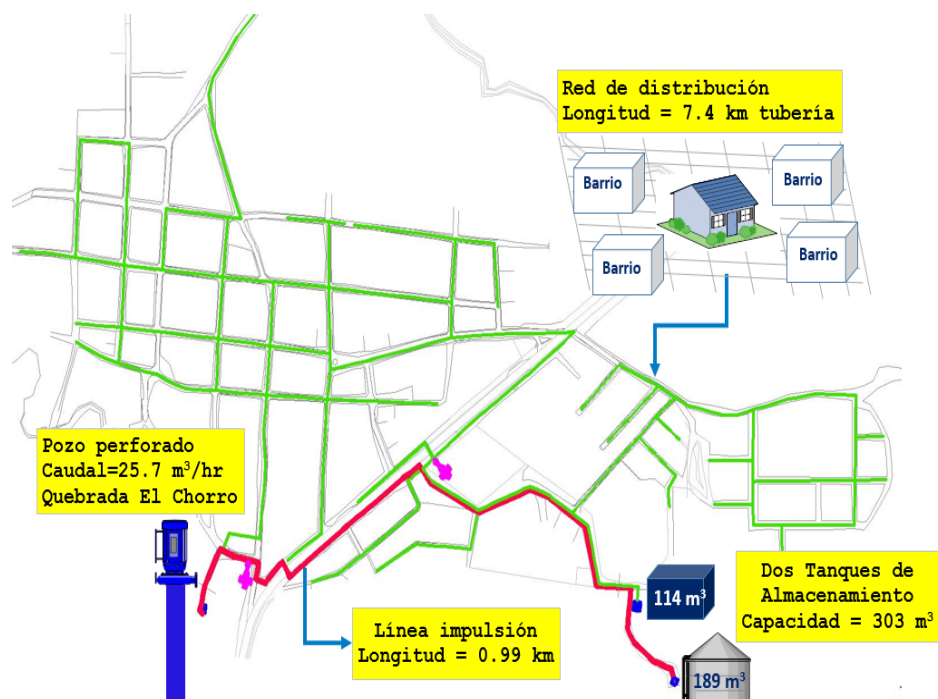
Sistema:

El sistema de Totogalpa opera bajo un esquema Fuente-Tanque-Red, la obra de captación es un pozo perforado construido en 1996, de este pozo se bombea a través de un motor de 15 HP y línea de impulsión de 0.99 km directamente a dos tanques de almacenamiento con capacidad total de 303 m³. La red de distribución compuesta por 7.43 km de tubería es abastecida por gravedad, el abastecimiento no es sectorizado y la cloración es manual en los tanques de almacenamiento. La figura 31 muestra el esquema del acueducto.

Desafíos:

A pesar de que existe un déficit en la oferta existente, el principal problema en el acueducto está en la baja capacidad hidráulica de la red de distribución, encontrándose durante el día zonas sin servicio y otras zonas con excesivas presiones lo que incrementa el índice de agua no facturada.

Figura 31: Esquema del sistema de agua potable de Totogalpa



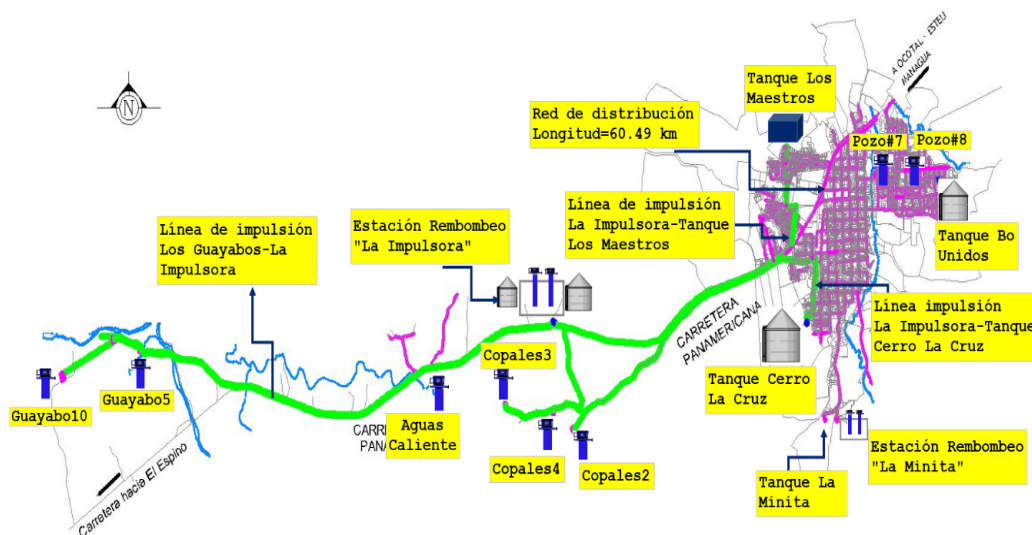
Somoto

Sistema:

El sistema de agua potable de Somoto está compuesto por tres esquemas operativos, dos operan Fuente-Tanque-Red y uno fuente-red (figura 32). El primer esquema operativo está compuesto por el pozo No.7 Santiago y el No.8 Minvah, los cuales bombean directamente a la red a 8 sectores (de 26 en total) de la ciudad, la comunidad rural Cacaulí y al tanque de acero sobre torre de 189.3 m³ que funciona como tanque de cola. Por las noches estos pozos inyectan agua a 3 sectores ubicados dentro de la ciudad.

El segundo esquema operativo está compuesto por el pozo Copales No.3 y Copales No.4 que bombean directamente hacia el tanque de acero sobre suelo de 1,362.6 m³, para luego distribuir por gravedad a 13 sectores de la ciudad, al Barrio Julio Velázquez (5 puestos públicos) y a la estación de rebombeo La Minita de 7.6 m³, para abastecer por bombeo directo la zona alta de la ciudad de Somoto (La Minita). La figura No 32 muestra el esquema del acueducto de agua de Somoto.

Figura 32: Esquema del sistema de agua potable de Somoto



El tercer esquema operativo está compuesto por el pozo Copales No.2, Guayabo No.10, Guayabo No.5 y el pozo Aguas Caliente; los cuales bombean directamente hasta los tanques (2 tanques de acero sobre suelo con capacidad total de 984 m³) de la estación de rebombeo La impulsadora para luego bombear el agua hacia el tanque de concreto rectangular de 758 m³ y abastecer por gravedad a 5 sectores de la ciudad y la Lotificación Milagro de Dios. De la línea de impulsión que llega a los tanques La Impulsora se abastecen por bombeo directo las comunidades rurales Los Copales, El Guayabo, Aguas Caliente y El Melonar (4 puestos público).

Ocotal

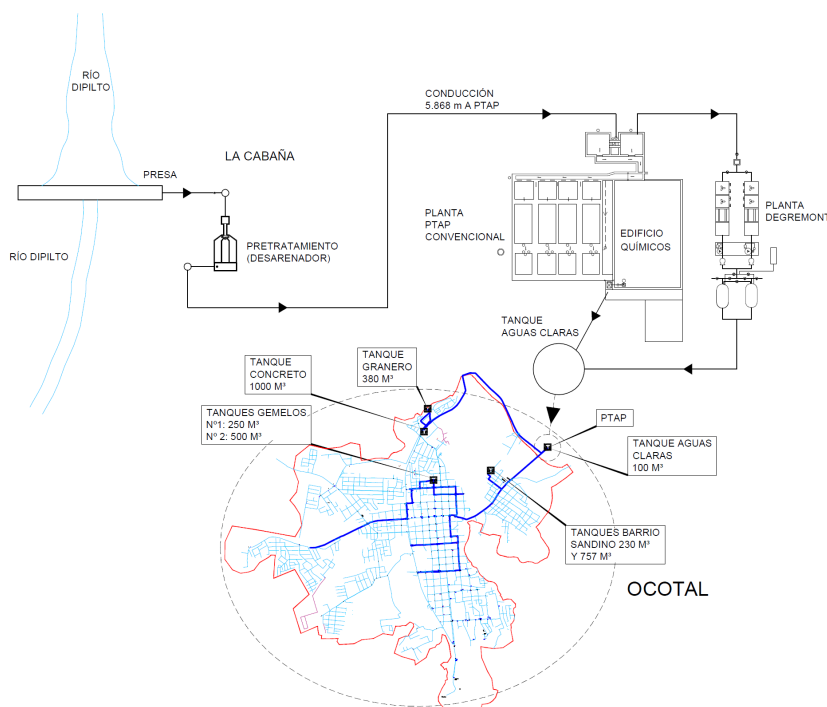
Sistema:

El sistema de Ocotal opera bajo un esquema Fuente-Potabilizadora-Tanque-Red, la obra de captación es una presa de gravedad construida en 1982 que capta las aguas del río Dipilto, el agua captada se conduce por gravedad a través de una línea de conducción de 5.9 km hacia 2 plantas potabilizadoras. El agua ya tratada es almacenada en un tanque de aguas claras desde ahí es distribuida a 5 tanques de almacenamiento con capacidad total de 3,117 m³. La red de distribución dividida en 18 sectores hidráulicos y compuesta por 147.4 km de tubería es abastecida por los tanques. La figura 33 muestra un esquema simplificado del sistema de suministro de agua de Ocotal.

Desafíos:

El principal problema del acueducto de Ocotal es la cantidad y calidad del agua en la fuente, así como también las pérdidas de agua en la red. El caudal aportado por la fuente es insuficiente para garantizar la demanda actual y de los años futuros, de allí que no sea posible en las condiciones actuales, incrementar la producción y por ende la oferta de agua del sistema.

Figura 33: Esquema del sistema de agua potable de Ocotal



Macuelizo

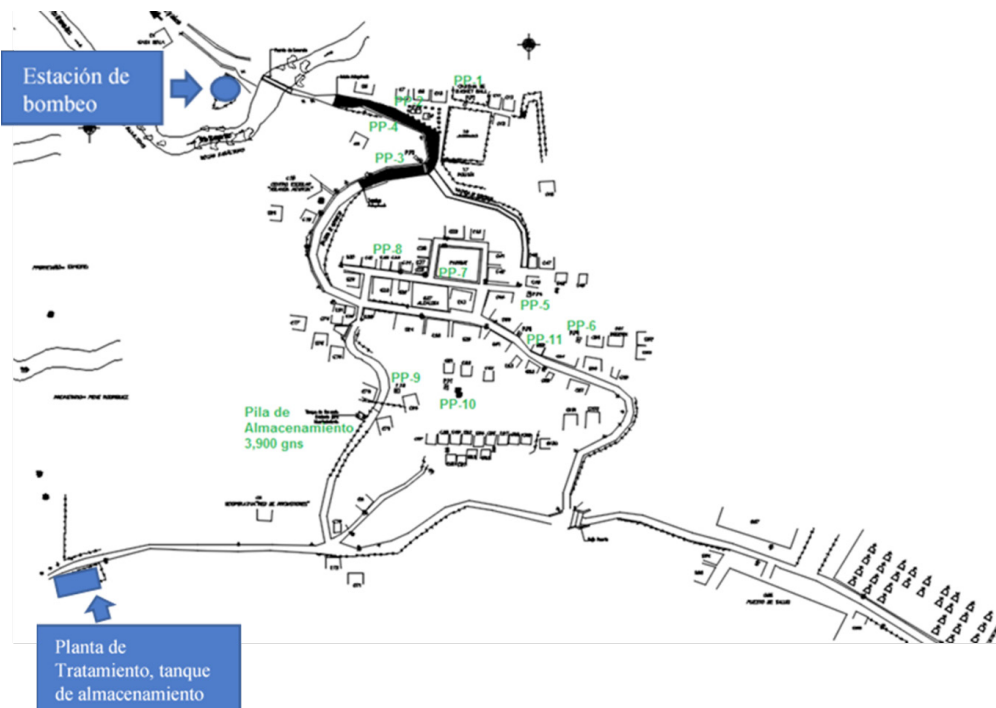
Sistema:

El sistema en Macuelizo opera bajo un esquema fuente-sistema de tratamiento-tanque-red, la obra de captación es una galería de infiltración que lleva el agua a un cárcamo y desde ahí se bombea con un motor de 3 HP que bombea 1.07 l/s a través de la línea de impulsión de 0.950 km directamente a la planta de tratamiento y desde esta al tanque de almacenamiento con capacidad total de 23.6 m³. La red de distribución compuesta por 2.9 km de tubería es abastecida por gravedad, sectorizada y cuenta con sistema de cloración (figura 34).

Desafíos:

Con relación al ANF, existen pérdidas de agua por el orden del 20%. Otro desafío es el deterioro de la zona de recarga hídrica de la fuente que alimenta al sistema de agua ubicado en el cauce del río Macuelizo.

Figura 34: Esquema del sistema de agua potable de Macuelizo



San Lucas

Sistema:

El sistema en San Lucas opera bajo un esquema Fuentes-Tanque-Red, la obra de captación está compuesta de dos pozos (sólo uno está en funcionamiento), la capacidad de producción del pozo activo es de 2.92 l/s, desde ahí se bombea con un motor de 10 HP a través de la línea de impulsión de 1,5 km directamente al tanque de almacenamiento con capacidad total de 79.48 m³. La red de distribución compuesta por 2.8 km de tubería es abastecida por gravedad, sectorizada y cuenta con sistema de cloración.

Desafíos:

Con relación al ANF en la municipalidad las pérdidas de agua están por el orden del 38%. Además de la reducción del ANF, el segundo desafío es reforzar el sistema con otra fuente, debido a que la actual por el crecimiento de la población y la demanda de agua de comunidades aledañas es insuficiente para los próximos años.

Las Sabanas

Sistema:

El sistema en Las Sabanas opera bajo un esquema Fuentes-Tanque-Red, la obra de captación está compuesta por dos captaciones de manantial (La Guata y Motagua), la capacidad de producción de las fuentes es de 1.04 l/s, desde ahí el agua se lleva por la línea de conducción de aproximadamente 7.78 km hasta los dos tanques de almacenamiento con capacidad total de 77.11 m³. La red de distribución compuesta por 9.25 km de tubería es abastecida por gravedad, sectorizada y cuenta con sistema de cloración.

Desafíos:

Con relación al ANF, la municipalidad, que está a cargo del sistema, estima que las pérdidas andan por encima del 30% aunque no hay un registro de datos exhaustivo, estas pérdidas se dan sobre todo por el mal estado de las redes que son viejas y requieren sustitución. No cumple normativa CAPRE.

También el sistema actual cumplió su vida útil y la fuente de agua debido a la demanda creciente de la población no cubre el abastecimiento para toda la ciudad.

- 💧 San Lucas tiene el mayor déficit de agua potable con el 48%, le siguen Las Sabanas con 47%, Macuelizo con 37% y Totogalpa con 36%, mención especial tiene la zona rural de Somoto cuyo déficit de agua potable es del 56%.
- 💧 Se presentan algunos conflictos por uso del recurso para riego versus consumo humano que actualmente puede clasificar todavía como de baja importancia.

7.3. Saneamiento

7.3.1. Saneamiento rural

La situación del saneamiento rural toma como fuente la misma base de datos utilizada para mostrar la situación de suministro rural, SIASAR 2020. Se presentan los datos al año 2020, como un registro de un sondeo que se realizó en campo, a una fracción de viviendas del total de la cuenca. Este registro es de 10,801 viviendas. Tomando este número, se presenta el porcentaje de cobertura de saneamiento, como la tenencia y la cobertura por el tipo de saneamiento, según clasificación del SIASAR, que se muestra en la tabla 31.

Tabla 31: Clasificación de la infraestructura de saneamiento, según el SIASAR:

| Tipo de saneamiento | Descripción |
|--------------------------------|--|
| Tipo 1: | c. Descarga hidráulica (automática o manual) a red de alcantarillado o Tanque séptico |
| Tipo 2: | a. Letrina de pozo mejorada con ventilación (VIP) |
| | b. Letrina de pozo con losa |
| | c. Letrina o inodoro de compostaje |
| Saneamiento no mejorado | a. Descarga hidráulica (automática o manual) a cualquier otro lugar (la calle, patio o terreno, desagüe abierto, trinchera drenaje abierto u otra ubicación) |
| | b. Letrina de pozo sin losa o pozo abierto, de balde o colgante |

En esta clasificación no hay datos en referencia a la defecación al aire libre, lo cual implica un reto conocer los datos disponibles sobre esa condición, en los municipios de la cuenca.

En la tabla (32) siguiente, se muestra el registro de saneamiento SIASAR, según las cantidades de viviendas atendidas con algún tipo de saneamiento y con saneamiento no mejorado, de acuerdo con la clasificación de la tabla.

Tabla 32: Cantidades de viviendas atendidas en saneamiento y clasificación SIASAR

| Municipio | Total Viviendas | Atendidas Saneamiento | Saneamiento | | |
|------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------|--------------|-------------|
| | | | Tipo 1 | Tipo 2 | No Mejorado |
| Las Sabanas | 1,318 | 1,202 | 28 | 1,174 | 53 |
| Macuelizo | 960 | 842 | 21 | 821 | 67 |
| San José de Cusmapa | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| San Lucas | 3,144 | 1,925 | 0 | 1,925 | 143 |
| Santa María | 42 | 39 | 0 | 39 | 3 |
| Somoto | 3,937 | 3,419 | 4 | 3,415 | 0 |
| Totogalpa | 1,305 | 1,273 | 0 | 1,273 | 22 |
| Total registro SIASAR | 1,0801 | 8,700 | 53 | 8,647 | 288 |

Fuente: SIASAR 2020

En la siguiente tabla (33) se muestra el porcentaje de cobertura de saneamiento rural, sobre la base de datos anterior, una muestra de 10,801 viviendas que corresponde aproximadamente a un 55 % de todas las viviendas del total de la cuenca (datos dentro de SIASAR).

Tabla 33: Porcentaje de cobertura de saneamiento rural en viviendas por tipo de infraestructura

| Descripción | Cantidad | Porcentaje |
|---|----------|------------|
| Registro de viviendas realizado por SIASAR | 10,801 | 100% |
| Cantidad de viviendas con cobertura en saneamiento | 8,700 | 81% |
| Porcentaje de viviendas con tipo 1 (de 8,700) | 53 | 1% |
| Porcentaje de viviendas con tipo 2 (de 8,700) | 8,647 | 99% |
| Porcentaje de viviendas del registro, con saneamiento no mejorado | 288 | 3% |

La condición de infraestructura de muchas letrinas encontrada en 2020 fue de regular a malo. Esto se refleja en paredes o cerramiento inadecuado de láminas de zinc dañadas, adobe en malas condiciones, tela o en ciertos casos sin cobertura de paredes. También se encontraron letrinas con capacidad del foso ya casi al 100%, (llenas).

Las siguientes fotos 9, 10, 11 ilustran la condición de la infraestructura descrita anteriormente.



Fotos 9, 10 y 11: Ejemplos de la infraestructura de saneamiento rural en comunidades de Santa María y Macuelizo, de la Cuenca Alta de Río Coco,

7.3.2. Saneamiento urbano

En la tabla (34) se resume la cobertura en saneamiento para las cabeceras municipales de la Cuenca Alta del Río Coco. Esta tabla relaciona la cantidad de viviendas y las cantidades con y sin saneamiento. A la vez, se analiza el porcentaje de cobertura sobre la base del registro del SIASAR, 2020.

Tabla 34: Cobertura en saneamiento para las cabeceras municipales de la Cuenca Alta del Río Coco

| Municipio | Total, de usuarios | | Cobertura | Sistema |
|--------------------|--------------------|-------------|-----------|--|
| | viviendas | Saneamiento | | |
| Cusmapa | 654 | 588 | 90% | Letrinas ventiladas, inodoros con sumidero. Sin alcantarillado sanitario |
| Totogalpa | 683 | 663 | 97% | Letrinas ventiladas, inodoros con sumidero. Sin alcantarillado sanitario |
| Somoto | 5,696 | 5,696 | 100% | Alcantarillado con STAR ¹² , inodoros con sumidero, letrinas ventiladas |
| Ocotal | 10,137 | 2,715 | 26.78% | Alcantarillado con STAR, inodoros con sumidero. |
| Macuelizo | 103 | 103 | 100% | Inodoros con sumidero, letrinas |
| San Lucas | 480 | 480 | 100% | Letrinas en su mayoría, inodoros solo una fracción menor. Sin alcantarillado |
| Las Sabanas | 345 | 279 | 80 % | Inodoro con sumidero. Sin alcantarillado |
| Total | 18098 | 10524 | | |

La fuente de los datos descritos en esta tabla corresponde a línea base 2020 de este diagnóstico levantada en campo para los casos de San José de Cusmapa, Totogalpa, Somoto y Ocotal y datos suministrados a 2022 por las alcaldías de Macuelizo, San Lucas y Las Sabanas.

En **San José de Cusmapa** no se cuenta con alcantarillado sanitario ni drenaje de aguas pluviales, la ciudad posee distintos tipos de instalaciones de saneamiento. De las 654 viviendas registradas en el 2020, el 90% de ellas tienen letrinas de pozo mejorado con ventilación, el 8% tienen inodoro conectados a sumideros y el 2% no poseen ninguna instalación de saneamiento haciendo uso de instalaciones compartidas y en otros casos defecación al aire libre. La población vierte las aguas grises en las cunetas y calles de la ciudad.

En **Totogalpa** no se cuenta con alcantarillado sanitario ni drenaje de aguas pluviales, la ciudad posee distintos tipos de instalaciones de saneamiento. De las 683 viviendas registradas en el 2020, el 64% de ellas tienen letrinas de pozo mejorado con ventilación, el 33% tienen inodoros conectados a sumideros y un 3% no posee ninguna instalación haciendo uso de instalaciones compartidas y en otros casos defecación al aire libre. Uno de los principales problemas en los sistemas de saneamiento es la baja permeabilidad de lo suelos provocando una rápida saturación del pozo en letrinas y sumideros reduciendo así su vida útil. La población vierte las aguas grises en las cunetas y calles de la ciudad.

En **Somoto** posee un sistema de alcantarillado sanitario tipo convencional y se cuenta con red de drenaje pluvial en un pequeño sector. De las 5,696 viviendas registradas en el 2020, el 58% tienen cobertura del sistema de alcantarillado sanitario, el 15% tienen inodoros conectados a sumideros y el 27% son letrinas de pozo mejorado con ventilación. La planta de tratamiento de aguas residuales tiene dos sistemas independientes ubicados en el mismo predio, el primer sistema compuesto por dos lagunas facultativas dispuestas en serie y el segundo sistema de dos Tanque Imhoff más dos lagunas facultativas dispuestas en serie. La descarga de ambos trenes de tratamiento converge en un mismo punto para descargar al mismo cuerpo receptor (río Cacahulí).

En **Ocotal** se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario tipo convencional y con red de drenaje pluvial en una pequeña proporción de la ciudad. De acuerdo con ENACAL, de las 10,137 viviendas registradas en 2020, el 26% tiene cobertura del sistema de alcantarillado sanitario; asimismo datos de la alcaldía de Ocotal indican solo 45 viviendas tienen inodoros conectados a fosas sépticas y sumideros. No se cuenta con datos de letrinas para este casco urbano. El sistema de tratamiento de aguas residuales tiene unidades de pre-tratamiento (rejillas, trampa de grasa y desarenador), seguido de 9 fosas sépticas y 9 filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA) como tratamiento secundario, con la descarga final al río Coco. Una fosa séptica y un FAFA constituyen un módulo, todos están en operación.

Tanto en **Somoto** como en Ocotal, el laboratorio de ENACAL realiza, según el decreto 21-2017 una vez al mes el muestreo de caudal por 24 horas y el análisis de calidad de agua tanto del afluente (agua cruda) como del efluente (agua tratada) para evaluar la eficiencia de remoción y promover una adecuada operación. En Somoto el efluente cumple con los parámetros de disposición final a cuerpos de agua, según la normativa vigente de nuestro país; en Ocotal el efluente no cumple con los parámetros de disposición a cuerpos de agua y el problema se acrecienta por que el cuerpo receptor es el río Coco.

Macuelizo: En el casco urbano, de un total de 103 viviendas, solo 60 cuentan con unidades de arrastre hidráulico, las otras 43 restantes tienen letrinas. El resto de las viviendas, en su momento, tenían sus propios sumideros o tanques sépticos y otros aun tenían en buen estado sus letrinas.

San Lucas: Se cuenta con un total de 480 viviendas, de las cuales solo tienen 54 inodoros. El tipo de disposición final son sumideros, pues no se cuenta con sistema de alcantarillado sanitario, ni sistemas de tratamiento de aguas residuales in situ. La diferencia de 426 viviendas tiene letrinas, que se consideran en regular a mal estado.

Las Sabanas: El tipo de saneamiento imperante es el inodoro, con disposición final de sumidero, no se cuenta tampoco con sistema de alcantarillado sanitario. El registro en el casco urbano es de 330 viviendas, de las cuales todas cuentan con infraestructura mejorada de saneamiento.

- La cobertura de saneamiento rural de un registro de 10,801 viviendas, al año 2020 base de datos SIASAR es 8,700 viviendas con algún tipo de saneamiento, representando un 81 % del registro.
- El tipo de sistema de saneamiento que prevalece es letrina de pozo mejorada con ventilación (VIP), letrina de pozo con losa y letrina o inodoro de compostaje.
- Somoto y Ocotal son los únicos cascos urbanos con alcantarillado sanitario, necesitándose en Ocotal la rehabilitación y ampliación del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- La situación en general del saneamiento urbano es crítica, ya que solo dos de los siete cascos urbanos cuentan con sistema de alcantarillado sanitario y uno de estos dos necesita mejoras considerables, para no afectar a los afluentes del río Coco, principal recurso hídrico de la cuenca.

7.4. Manejo de los desechos sólidos

En la Cuenca Alta del Río Coco se encuentran 127 asentamientos poblacionales, divididos en: 7 cascos urbanos y 120 comunidades dentro de 7 municipios que abarcan la cuenca.

El capítulo se aborda primero a través del análisis de estudios recopilados de carácter monográfico a nivel nacional e informaciones complementarias a nivel municipal, luego se describe la situación de como se manejan los desechos sólidos en cada uno de los siete municipios de la cuenca.

Ante la ausencia de estudios en la mayoría de los municipios para determinar los parámetros de producción y densidad de los residuos, se recurrió a fuentes secundarias (estudios nacionales, estudios monográficos o presentaciones realizadas por las municipalidades) con cuya información se proyectaron los datos para los municipios que carecían de información.

Según el informe nacional de gases de efecto invernadero, sector desechos, año base 2005 y 2010, UNI, Programa de investigación, estudios nacionales y servicios del ambiente, informes municipales, presentaciones en foros, la producción per cápita para los municipios de la cuenca alta del Río Coco varía entre los 0.41 y los 0.66 kg/p/día y se producen aproximadamente 21,040 toneladas de residuos sólidos anualmente (tabla 35).

Tabla 35: Proyección de generación de residuos sólidos

| Municipios | Población Actual habitantes | Producción per cápita kg/p/día | Producción anual (toneladas) |
|--|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Las Sabanas | 5,162 | 0.53 | 998.59 |
| Urbano | 1,128 | 0.53 | 218.21 |
| Rural | 4,034 | 0.53 | 780.38 |
| Macuelizo | 4,673 | 0.60 | 1,023.39 |
| Urbano | 283 | 0.60 | 61.98 |
| Rural | 4,390 | 0.60 | 961.41 |
| San José de Cusmapa | 2,419 | 0.66 | 582.74 |
| Urbano | 1,629 | 0.66 | 392.43 |
| Rural | 790 | 0.66 | 190.31 |
| San Lucas | 15,526 | 0.62 | 3,513.53 |
| Urbano | 1,570 | 0.62 | 355.29 |
| Rural | 13,956 | 0.62 | 3,158.24 |
| Somoto | 28,010 | 0.41 | 4,191.70 |
| Urbano | 19,597 | 0.41 | 2,932.69 |
| Rural | 8,413 | 0.41 | 1,259.01 |
| Totogalpa | 6,860 | 0.60 | 1,502.34 |
| Urbano | 2,430 | 0.60 | 532.17 |
| Rural | 4,430 | 0.60 | 970.17 |
| Ocotal | 47,701 | 0.53 | 9,227.76 |
| Urbano | 47,701 | 0.53 | 9,227.76 |
| Total general | 110,351 | | 21,040.04 |
| kg/p/día: Kilogramos/persona/día | | | |
| Fuente: Informe Nacional de gases de efecto invernadero, sector desechos, año base 2005 y 2010, UNI, Programa de investigación, estudios nacionales y servicios del ambiente, informes municipales, presentaciones en foros. | | | |

De los 127 asentamientos poblacionales, 23 (7 cabeceras municipales y 16 comunidades que representan el 18% de los asentamientos poblacionales) tienen sistemas de recolección de residuos, haciendo disposición en 9 vertederos, en los cuales no hay mayor tratamiento que la quema y el cubrimiento con tierra cuando los volúmenes han llegado a un nivel considerable.

En 17 comunidades (13.3%) los pobladores entierran los residuos, en 96 comunidades (67%) la queman y en dos comunidades manifiestan que la tiran a sitios baldíos (tabla 36).

Tabla 36: Distribución de comunidades por municipio y la disposición que hacen de sus residuos. Construcción propia, información alcaldías,SIASAR, 2020

| No | Municipio | Cantidad comunidades | Disposición de residuos por comunidad | | | |
|----|-----------------|----------------------|---------------------------------------|------------|-----------|------------|
| | | | Basurero | Enterrada | Otro | Quema |
| 1 | Cusmapa | 3 | 1 | | | 2 |
| 2 | Las Sabanas | 16 | 5 | 1 | | 10 |
| | Urbano | | 1 | | | |
| | Pegador | | 1 | | | |
| | Cipian | | 1 | | | |
| | Villa El Carmen | | 1 | | | |
| | Miramar | | 1 | | | |
| 3 | San Lucas | 31 | 2 | 3 | | 26 |
| | Urbano | | 1 | | | |
| | El Espino | | 1 | | | |
| 4 | Somoto | 40 | 4 | 9 | | 27 |
| | Urbano | | 1 | | | |
| | Santa Isabel | | 1 | | | |
| | Unile | | 1 | | | |
| 5 | Cacaulí | | 1 | | | |
| | Totogalpa | 18 | 4 | 2 | 1 | 11 |
| | Urbano | | 1 | | | |
| | Sabana Grande | | 1 | | | |
| | Santo Domingo | | 1 | | | |
| | Enoc Ortéz | | 1 | | | |
| 6 | Macuelizo | 18 | 5 | 2 | 1 | 10 |
| | Urbano | | 1 | | | |
| | Ococona | | 1 | | | |
| | Zusular | | 1 | | | |
| | Brujil | | 1 | | | |
| | Mata de Plátano | | 1 | | | |
| 7 | Ocotal | 1 | 1 | | | 0 |
| | | 127 | 22 | 17 | 2 | 86 |
| | | | 17% | 13% | 2% | 68% |

En la tabla 36 se puede apreciar que en el 18% de los asentamientos poblacionales se recolectan los residuos sólidos, haciendo su disposición en 9 vertederos, en los cuales el manejo se limita la quema y el cubrimiento con tierra cuando los volúmenes han llegado a un nivel considerable.

Los municipios de la cuenca cuentan con 11 camiones para la recolección de los residuos y su traslado a los vertederos (Somoto cuenta con un camión compactador) (tabla 37). La capacidad instalada de los camiones de recolección de residuos es de 193 m³ por cada viaje. La cantidad de días de recolección varía por cada municipio, desde los siete días por semana que hace Ocotal, los cinco días por semana que hace Somoto, los tres días que hace Totogalpa, los dos días que hacen San Lucas y Las Sabanas, hasta el día de recolección que hacen Macuelizo y Cusmapa.

Tabla 37: Capacidad de recolección de cada municipio y frecuencia por semana. (Construcción propia con información proporcionada por las alcaldías)

| Localidad | Producción/semana (kg) | Camiones recolectores | Capacidad máxima de recolección (m ³) | Días de recolección/semana | Capacidad máxima de recolección/Semana (Kg) * Densidad promedio 0.25 ton/m ³ |
|--------------------------|------------------------|------------------------|---|----------------------------|--|
| Cusmapa Casco Urbano | 7,526 | 1 | 10 | 1 | 10,000.00 |
| Las Sabanas Casco urbano | 4,185 | 1 | 10 | 2 | 20,000.00 |
| San Lucas Casco Urbano | 6,814 | 1 | 15 | 2 | 30,000.00 |
| Somoto Casco Urbano | 96,025 | (4: 3 + 1 compactador) | 80 | 5 | 400,000.00 |
| Totogalpa Casco Urbano | 10,206 | 1 | 10 | 3 | 30,000.00 |
| Macuelizo Casco Urbano | 1,189 | 1 | 8 | 1 | 8,000.00 |
| Ocotal | 176,971 | 2, tres viajes por día | 60 | 3 | 180,000.00 |

La localización de cada vertedero de la cuenca se encuentra en el mapa 14.

7.4.1 Situación por Municipio

Somoto

La frecuencia de recolección de residuos es de dos veces a la semana en el casco urbano y se atienden adicionalmente 2 comunidades, se utilizan 4 vehículos, uno de ellos es un compactador, se cobran C\$ 45 córdobas por vivienda al mes en el centro de la ciudad y C\$ 30 córdobas en los barrios periféricos.

Se cuenta con un relleno sanitario que ya casi terminó su vida útil, en el se depositan los residuos y se hace control de aterrado de los residuos. También se tiene un área para producir compost aprovechando los residuos orgánicos que llegan. La clasificación la hacen personas particulares, quienes lo comercializan con canales de comercialización que ya tienen establecidos.



Foto 10: Vertedero municipal de Somoto, comunidad Chinchal

Totogalpa

En el casco urbano, asentadas en 7 barrios, el sistema de recolección de residuos se dispone con una frecuencia de 2 veces por semana y atiende aproximadamente a 300 viviendas y tres comunidades rurales, el cobro mensual por vivienda es de 20 córdobas.

En el vertedero no hace ningún tratamiento final a los residuos, se depositan a cielo abierto, dándoles control cuando se acumulan grandes cantidades de residuos, llegan al vertedero 75 metros cúbicos a la semana.

Se clasifican los plásticos y con residuos se produce abono que se utiliza en la producción de plantas que se distribuyen a las comunidades.



Foto 11: Vehículo de recolección Totogalpa

Macuelizo

El sistema de recolección de residuos sólidos, que atiende el casco urbano y 6 comunidades, atiende aproximadamente a 300 viviendas, recolectando los residuos con un vehículo de 8 metros cúbicos de capacidad, con una frecuencia de recolección de 1 vez por semana. La tarifa del servicio es de C\$ 10 córdobas por mes por vivienda

Los residuos se depositan en 2 vertederos, uno ubicado en la periferia del casco urbano y otro ubicado cerca de la comunidad de Ococona, en los dos los residuos se depositan a cielo abierto y se le da control con quemas o soterramiento cuando la cantidad de residuos es grande.

San Lucas

La recolección de residuos la realizan en el casco urbano de San Lucas y en la comunidad de El Espino, la frecuencia de recolección es de dos veces por semana en un camión con una capacidad de 15 m³. La municipalidad no cobra por el servicio si no que lo subsidia completamente del presupuesto municipal.

La disposición se hace en un vertedero, donde los residuos sólidos se disponen a cielo abierto, se hace control con quemado y soterramiento cuando las cantidades de residuos dispuestas son excesivas



Foto 12: Vehículo de recolección Macuelizo



Foto 13: Vehículo de recolección San Lucas

Las Sabanas

La recolección de residuos se realiza en los 5 barrios del casco urbano y 4 comunidades, la frecuencia de recolección es de 2 vez por semana utilizándose un camión de 10 metros cúbicos, la tarifa del servicio es de C\$ 15 córdobas a viviendas domiciliarias y C\$ 25 córdobas a domicilios.

La disposición se hace en un vertedero ubicado aproximadamente a 3 km del casco urbano en la carretera hacia Somoto, la disposición es a cielo abierto del material orgánico que se recolecta ya que los plásticos son separados y comercializados.



Foto 14: Vehículo de recolección Las Sabanas

San José de Cusmapa

La recolección de residuos sólidos se realiza en el casco urbano, se realiza con un camión de 10 metros cúbicos. La frecuencia de recolección es de una vez por semana. La municipalidad no cobra por la prestación del servicio al a población.

La disposición se realiza en un vertedero ubicado a 1 km del casco urbano, se hace a cielo abierto con el único control de soterramiento cuando las cantidades acumuladas de residuos son grandes.



Foto 15: Botadero Cusmapa

Ocotal

La recolección se realiza diario, con una frecuencia de 3 veces por semana en los barrios centrales y cada 1 vez a la semana en los barrios periféricos, se utilizan dos camiones cuya capacidad es de 10 metros cúbicos cada uno.

La disposición se realiza en un vertedero ubicado a 3 km al sur de la ciudad, donde se da un control de aterramiento y quema a los residuos.



Foto 16: Vehículo recolector de Ocotal

- Se estima la recolección de residuos en la cuenca alta en 678 toneladas, las cuales no reciben tratamiento, el manejo que se les da genera un riesgo de contaminación al ecosistema, principalmente en los lugares donde se asientan los vertederos, siendo los más críticos por los volúmenes depositados los casos de Somoto y Ocotal.
- De acuerdo, a la descripción de cada municipio se refleja que solamente en los vertederos de Somoto, Las Sabanas y Totogalpa hay acciones de tratamiento, clasificación y transformación de los residuos sólidos.
- En los vertederos el control se hace con la quema de los residuos y soterramiento cuando se acumulan considerables cantidades de residuos en ellos.
- Los vertederos de Somoto y Ocotal ya dieron su vida útil y por su posición sensiblemente ambiental requieren reubicaciones.

8. Uso de suelo

8.1. Análisis multitemporal del uso de suelo.

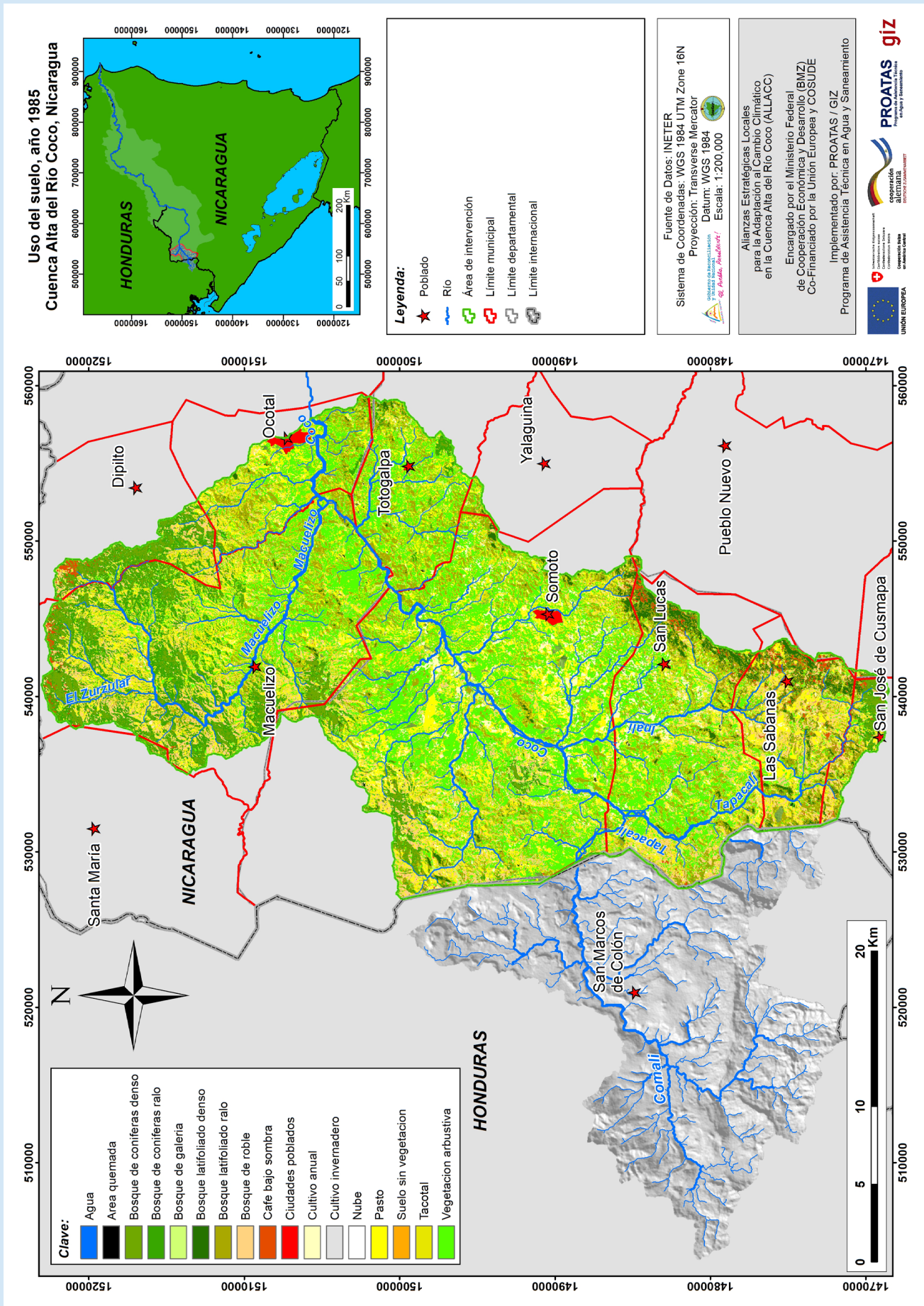
Datos obtenidos del análisis multitemporal de imágenes satelitales, sobre el cambio de uso del suelo, durante el período comprendido entre los años 1985 y 2019, confirman, el proceso de degradación al que se ha sometido, al recurso forestal en la cuenca y del cual se pueden presumir, las consecuencias intrínsecas, para la conservación de los recursos hídricos (Ver, sección 9.3. Factores agravantes de origen antropogénico). En la tabla 38, se pueden distinguir, los diferentes tipos de cobertura, que corresponden a las categorías de uso de suelo en la cuenca.

Tabla 38: Cambio de Uso de Suelo, por período, Cuenca Alta del Río Coco

| No. | Categorías de Uso | 1985 | | 1990 | | 2000 | | 2010 | | 2019 | |
|--------------|---------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | km ² | % | km ² | % | km ² | % | km ² | % | km ² | % |
| 1 | Bosque latifoliado denso | 19.18 | 0.020 | 17.36 | 0.018 | 18.92 | 0.020 | 16.15 | 0.017 | 14.03 | 0.015 |
| 2 | Bosque latifoliado ralo | 113.21 | 0.120 | 97.27 | 0.103 | 56.09 | 0.059 | 68.94 | 0.073 | 76.91 | 0.082 |
| 3 | Bosque de roble | 100.99 | 0.107 | 114.55 | 0.121 | 106.69 | 0.113 | 99.82 | 0.106 | 100.80 | 0.107 |
| 4 | Bosque de coníferas denso | 30.53 | 0.032 | 26.17 | 0.028 | 26.03 | 0.028 | 20.04 | 0.021 | 22.60 | 0.024 |
| 5 | Bosque de coníferas ralo | 69.42 | 0.074 | 79.46 | 0.084 | 69.15 | 0.073 | 81.59 | 0.087 | 75.62 | 0.080 |
| 6 | Bosque de galería | 10.52 | 0.011 | 18.35 | 0.020 | 17.31 | 0.018 | 10.34 | 0.011 | 8.03 | 0.009 |
| 7 | Café bajo sombra | 7.87 | 0.008 | 14.17 | 0.015 | 15.31 | 0.016 | 14.95 | 0.016 | 26.91 | 0.029 |
| 8 | Tacotal | 122.11 | 0.129 | 100.35 | 0.106 | 71.83 | 0.076 | 149.36 | 0.158 | 124.45 | 0.132 |
| 9 | Vegetación ar-bustiva | 275.98 | 0.293 | 272.65 | 0.289 | 303.16 | 0.321 | 232.66 | 0.247 | 203.31 | 0.216 |
| 10 | Pasto | 135.85 | 0.144 | 141.89 | 0.150 | 143.88 | 0.153 | 186.36 | 0.198 | 185.75 | 0.197 |
| 11 | Cultivo anual | 38.47 | 0.041 | 44.01 | 0.047 | 50.14 | 0.053 | 44.79 | 0.048 | 85.14 | 0.090 |
| 12 | Ciudades pobladas | 3.69 | 0.004 | 4.94 | 0.005 | 5.83 | 0.006 | 7.49 | 0.008 | 12.01 | 0.013 |
| 13 | Suelo sin vegetación | 5.16 | 0.006 | 10.16 | 0.011 | 6.64 | 0.007 | 9.31 | 0.010 | 6.93 | 0.007 |
| 14 | Agua | 2.59 | 0.003 | 2.14 | 0.002 | 4.46 | 0.005 | 1.65 | 0.002 | 1.03 | 0.001 |
| 15 | Áreas quemadas | 2.06 | 0.002 | | | 47.96 | 0.051 | | | | |
| 16 | Nubes | 5.90 | 0.006 | 0.05 | | 0.11 | | 0.07 | | | |
| Total | | 943.5 | 100% | 943.5 | 100% | 943.5 | 100% | 943.5 | 100% | 943.5 | 100% |

Del análisis de la tabla anterior, se puede reconocer, pérdidas de cobertura, primordialmente de la vegetación arbustiva, seguido del bosque latifoliado ralo, bosque de coníferas denso y bosque latifoliado denso, originadas, por aprovechamiento inadecuado de madera, corte irracional para leña, incendios forestales frecuentes y quemadas agrícolas no controladas para promover áreas productivas. En el mapa 15 y mapa 16, se puede observar, los cambios de cobertura, entre los años 1985 y 2019.

Mapa 15:
Uso de Suelo, año 1985



La disminución de estas áreas ha dado oportunidad, a la aparición de áreas de pastos, cultivos anuales, café bajo sombra, bosques de coníferas ralo y poblados. También, se hace notar, la afectación de los bosques, por incidencia de incendios forestales, entre los años 1985 y 2000.

Cercano a núcleos urbanos, como la ciudad de Somoto, en áreas de mayor pendiente, se distinguen pequeñas superficies, cubiertas por bosque latifoliado ralo, con desiguales grados de intervención. En áreas más próximas y planas, prevalece, vegetación arbustiva.

En las riberas del río Coco, predominan hoy día, llanos dedicados a la agricultura de subsistencia, donde se cultiva principalmente arroz, frijoles y pastos. Un incremento de estas áreas se puede distinguir, a partir del año 2019.

En el capítulo 5.2, se proporcionan datos, sobre las áreas de cultivo bajo riego, principalmente hortalizas, que se han identificado, a lo largo de los márgenes del río Coco y de sus principales afluentes.

Coberturas de Bosque latifoliado denso, se localizan solamente, en áreas confinadas dentro de la Reserva Natural "Tepesomoto - La Patasta" (capítulo 10: Conservación y protección), situadas al sur y al oeste del límite de la cuenca.

Espacios reducidos, con presencia de bosque de pino denso, aún subsisten en los lindes norte y sur de la cuenca, en los municipios de Macuelizo y San José de Cusmapa. El resto de las áreas de coníferas, se le considera bosque de pino ralo, con alto nivel de degradación.

Zonas cubiertas, por bosques de "Roble Encino" (*Quercus* spp.), han hecho su aparición últimamente, aprovechando áreas que fueron despejadas, por la actividad extractiva de la madera de pino, que ahora compiten por el espacio concedido y dificultando, por ende, la regeneración natural de los bosques de coníferas.

En la actualidad, en general, sobre toda el área de la cuenca, se puede observar, diferentes usos del suelo, donde predomina la presencia de tacotales, vegetación arbustiva, cultivos anuales, pasto, reductos del bosque latifoliado, bosque de pino fuertemente intervenido y degradado, además de la ganadería extensiva.

La tabla 39, demuestra la dinámica del cambio de uso del suelo en la cuenca, lo que permite realizar un análisis más intensivo, sobre las transiciones más notorias, entre los diferentes tipos de cobertura, durante el periodo comprendido entre los años 1985 y 2019.

En el primer período, entre los años 1985 y 1990, disminuyeron considerablemente las áreas de Tacotales, así como los bosques de coníferas denso y bosques latifoliados, concediendo espacio, al aumento de suelos sin vegetación, café bajo sombra, bosques de galería y bosque de coníferas ralo, así como las áreas de ciudades pobladas y el consiguiente aumento, de las áreas de cultivos anuales. Asimismo, aprovechando las condiciones favorables para su propagación, proporcionadas por el aprovechamiento de la madera de pino, surgen, nuevas áreas de Roble Encino (*Quercus*).

Durante la fase de 1999 a 2000, se mantuvo la tendencia reduccionista de las superficies de bosque y tacotales, para dar paso al aumento de nuevas áreas pobladas y de cultivo, ahora aparentemente ubicadas, también, en suelos sin vegetación, donde anteriormente, existieran, áreas con cobertura forestal.

Durante la década 2000-2010, se observa el incremento de tacotales, suelos sin vegetación, áreas pobladas, pastos y cultivos, posiblemente, a expensas de la disminución de las superficies de los bosques densos (de coníferas y latifoliadas), pues también se distingue, un aumento de las áreas de bosques ralos.

Finalmente, durante el curso de los últimos años, entre 2010 y 2019, se mantiene la pérdida de bosques de galería y bosque latifoliado denso, además de tacotales y vegetación arbustiva, tal vez, debido a la ampliación del café bajo sombra, que demuestra un nuevo repunte, así como las áreas de cultivo y espacios poblados.

Tabla 39: Tasa Anual de Cambio, en el uso de suelo, por período, Cuenca Alta del Río Coco.

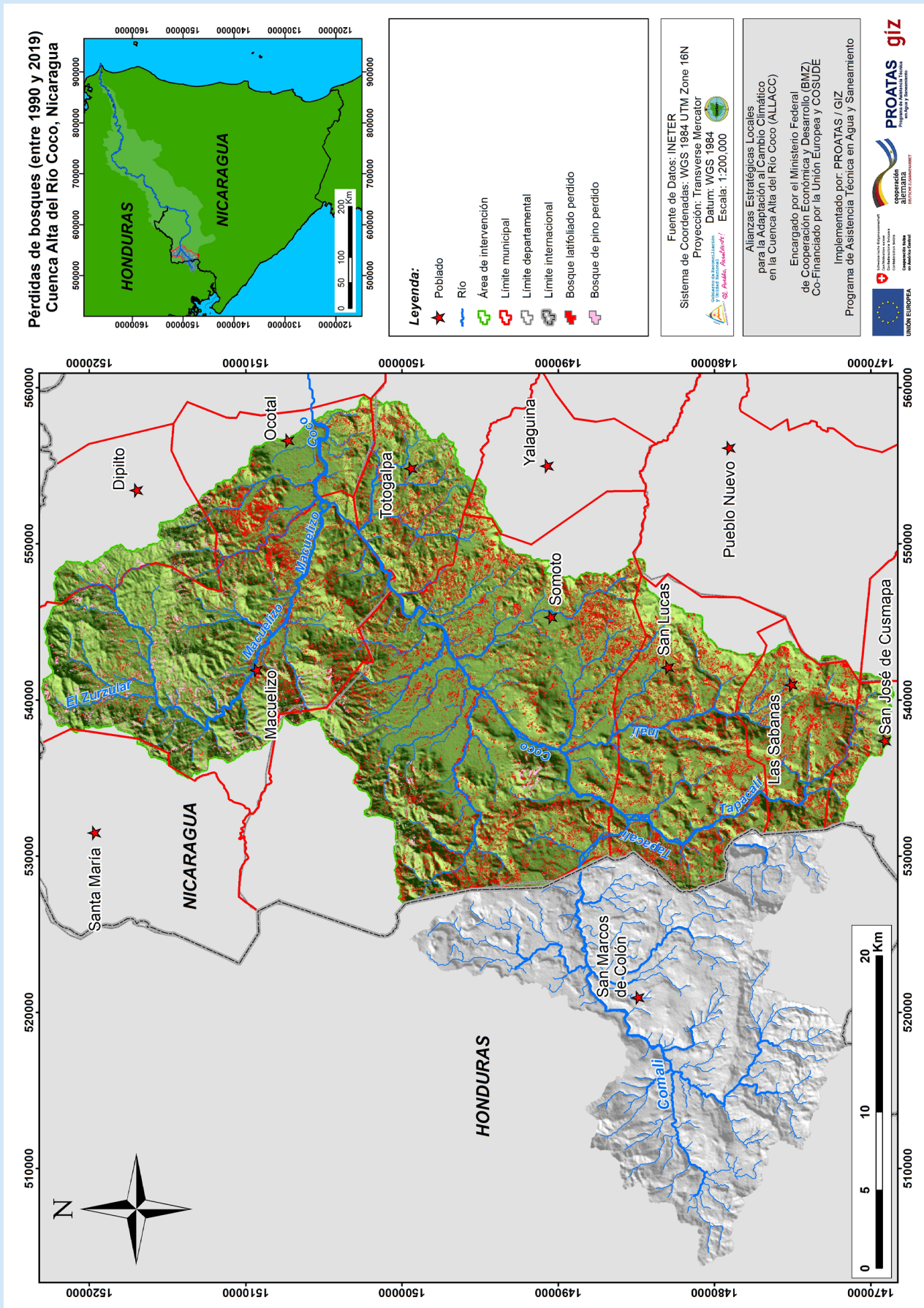
| No | Categorías de Uso | Superficie (en km ²) | | | | | Tasa Anual de Cambio (en %) | | | |
|--------------|---------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------------|---------------|---------------|--------------|
| | | 1985 | 1990 | 2000 | 2010 | 2019 | 1985-1990 | 1990-2000 | 2000-2010 | 2010-2019 |
| 1 | Bosque latifoliado denso | 19.18 | 17.36 | 18.92 | 16.15 | 14.03 | -1.98% | 0.87% | 1.57% | 1.56% |
| 2 | Bosque latifoliado ralo | 113.21 | 97.27 | 56.09 | 68.94 | 76.91 | -2.99% | 5.36% | 2.08% | 1.22% |
| 3 | Bosque de roble | 100.99 | 114.55 | 106.69 | 99.82 | 100.80 | 2.55% | 0.71% | 0.66% | 0.11% |
| 4 | Bosque de coníferas denso | 30.53 | 26.17 | 26.03 | 20.04 | 22.60 | -3.03% | 0.05% | 2.58% | 1.35% |
| 5 | Bosque de coníferas ralo | 69.42 | 79.46 | 69.15 | 81.59 | 75.62 | 2.74% | 1.38% | 1.67% | 0.84% |
| 6 | Bosque de galería | 10.52 | 18.35 | 17.31 | 10.34 | 8.03 | 11.77% | 0.58% | 5.02% | 2.77% |
| 7 | Café bajo sombra | 7.87 | 14.17 | 15.31 | 14.95 | 26.91 | 12.49% | 0.78% | 0.24% | 6.75% |
| 8 | Tacotal | 122.11 | 100.35 | 71.83 | 149.36 | 124.45 | -3.85% | 3.29% | 7.60% | 2.01% |
| 9 | Vegetación arbustiva | 275.98 | 272.65 | 303.16 | 232.66 | 203.31 | -0.24% | 1.07% | 2.61% | 1.49% |
| 10 | Pasto | 135.85 | 141.89 | 143.88 | 186.36 | 185.75 | 0.87% | 0.14% | 2.62% | 0.04% |
| 11 | Cultivo anual | 38.47 | 44.01 | 50.14 | 44.79 | 85.15 | 2.73% | 1.31% | 1.12% | 7.40% |
| 12 | Ciudades pobladas | 3.69 | 4.94 | 5.83 | 7.49 | 12.01 | 6.00% | 1.67% | 2.53% | 5.39% |
| 13 | Suelo sin vegetación | 5.16 | 10.16 | 6.64 | 9.31 | 6.93 | 14.52% | 4.15% | 3.43% | 3.22% |
| 14 | Agua | 2.59 | 2.14 | 4.46 | 1.65 | 1.03 | -3.73% | 7.61% | 9.44% | 5.12% |
| 15 | Áreas quemadas | 2.06 | -- | 47.96 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 16 | No data (Nubes) | 5.90 | 0.05 | 0.11 | 0.07 | -- | -- | -- | -- | -- |
| Total | | 943.53 | 943.52 | 943.51 | 943.52 | 943.53 | 37.85% | -2.07% | -3.31% | 5.17% |

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos del estudio de Mendoza F., 2019.

De la confrontación, entre los diferentes tipos de cobertura, analizados durante todo el período, se logró obtener, además, un mapa, que demuestra las pérdidas de cobertura boscosa, alcanzadas en toda la cuenca, durante la etapa 1990- 2019 (mapa 17).

Mapa 17:

Pérdidas de áreas de bosque, entre 1990 y 2019, Cuenca Alta del Río Coco, fuente: Elaboración propia, en base a datos, proporcionados por Mendoza F., 2019.



A partir de la definición de las áreas que presentan pérdidas de cobertura, se identificaron también los suelos con pendientes pronunciadas (mapa 3), que junto a datos sobre la dinámica de cambio de uso de suelo y la frecuencia con la que estos, se han expuesto a quemas agrícolas o incendios forestales, permitieron la clasificación de áreas en proceso de degradación (mapa 18). En consecuencia, estas extensiones se consideran áreas vulnerables, por encontrarse suelos desprovistos de cobertura, sometidos a labranza agrícola intensiva, quemas frecuentes, expuestos a erosión y proclives a deslizamientos o inundaciones, condiciones que afectan directamente el estado de los recursos hídricos y esencialmente, las fuentes de agua para consumo humano.

Para efectos del presente estudio, se considera como zona de recarga hídrica, a toda la superficie del suelo, confinada dentro de los límites de la cuenca hidrográfica de la Cuenca Alta del Río Coco, donde se capta, infiltra y drena toda el agua que proviene de las precipitaciones.

En función de la protección de los recursos hídricos, para fines de suministro de agua potable, se definieron las "Zonas Vulnerables de Recarga Hídrica", considerando primordialmente (figura 35):

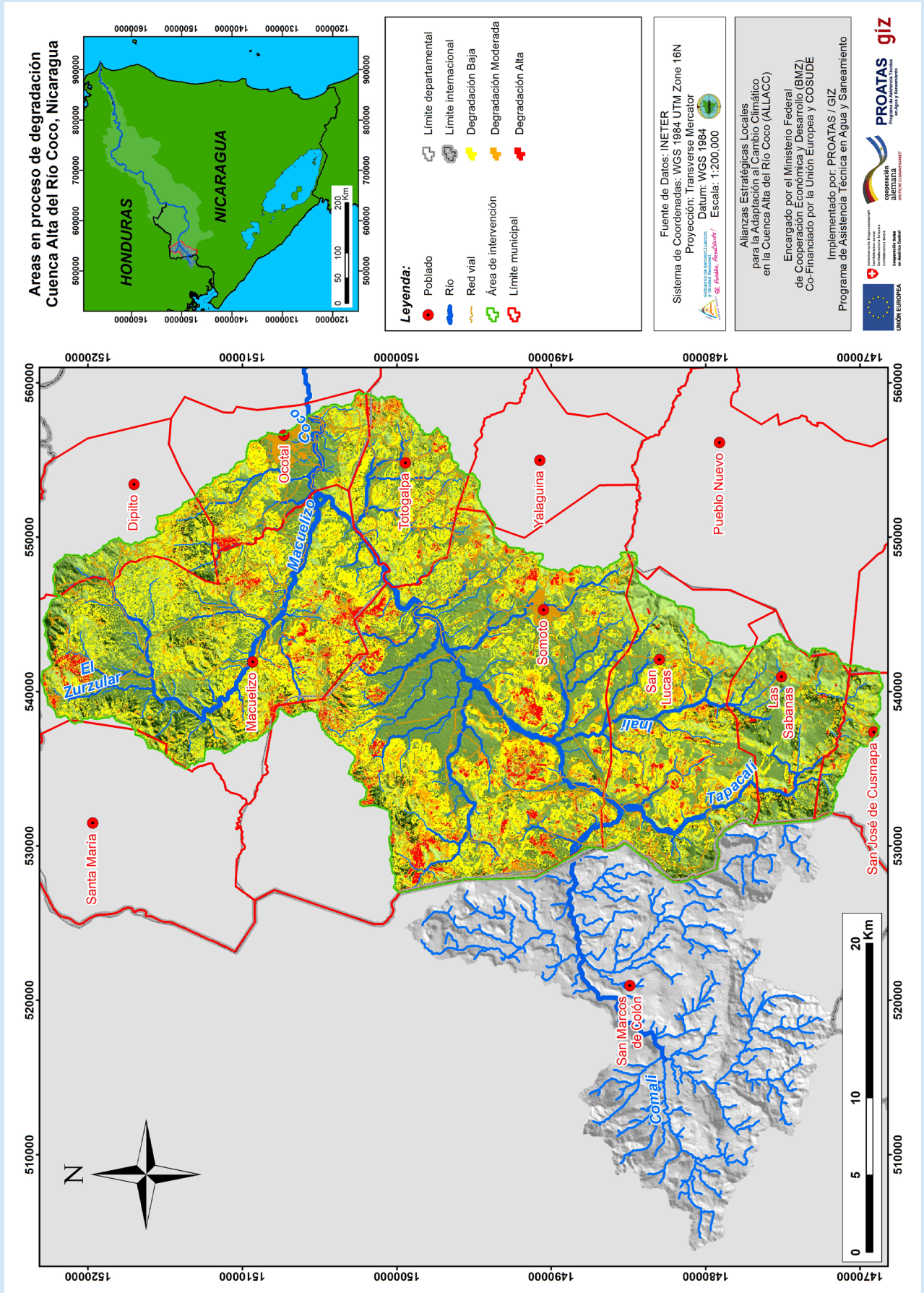
- a) El área de captación que drena hacia el punto determinado como fuente de agua y que por lo general coincide en la CARC, con las partes más altas de las mismas, donde la disponibilidad, depende fundamentalmente de las fuentes superficiales (ríos y manantiales).
- b) La tipificación de los suelos que, dentro de estos lindes, se encuentran en proceso de degradación.

Figura 35: Representación gráfica del concepto de zonas vulnerables de recarga hídrica. Fuente: Elaboración propia, tomando como base la figura sobre "Ciclo del Agua: Importancia, Procesos y Conservación". (geoplaneta.net).



Mapa 18:

Áreas en proceso de degradación de la Cuenca Alta del Río Coco.



- Entre 1985 y 2019, el cambio de uso de suelo en la cuenca provocó la pérdida de lo que antes fueron, 12,454 hectáreas de bosques y vegetación arbustiva, debido al aprovechamiento inadecuado de madera y leña, principalmente. Estos sitios, han dado paso, al aumento de zonas pobladas y áreas para el cultivo y pastoreo.
- La disminución de las áreas de bosques de pino, han creado condiciones propicias, para la aparición del "Roble Encino" (Quercus), lo que dificulta, aún más, la regeneración de los bosques originales, de coníferas.
- El uso de datos, provenientes del análisis de cambio de uso de suelo, permitió determinar áreas en proceso de degradación, las que sustancialmente se ubican al norte (Macuelizo), oeste (Somoto) y sur (San Lucas), que, en función de la protección de fuentes de agua, permiten determinar zonas vulnerables de recarga hídrica.

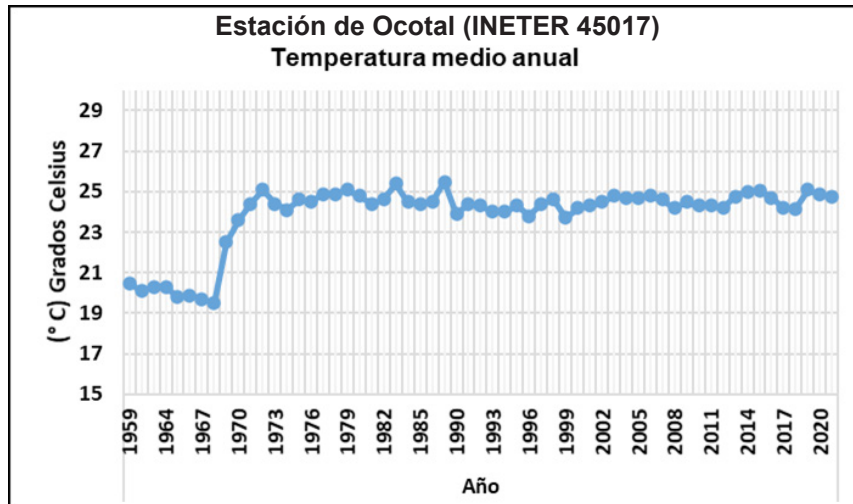
9. Impacto del cambio climático

Este capítulo está enfocado a los posibles impactos del cambio climático en el corredor seco de Nicaragua y su relación con los recursos hídricos. Específicamente, se analiza el cambio climático y sus impactos en la Cuenca Alta del Río Coco.

9.1. Indicadores del cambio climático

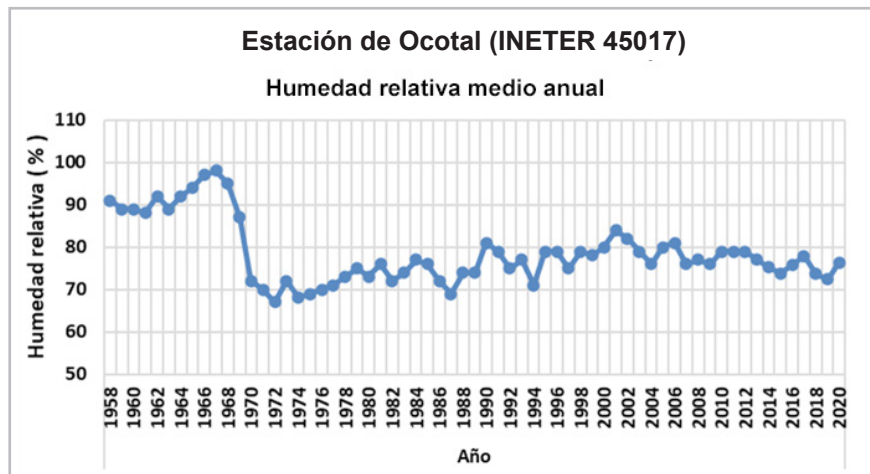
A como se mencionó detalladamente en el acápite 2.2, un indicador fuerte del cambio climático es la temperatura, su dramático aumento fue observado en la CARC por el registro de la estación meteorológica de Ocotal. La temperatura medio anual de los años 1959 - 1968 oscilaba entre 19.5 y 20.5 (° C) grados Celsius, para saltar súbitamente a 22.5 (° C) en 1969 - a 23.6 (° C) en 1970 - a 24,4 (° C) en 1971 - y a 25.1 (° C) en 1972, y se mantuvo a un nivel de más de 24 (° C) hasta el año 2012 (figura 36-1).

Figura 36-1: Temperatura medio anual en la estación de Ocotal (1959-2021)



Como se explicó en el capítulo 2.2 para comprobar que el fenómeno del cambio de temperatura no se debió a un error de medición, se verificaron los demás parámetros meteorológicos: evapotranspiración y humedad. Para los años referentes la humedad relativa también mostró una ruptura de modo análogo al fenómeno observado con la temperatura (figura 36-2).

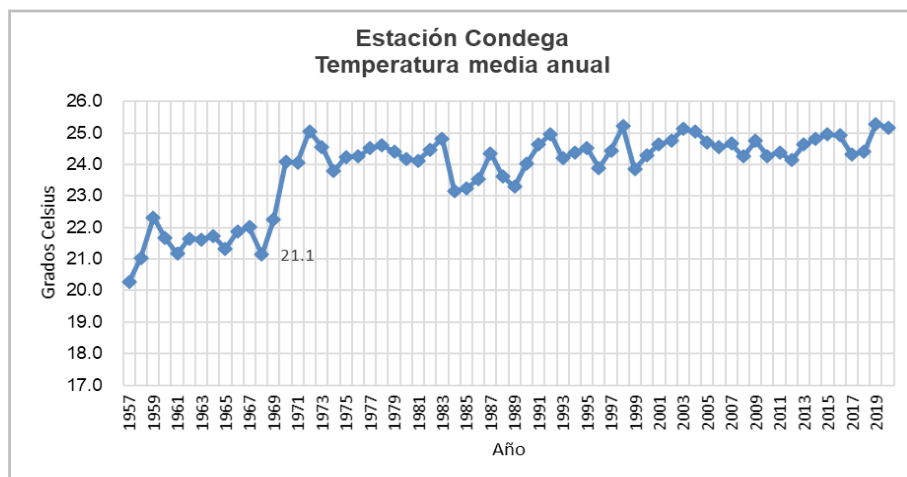
Figura 36-2: Comportamiento de la humedad relativa de la estación Ocotal



En el capítulo 2 Clima, se mencionaron las revisiones de una serie de mediciones históricas de temperatura y de humedad relativa en las estaciones de Condega, ingenio San Antonio y de Chinandega (estudio de referencia: diagnóstico de los recursos hídricos en la cuenca Entre volcán Cosigüina y río Tamarindo, 2018) y de igual manera mostraron el mismo salto brusco en los mismos rangos de la temperatura medio anual detectados en la estación de Ocotal. Sin embargo, la tendencia se invirtió después de 7 años y las temperaturas regresaron a su nivel anterior, al contrario de la estación de Ocotal y de la Cuenca Alta del Río Coco, donde la temperatura medio anual se mantuvo al nivel más alto. Los datos de temperatura de la estación Condega (periodo 1957-2020), la más próxima a la estación de Ocotal, muestran un

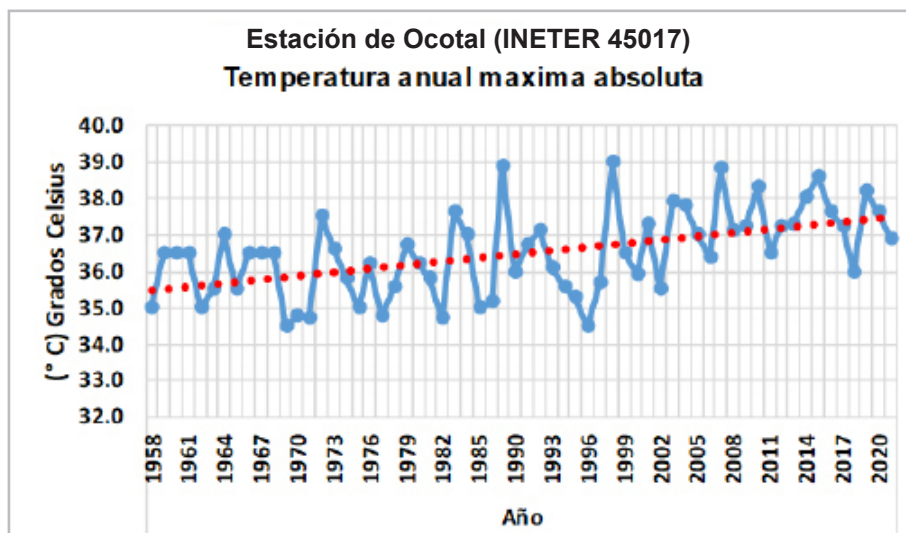
aumento de temperatura a partir de 1968 y luego su comportamiento se ha mantenido entre 23 y 25 grados Celsius (figura 37).

Figura 37: Comportamiento de la temperatura en la estación de Condega (1957-2020)



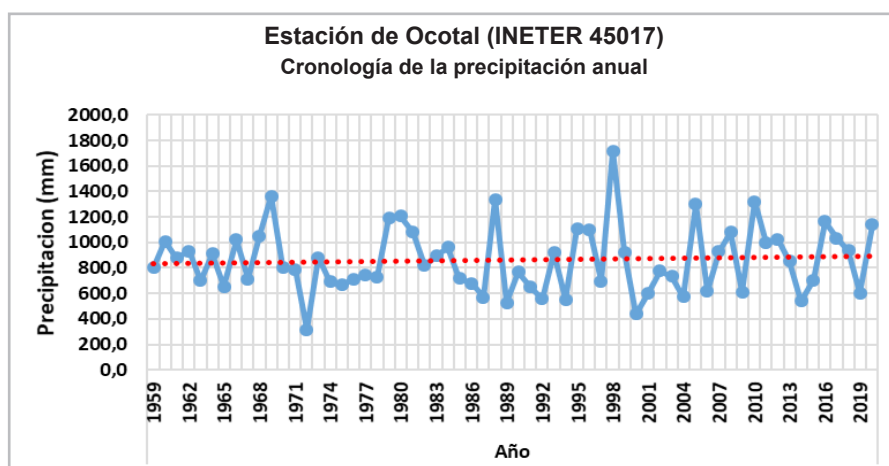
La siguiente figura 38 muestra las temperaturas anuales máximas absolutas que demuestran un aumento continuo de estas temperaturas y así la continuación del cambio climático.

Figura 38: Temperatura anual máxima absoluta de la estación de Ocotal



La pluviosidad anual media de muchos años es relativamente constante y no demuestra una cierta tendencia (figura 39). Por otro lado, desde la época 1997/98 se puede observar una tendencia hacia precipitaciones más extremas.

Figura 39: Comportamiento de la precipitación media anual de la estación de Ocotal



9.2. Impactos directos al ciclo hídrico

Hasta 2020, fecha de corte con datos disponibles de la temperatura, no es posible establecer una relación directa entre el aumento de la temperatura en la cuenca y los impactos directos que puedan darse al ciclo hídrico; ya que no existen los suficientes datos disponibles de escorrentía y recarga de aguas subterráneas para llevar a cabo un análisis de las posibles afectaciones en la disponibilidad de agua de la cuenca.

Si existieran datos suficientes y representativos de todos los parámetros del ciclo hídrico de la cuenca, fácilmente se pudieran medir las afectaciones por aumento de temperatura, siendo estas: cambios de pluviosidad (aumento o disminución) y de frecuencia de la precipitación, de aumento de evaporación y evapotranspiración, aumento de escorrentía en cortos periodos de tiempo y reducción de la recarga de las aguas subterráneas.

9.3. Factores agravantes de origen antropogénico

Hay actividades en la Cuenca Alta del Río Coco que aumentan los impactos negativos del cambio climático. Entre las actividades más críticas que fueron identificadas se encuentran, la falta de regulación de cambio de uso de suelo que constituye el mayor riesgo potencial para los recursos hídricos. Se puede diferenciar entre las siguientes cuatro prácticas que perjudican los recursos hídricos:

a) Deforestaciones por subsistencia:

Pequeños productores que no tienen acceso a las tierras aptas de cultivo se ven obligados a ocupar zonas altamente vulnerables (tierras en pronunciadas pendientes) talando los bosques que protegen los suelos (foto 17).



Foto 17: Venta de leña en parada de buses, sitio Roca Dura, Ocotal.

b) Deforestaciones comerciales:

Muchas veces se trata de talas de árboles ilegales por sus valores monetarios (foto 18).



Foto 18: : comunidad Poza Galana, Macuelizo.

c) Explotación de suelo por monocultivo:

Monocultivos de pino son caracterizados por desmontes completos extensos y así puedan agravar los procesos de degradación y erosión del suelo, especialmente de las tierras en pronunciadas pendientes.

d) Ampliación de tierras de pastoreo para la ganadería

Entre 1985 y 2019 se demostró una expansión significativa de pastizales en antiguas áreas forestales. Especialmente en pendientes pronunciadas, esto conduce a pérdidas de suelo debido a la erosión y la pérdida de capacidad de almacenamiento de agua.

Existe un vínculo entre estas actividades agravantes y temas de capacidad institucional y financiera, infraestructura y ejecución de las leyes existentes. La capacidad institucional y financiera al nivel local y nacional es insuficiente para el manejo adecuado de los recursos naturales de la cuenca especialmente para el control de las actividades arriba mencionadas. Bajo estas condiciones una gestión integrada y eficiente de los recursos hídricos es prácticamente imposible. Además, la ejecución de las leyes respecto a la conservación y protección de los bosques y de los recursos hídricos es insuficiente.

- 💧 Un cambio radical de la temperatura media entre 1969 hasta 1973 y de las temperaturas anuales máximas absolutas entre 1958 hasta 2020 indica el cambio climático en la Cuenca Alta del Río Coco.
- 💧 Debido a los datos insuficientes, particularmente sobre la escorrentía y las aguas subterráneas, no es posible establecer una relación directa entre el aumento de la temperatura y el ciclo hídrico en la Cuenca Alta del Río Coco.
- 💧 Las prácticas de deforestaciones por subsistencia, por razones comerciales y por explotación de suelo por monocultivo y pastorales perjudican los recursos hídricos.
- 💧 Estas prácticas son acompañadas y facilitadas por capacidades institucionales y financieras limitadas, también se debe mejorar la ejecución de las leyes pertinentes para lograr un manejo adecuado de los recursos naturales de la cuenca.

10. Conservación y protección

En este capítulo se describen las zonas de protección vinculadas con el recurso hídrico, dentro de la clasificación se encuentran las zonas directas e indirectas.

Las zonas de protección directas dentro de la cuenca deben relacionarse a perímetros circundantes a las principales captaciones de agua superficial: ríos, lagos, embalses y subterránea: pozos. Su principal objetivo es evitar la contaminación por desechos sólidos y/o vertidos. Actualmente en la cuenca no existen áreas que directamente se hayan declarado, como zonas de protección o conservación de los recursos hídricos.

La ley 620 y su reforma 1046 (Ley general de Aguas Nacionales) aprobada el 15 de mayo de 2007, define entre otras, como funciones técnicas-normativas de la ANA, proponer las declaratorias de zonas de veda, de protección o de reserva de aguas (Artículo 20 sexies, literal e) y Artículo 109). Estas áreas podrían ser declaradas por MARENA, considerando los planes nacionales, así como otros instrumentos de planificación a nivel de cuencas o de ordenamiento territorial (nacional, regional y municipal) aún sin contar, con los estudios técnicos que elabora la ANA.

10.1. Agua superficial (zonas y otras medidas de protección)

Fuentes de agua superficiales, tales como ríos o quebradas, son comúnmente utilizadas por las familias del área rural, para uso doméstico o pequeños balnearios improvisados en época de verano. Dichas fuentes todavía no cuentan con zonas de protección que permitan restringir otros usos dentro del cuerpo de agua. Incluso se ha podido confirmar que existen zonas de los márgenes de los ríos Macuelizo y Coco que están siendo utilizadas de manera privada para extracción de arena y piedra la mayor parte para elaborar material constructivo. Al respecto se identificaron los siguientes sitios: río Coco en puente de ciudad Ocotál, en Macuelizo: en la comunidad Batidero en el sector de la Soledad, en Ococona en el sector de la Playa y en la comunidad Las Peraltas (fotos 19 y 20).

Estas extracciones de arena causan cambios drásticos en los márgenes y el lecho de los ríos generando a la vez un gran impacto ambiental en ecosistemas frágiles si no se maneja adecuadamente.

Los principales impactos de la extracción de arena en los regímenes de caudal de los ríos de la CARC son:

- Un aumento de los caudales y, por lo tanto,
- a la erosión fluvial en taludes del sector Las Playas, Macuelizo y en algunos barrios de Ocotal (Roberto Gomez y Jose Santos Rodriguez, referencia: informe geológico en la Cuenca Alta de Río Coco, INETER 2020).
- la disminución de los niveles de agua de río Macuelizo en comunidad Ococona y municipio de Macuelizo y río Coco en Somoto y Ocotal,
- la disminución del nivel freático de los acuíferos ribereños equivalente a acuíferos aluviales no confinados de la cuenca presentes mayormente en los ríos de Macuelizo y Coco municipio de Somoto, Ocotal y Macuelizo.
- la susceptibilidad a las inundaciones especialmente río abajo (los bancos de arena actúan como barreras contra las inundaciones. Cuando la extracción de arena elimina tales barreras, las áreas cercanas al río son más susceptibles a las inundaciones)

También hay un impacto negativo a los ecosistemas acuáticos:

Cuando se extrae arena de los lechos de los ríos, puede causar turbidez en el agua. Tales procesos también pueden afectar negativamente a la vida silvestre acuática.

Por otro lado, se tienen casos donde las fuentes administradas por CAPS cuentan con zonas de protección bien limitadas a través de la instalación de un cercado (de postes de madera y alambre de púas, en la mayoría de los casos), para restringir el acceso y evitar algún tipo de contaminación. Este tipo de medidas de restricción, no garantiza necesariamente, que las aguas superficiales, no se expondrán a algún tipo de contaminación por desechos sólidos o vertidos u otro tipo de contaminación.



Foto 19: Río Coco, 500 m del puente Ocotal, costado sur.



Foto 20: Río Macuelizo, extracción de arena, comunidad Paraisito (sector Siquia).

10.2. Agua subterránea (zonas y otras medidas de protección)

Existe una gran cantidad de pozos excavados y en menor medida, de pozos perforados, destinados al aprovisionamiento de agua, para el consumo humano. Solamente los pozos administrados por ENACAL cuentan con cercas perimetrales (de tubería metálica y malla ciclón, en su mayoría) que restringe el acceso a la fuente de agua. Salvo algunas excepciones, el radio de este perímetro excederá los 5 metros, como promedio, lo cual cumple, con los rangos de protección de algunas restricciones contempladas en la norma NTON 09-006 11 requisitos ambientales para la construcción, operación y cierre de pozos y el caso de la NTON 05-02705 para regular los sistemas de tratamiento de aguas residuales y su reuso y la NTON 05-00401 que establecen las limitaciones de área de protección. Actualmente no existen normativas legales derivadas de la Ley No.1046 que describan zonas de protección para las fuentes de agua subterráneas y puedan delimitar el tipo de actividades comerciales en lugares de interés para el aprovechamiento de las aguas subterráneas.

Al igual, que las fuentes de agua superficiales, la mayoría de los pozos excavados a mano, desde donde se abastecen las familias en el campo, están expuestos, a la contaminación bacteriológica, debido a la manipulación de los recipientes, con los que se extrae el agua para consumo.

De manera similar a las fuentes de aguas superficiales, los pozos administrados por los CAPS cuentan con cercas perimetrales y cubiertas de protección, lo cual evita que el agua extraída se encuentra menos expuesta a la contaminación.

10.3. Áreas protegidas y planes de manejo

Las áreas protegidas, son consideradas, zonas de protección indirectas, del recurso hídrico, pues suponen que, al conservar la cobertura forestal, se mejora la capacidad de infiltración del agua en el suelo y contribuyen además a evitar la erosión.

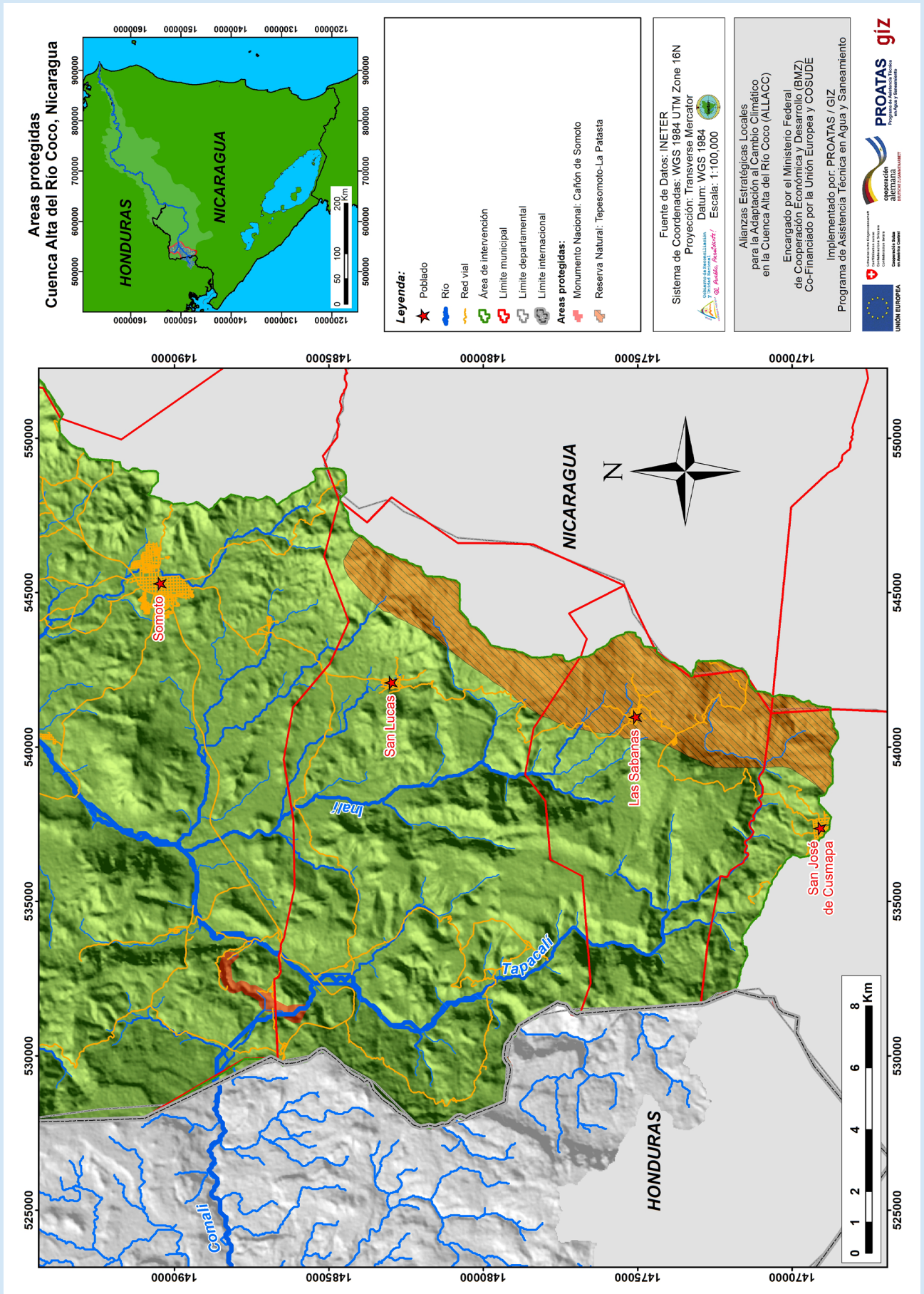
En la cuenca se encuentran determinadas, dos tipos de áreas protegidas, que por su categoría de manejo son catalogadas así (mapa 19):

Área Protegida, Reserva Natural Tepesomoto - La Pataste.

Área Protegida, Monumento Cañón de Somoto.

Mapa 19:

Áreas protegidas, dentro de la Cuenca Alta del Río Coco, según categoría de manejo.



Fuente: Elaboración propia, mediante datos, suministrados por INETER.

Ubicada en el extremo Suroriental de la cuenca, la Reserva Natural Tepesomoto - La Pataste, abarca 8,700 hectáreas (Zona núcleo) de las tierras altas, de las serranías ubicadas entre los municipios de Somoto y San Juan de Limay. Se creó, mediante decreto ejecutivo, 42-91, del 1 de octubre de 1991.

Dentro de la cuenca, se encuentra un poco más del 30% de su extensión superficial (3,722.84 ha), distribuida, de sur a norte, entre los municipios de San José de Cusmapa, Las Sabanas, San Lucas y Somoto.

Mediante el mismo decreto ejecutivo, se faculta a MARENA e INETER, para definir los límites de la reserva, categorizar su manejo y protección, y a desarrollar junto con las autoridades municipales, acciones para establecer mecanismos de regulación y control, protección forestal y restauración ecológica de áreas degradadas, todo ello, en función de conservar los ecosistemas e impedir su deterioro.

Cuenta con un plan de manejo, elaborado en el año 2006 y publicado en 2008. El régimen de propiedad de la tierra es privado, aunque según el documento, 20% del área, pertenece al estado de Nicaragua, pues comprenden, bosques y cañadas.

Uno de los principales problemas, que enfrenta esta reserva, es la falta de presencia institucional, pues el régimen de manejo no contempla personal de MARENA que permanezca en la zona, lo cual incentiva, actividades ilegales, tales como la extracción de leña y madera o el uso intensivo de los suelos, para la producción agropecuaria, que han provocado el avance de la frontera agrícola, hacia las partes más altas de la reserva, deforestando en áreas de recarga, para establecer cultivos y pasturas.

Una actualización del Plan de Manejo, efectuada en el año 2021, hace ver que el área protegida se encuentra amenazada, tanto por factores físicos y naturales, así como por actividades antropogénicas que provocan el deterioro de las zonas de recarga hídrica. El cambio de uso del suelo, en las áreas de bosques, hacia terrenos de cultivo y pastoreo, han afectado extensiones de bosque natural, en detrimento de las regiones conservadas de pinares y de las especies que sobreviven bajo su resguardo.

Área Protegida, Monumento Cañón de Somoto.

Se encuentra ubicada en el extremo suroccidental de la cuenca, cercana a la frontera con Honduras. Declarada Monumento nacional, a través de la Ley 605, aprobada por la Asamblea Nacional, el 29 de noviembre de 2006.

Con una extensión de 165.77 ha (zona núcleo), distribuidas entre los municipios de San Lucas y Somoto, cuenta con un plan de manejo, aprobado el 8 de diciembre de 2008, mediante resolución ministerial No. 033-2008 del MARENA.

El área cuenta con su Plan de Manejo, el cual implica la observación de normas generales para la conservación de los entornos naturales, de acuerdo con las cuatro zonas de manejo definidas, además de la zona de amortiguamiento.

Sin embargo, debido al gran número de visitantes, el manejo de la basura residual es una gran amenaza para la conservación del recurso hídrico, así como prácticas agrícolas, de pastoreo o aprovechamiento forestal domiciliario, que son permitidos a los pobladores asentados dentro del área y que se suman a la carga de contaminantes de este mismo tipo y de otras, que provienen de residuos vertidos río arriba, sobre el lecho del Comalí, y Tapacalí, afectando la calidad del agua.

Además, la deforestación causada por el avance de la frontera agrícola en las áreas de recarga de estos mismos afluentes y la extracción de agua para riego, en los meses del período seco, disminuye considerable su caudal.

Laguna La Bruja.

Localizada en la comarca El Pegador, Municipio de las Sabanas, distante a 1.7 kilómetros al Norte del poblado que lleva el mismo nombre, sobre la carretera que conduce a Somoto (16P 540715, 1476425).

Posicionada a 1,160 msnm es una depresión de materiales erosionados, de origen volcánico, donde se acumulan depósitos aluviales, que carecen de drenaje superficial, sobre un relieve montañoso, a orillas de la Loma La Reforma.

Las fracturas geológicas en la parte alta del terreno permiten la dispersión de materiales durante la época lluviosa, a causa de la escorrentía. De igual manera, estas grietas o fisuras permiten el drenaje subterráneo, hacia la laguna Los Moncada, localizada 400 metros al oeste y a 1,147 msnm (13 metros más abajo, de la anterior).

Juntas, forman un sistema de depósito e infiltración de agua pluvial, que avanan hacia el río Inalí y consecuentemente, al Coco.

Ambas son cuerpos de agua de forma elíptica con profundidad promedio de 2.5 metros y similar extensión superficial (2 hectáreas, aproximadamente), parcialmente cubierta por vegetación propia de humedales.

La Bruja, dado el manejo y estado de conservación, presenta una gran biodiversidad, especialmente de aves.

- 💧 El principal uso de la cobertura forestal en la Cuenca Alta del Río Coco es para comercialización de madera de pino, zonas como la cordillera de Tepesomoto-Lapataste y alrededores de Macuelizo tienen altas tasas de deforestación.
- 💧 En las principales captaciones de agua superficial de la cuenca, no existen, zonas directas, que se hayan declarado, para la protección o conservación de los recursos hídricos.
- 💧 Como zonas de protección indirectas, se podrían considerar solamente, las áreas protegidas de la cuenca (Reserva Natural Tepesomoto-La Pataste y Monumento Cañón de Somoto) además del Geositio Laguna La Bruja, en el entendido, que, para éstas, se protege y conserva la cobertura forestal.

11. Intervenciones artificiales en el régimen natural de las aguas

En esta cuenca no existe intervenciones por obras de infraestructura temporales o permanentes de relevancia que generen una afectación directa en el curso de los ríos, disminuyan considerablemente el caudal, o que limite el aprovechamiento de las aguas superficiales por parte de los productores o comunitarios.

En otras cuencas del país con más potencial hídrico, la intervención en el régimen natural de las aguas superficiales está vinculada a la construcción de obras hidráulicas para aprovechar los ríos, como: canales, canaletas, instalación de sistemas de tuberías de extracción con bombas, establecimientos de embalses y represas fijas y/o temporales como se pudo comprobar en la cuenca 64 (entre río Tamarindo y el volcán Cosigüina, en el occidente del país).

En este caso en la Cuenca Alta del Río Coco es frecuente la instalación de bombas o motores de baja o mediana capacidad (de 1 a 10 HP) que se instalan en su mayoría en las riberas de los ríos en la temporada de verano, además se pueden observar pequeñas presas construidas de forma artesanal con rocas de la zona sobrepuestas de manera temporal o con sacos llenos de arena (fotos 21 y 22).



Foto 21: Bombas instaladas de forma temporal, sitio El Guayabo viejo, Somoto



Foto 22: Pequeñas represas hechas con sacos, Quebrada Honda, Las Sabanas

Tampoco existen infraestructuras temporales o permanente de relevancia (presas de menor o mediana escala) que generen una afectación directa en el curso de los ríos.

Ejemplos de sitios que tienen condiciones para ese tipo de construcción son en el segmento del río Coco aguas arriba del cañón de Somoto y el valle del río Tapacalí, esta área corresponde a la zona con la mayor precipitación en la cuenca. Una represa del río Coco aguas arriba del Cañón de Somoto se extendería hacia el valle del río Comalí y hacia Honduras lo que necesitaría acuerdos con el país vecino.

💧 No existen obras hidráulicas para la retención y aprovechamiento del agua superficial, como pequeñas presas o de otra escala mayor, lo que provoca que no se almacene o retenga el agua para ser utilizada en los periodos de verano para el riego o para otros oficios.

12. Conclusiones

La asignación de la CARC al corredor seco de Nicaragua sugiere que esta cuenca hidrográfica sufre de escasez de agua y se ve afectada por frecuentes sequías. Sin embargo, con los resultados del diagnóstico solo se puede confirmar parcialmente esta evaluación, ya que de acuerdo al análisis de diferentes escenarios climáticos, aun en los escenarios con años de sequía (años seco y muy seco de acuerdo con importe de la pluviosidad anual, acápite 2.1 y 6.4 del diagnóstico) no se puede diagnosticar una escasez general de las aguas. En este contexto, debe hacerse una distinción entre los recursos hídricos teóricamente disponibles y el uso de estos recursos para el suministro de agua potable y el riego. De acuerdo con el balance hídrico calculado, la oferta de agua excede el consumo/demanda actual. Por otro lado, son numerosas las comunidades que no tienen acceso a un suministro adecuado de agua potable. Esta contradicción se refiere al problema real de la gestión de los recursos hídricos en la CARC: No existe una estrategia para el uso sistemático de los recursos hídricos disponibles que se adapta a las características climáticas locales.

En primer lugar, no existe un inventario detallado y un mapeo de los recursos hídricos utilizables localmente y su productividad. Estos incluyen ríos y manantiales perennes y los acuíferos. En base a esto, se requiere la planificación detallada de la infraestructura de suministro de agua adaptada. Esta planificación no debe limitarse a los municipios individuales, sino que debe cubrir toda el área de la cuenca. Los recursos hídricos son transfronterizos y no pueden gestionarse por fronteras municipales. La GIRH ofrece el enfoque adecuado para ello integrando a todos los actores relevantes en la planificación desde el principio y, por lo tanto, también aclarando problemas específicos, como los problemas de propiedad de la tierra, en una etapa temprana y en toda la zona de la cuenca.

En comparación con los recursos de agua superficial, la CARC tiene recursos de agua subterránea relativamente bajos. Sin embargo, estos podrían usarse mucho mejor a través de estudios hidrogeológicos detallados.

La CARC tiene un fuerte relieve con flancos montañosos parcialmente escarpados y, por lo tanto, está particularmente amenazada por la erosión. Los fenómenos meteorológicos extremos en forma de fuertes lluvias (ciclos ascendentes), detalladas en acápite 2.1, tabla 8 y tabla 12, como resultado del cambio climático y las actividades antropogénicas contribuyen a los impactos negativos descritos en la sección 9.2. En particular, la deforestación, los monocultivos (forestales) y el desplazamiento de las tierras agrícolas a laderas pronunciadas contribuyen significativamente a la degradación de las zonas vulnerables de recarga hídrica (resultados detallados en acápite 8.1 y mapas 17 y 18).

Un control y prevención sostenible y completo de estas influencias antropogénicas negativas son indispensables. Además, las áreas forestales existentes deben ser protegidas y gestionadas de manera sostenible.

La calidad de las aguas superficiales y subterráneas es predominantemente buena. Sin embargo, se encontraron elevados niveles de gérmenes coliformes en algunas muestras. En las muestras de agua de las distintas plantas de tratamiento de agua potable rurales y urbanas no se detectó contaminación por encima de los valores límite permitidos.

El saneamiento en el CARC todavía necesita mejoras, pero está significativamente mejor que el suministro de agua potable. En este contexto, la atención debe centrarse en el alcantarillado urbano mediante el aumento de la tasa de conexión de los hogares privados a la red y la mejora del tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Un problema transversal es el monitoreo muy limitado de los recursos hídricos y del uso de la tierra y los ecosistemas. Datos confiables sobre el estado cualitativo y cuantitativo de recursos hídricos son indispensables para la gestión sostenible de los recursos hídricos y para la planificación de las infraestructuras de suministro. Deben elaborarse y aplicarse estrategias y rutinas apropiadas para el monitoreo ambiental, así como el monitoreo cualitativo e hidrométrico de los recursos hídricos.

C. PLAN DE ACCIÓN

1. Introducción

El objetivo del capítulo C es presentar los problemas prioritarios de la CARC basados en el capítulo B (cadenas causa - impacto, cap. 2) e identificar soluciones sostenibles en forma de un Plan Operativo General (POG). El POG fue desarrollado en un taller que se relata abajo (cap. 3).

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

3 Definir medidas que contribuyan a una solución sostenible de los problemas prioritarios y garanticen el suministro de agua y la protección de los recursos hídricos, mejorando así la resiliencia de la cuenca y sus habitantes a los efectos del cambio climático a largo plazo.

El plan de acción tiene las siguientes características y funciones:

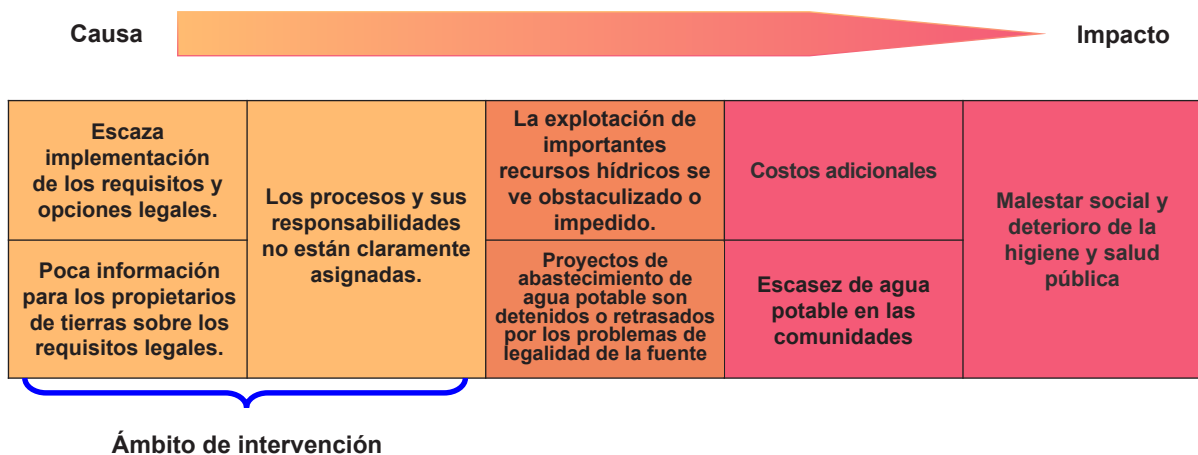
- El plan de acción es resultado de un taller con una metodología determinada involucrando todos los actores relevantes del sector de agua en la Cuenca Alta del Río Coco (Ver Cap. 2).
- El plan de acción contiene acciones concretas que responden principalmente a los problemas prioritarios derivados del diagnóstico de los recursos hídricos de la cuenca y cuya implementación fue decidida por los participantes del taller.
- La responsabilidad para la implementación del plan de acción está distribuida entre los diferentes actores de acuerdo con su mandato y las características de los temas de intervención.
- El plan de acción es un plan operativo general (POG) que debe ser implementado en un periodo de 3 a 5 años.
- El POG no substituye la planificación detallada de cada medida de los diferentes temas de intervención que exigen sus POAs individuales.
- El plan de acción también es un plan dinámico que debe ser actualizado después de 3 años o, si fuese necesario, durante su plazo.
- El monitoreo de su implementación debería ser efectuado de forma bimestral.

2. Problemas identificados y sus cadenas causales

La **Parte C: Plan de Acción del PGIRH** se basa en los resultados de la **Parte B: Diagnóstico**, específicamente en los problemas y temas de intervención que se identificaron durante este proceso. En este capítulo se analizan estos problemas, y su estudio a través de cadenas causales permitió conocer sus causas e impactos siendo estas la base para plantear las soluciones que generarán la transformación del estado negativo actual hacia un estado positivo futuro. Así, las acciones implementadas garantizarán el mejoramiento de la gestión integrada de los recursos hídricos especialmente de la protección de su calidad y del aseguramiento del suministro de agua.

Según el diagnóstico, se identificaron los siguientes siete problemas prioritarios, a continuación, se muestra el desarrollo de la cadena causal para cada uno de ellos:

a. **Difícil acceso de los prestadores de servicio público a las fuentes de agua que se encuentran en propiedad privada.**



b. Insuficiente protección de las zonas vulnerables de recarga hídrica (Deforestación y extremos fenómenos meteorológicos extremos provocan la erosión y reducen la retención e infiltración de las aguas superficiales).

| Causa | | | | | Impacto | |
|---|---|--|--|---|---|--|
| Desplazamiento de la población más pobre a las laderas empinadas (zonas vulnerables de recarga hídrica) | Deforestación en situaciones de necesidad para asegurar la subsistencia | Limitada regulación y monitoreo de las instituciones competentes | Aumento de eventos extremos de tiempo por el cambio climático y variabilidad climática | Aumento de escorrentía, erosión, inundaciones y deslizamientos | Pérdida de los suelos fértiles y Deseccación de los manantiales | Escasez de agua potable y para el riego |
| Uso inadecuado del suelo en la cuenca especialmente en las zonas vulnerables de recarga hídrica | Deforestación comercial | | | Disminución de la capacidad de retención de suelo y de la recarga de las aguas subterráneas | | Disminución de cosecha y productividad agraria |

Ámbito de intervención

c. Designación inadecuada de áreas de protección del agua en los alrededores de las fuentes usadas para el suministro de agua potable.

| Causa | | | | Impacto | |
|---|--|--|---|--|---|
| Inexistencia en aplicación de reglamento para la protección de las fuentes de agua (manantiales, pozos y ríos). | Acceso y actividades en los alrededores de las fuentes sin control | Asentamientos cerca de las fuentes | Contaminaciones de las fuentes por coliformes fecales. | Suministro de agua potable restringido. | Enfermedades transmitidas por el agua |
| Incumplimiento y/o falta de aplicación de reglamentos existentes. | | Actividades inadmisibles (gasolineras, basureros y aguas residuales, etc.) cerca de las fuentes. | Contaminaciones de las fuentes por contaminantes orgánicos e inorgánicos. | Degradación de la flora y fauna y del balance ecológico río abajo de las contaminaciones | Costos elevados de depuración y tratamiento de agua |

Ámbito de intervención

d. Recursos hídricos subterráneos limitados e insuficiente aprovechamiento de las aguas superficiales

| Causa | | | Impacto | |
|--|---|--|--|---|
| La geología en la cuenca no permite la formación de grandes acuíferos de alta producción. Por lo tanto, las aguas subterráneas no son suficientes para el suministro de agua potable de toda su población. | 1) Desconocimiento sobre el balance hídrico en la cuenca alta de río Coco. | Concepto y estrategia inadecuados para almacenamiento y aprovechamiento de las aguas superficiales que abundan en la época lluviosa. | Escasez de agua potable especialmente en las comunidades rurales | Malestar social y deterioro de la higiene y salud pública |
| | 2) Poco conocimiento sobre la baja productividad de los acuíferos en la cuenca. | Insuficientes presupuestos municipales para el establecimiento de las infraestructuras adecuadas. | Altos costos de perforación de pozos con resultados negativos | |

Ámbito de intervención

e. Excesiva extracción de arena y piedra en los ríos

| Causa | | | Impacto | |
|---|---|--|--|---|
| Alta demanda de materiales de construcción especialmente arena, piedra y bolón. | Incumplimiento y/o falta de aplicación de reglamentos existentes. | Altos volúmenes de extracción de arena y piedra en los ríos. | Por eventos de lluvias torrenciales se da aumento de caudal y velocidad en zonas afectadas por extracción de arena en tramos de los ríos Macuelizo y Coco. | <ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la erosión • Drenaje reforzado de los humedales adyacentes • Disminución de los niveles de agua de los afluentes • Descenso del nivel freático de los acuíferos ribereños • Susceptibilidad aumentada a las inundaciones río abajo |
| | Desconocimiento de los impactos | | Aumento de turbidez de agua | Impacto negativo al tratamiento de agua potable y a la vida silvestre acuática. |

Ámbito de intervención

f. Sostenibilidad de manejo y mantenimiento de los sistemas de suministro rural y urbano de agua potable amenazada

| Causa | | | Impacto | |
|---------------------------------------|---|---|---|---|
| Capacidades institucionales limitadas | Sobrecarga y demandas excesivas a los CAPS | Falta de concepto (guía) y rutina adecuado de operación, inspección y mantenimiento | Inadecuada operación y mantenimiento de los sistemas aumenta sus costos | Reducción y/o interrupciones del suministro de agua potable |
| Sobreposición de competencias de ley | | Insuficiente capacidad técnica | | |
| Presupuesto limitado | Cobertura de costos por la recaudación no garantizada | Presupuesto insuficiente para el servicio de los CAPS (fondos para el mantenimiento, compra de repuestos, etc.) | | |

Ámbito de intervención

g. Insuficiente monitoreo continuo, cualitativo y cuantitativo de las aguas superficiales y subterráneas pone en peligro la gestión sostenible de los recursos hídricos

| Causa | | Impacto | | |
|---|---|---|--|---|
| Capacidad institucional y financiera limitada | No hay red de monitoreo adecuado especialmente de aguas subterráneas (piezómetros) | Insuficientes datos e informaciones sobre la cantidad, disponibilidad (oferta) y calidad de los recursos hídricos y sobre el estado de protección de las zonas vulnerables de recarga hídrica | Inexistencia de líneas base para balance hídrico y concesiones | Falta de datos para la planificación de medidas de adaptación al cambio climático |
| | La red existente no está en operación (mediciones irregulares) | | Inexistencia de líneas base para pronosticar los impactos de cambio climático | Seguridad hídrica (suministro adecuado de agua potable) a largo plazo amenazada |
| | Ausencia del concepto integrado y rutinas de monitoreo cualitativo y cuantitativo | | Inexistencia de líneas base para la planificación de los proyectos de suministro rural y urbano | Posibles efectos negativos a la economía local |
| | Ausencia del concepto integrado y rutinas de monitoreo ambiental respecto a la protección de las zonas de recarga | | Contaminaciones no pueden ser detectadas | Salud pública amenazada |
| | | | La sostenibilidad de las medidas de protección de las zonas de recarga hídrica (por ejemplo, medidas agroforestales) amenazada | |

Ámbito de intervención

3. Talleres de Planificación

Los Talleres de Planificación de las acciones o medidas del Plan Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) de la Cuenca Alta Río Coco (CARC) se llevaron a cabo en la ciudad de Somoto, 15 de marzo del 2023 y posteriormente el 27 de julio y tuvieron como resultado:

Basado en los problemas prioritarios identificados fueron planificadas las medidas para cada problema a través de definición de los objetivos, resultados y actividades principales. Resultado principal de los talleres fue la elaboración y validación del POG.

3.1. Participación

Sobre la base de un diseño metodológico, ambos talleres de planificación de las acciones GIRH fueron realizados de forma participativa en el Salón del Hotel L´ver de Somoto, con 44 personas (14 mujeres y 30 hombres) con representantes de los principales actores locales destacando la presencia de la alcaldesa de Somoto y los técnicos de las Unidades Municipales de Agua y Saneamiento (UMAS) y de las Unidades de Medio Ambiente (UMA) de las alcaldías de San José de Cusmapa, Las Sabanas, San Lucas, Somoto, Totogalpa, Ocotal, Macuelizo y Santa María, la junta directiva del comité de la Cuenca Alta del Río Coco, representantes de CAPS de Las Sabanas, Macuelizo, San Lucas y Somoto y APRODEIN; así como los delegados institucionales de la cuenca alta de: MARENA, INAFOR, ENACAL, del nivel central: INETER, FISE, ANA, y el equipo técnico de PROATAS.

3.2. Agenda

Se describe la agenda que fue diseñada para el primer taller de planificación y su implementación de dos días estuvo comprendida por tres bloques:

EL PRIMER BLOQUE incluyó palabras de bienvenida, presentación de los participantes, procedió a mencionar los actores locales e instituciones presentes en el evento, seguido de la exposición del objetivo, programa y metodología del evento que estuvo a cargo de la facilitadora. Se presentaron las fases y etapas del proceso para la elaboración del plan de GIRH de la CARC y se continuo con exposición sobre el diagnóstico de los recursos hídricos de la cuenca con las presentaciones sobre las conclusiones más importantes en los temas siguientes: 1) Clima, calidad y cantidad de las aguas superficiales y subterráneas, balance hídrico (incluyendo balance oferta y demanda), 2) Suministro de agua potable, saneamiento rural y urbano y desechos sólidos y 3) Uso de suelo e impactos de cambio climático y conclusiones. Los(as) participantes escribieron sus preguntas en tarjetas y después de un receso, los expositores les dieron respuesta.

EL SEGUNDO BLOQUE inició con un trabajo grupal sobre rondas de reflexiones simultáneas sobre la identificación de problema y las relaciones causa-efecto a través de un ejercicio grupal sobre cómo debe organizarse una cadena causal y de esta manera intervenir en las soluciones a los problemas identificados. Luego se presentó la identificación de los siete problemas principales encontrados en el diagnóstico de los recursos hídricos del PGIRH- CARC. Se finalizó con una ronda de preguntas y respuestas por parte de los(as) participantes y expositor.

EL TERCER BLOQUE comprendió la conformación de cuatro mesas de trabajo de manera aleatoria, donde a cada mesa le correspondió dos problemas a excepción de la mesa cuarta.

La facilitadora presentó unas orientaciones a los participantes para apoyar la redacción de objetivos, resultados e indicadores. La matriz tenía que completarse redactando, además, actividades generales, localización en el territorio, responsables, período de ejecución y monto aproximado. Apoyados por seis técnicos de PROATAS y tres de INETER, las mesas iniciaron su trabajo, construyendo una matriz de marco lógico para cada problema.

En el segundo taller del 27 de julio, se organizaron mesas de trabajo para realizar revisión general de las matrices del plan de acción del Plan GIRH. Los grupos estuvieron compuestos por las alcaldías, instituciones (ANA, MARENA, INAFOR, FISE, ENACAL, INETER), miembros de CAPS y miembros del Comité de la Cuenca del río Coco. Luego se realizó plenaria para la debida explicación y validación de las matrices.

3.3. Metodología

De acuerdo con la metodología de la elaboración del PGIRH de la CARC (Parte A, Cap. 5.5.) la planificación de la acción se basa en 3 temas de intervención (Parte B, Capítulo 12) identificados como resultados del diagnóstico.

Previo al primer taller se realizó el diseño metodológico correspondiente integrando todos aspectos importantes para el desarrollo de este, en función de ese diseño se elaboró la agenda y luego se remitió al Ministerio de Relaciones Exteriores de Nicaragua (MINREX) para su debida revisión y aprobación.

En el primer taller se debía destacar tanto el conocimiento de los aspectos importantes que demostró el diagnóstico, concentrados en 7 grandes temas, y la reflexión sobre ellos, como la identificación de propuestas de medidas para conformar un Plan de Gestión Integral de Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco, trabajando de una manera muy enfocada en la temática y promoviendo el enfoque de género. Siendo la metodología muy participativa promoviendo por un lado el análisis y reflexión sobre la temática, y por

otro la interacción, cooperación e intercambio entre los participantes.

Con el objetivo de garantizar el manejo adecuado del trabajo de grupo y mantener el enfoque de la temática y la equidad de género, se realizaron 3 sesiones de trabajo con la facilitadora para organizar la conducción de los grupos y uniformar los criterios y aspectos metodológicos a seguir.

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, el rol de asesor técnico.

El hilo conductor del taller fueron los resultados del diagnóstico, luego se abordó la planificación de las acciones a partir de los 7 problemas identificados (capítulo 2 de parte C del plan GIRH), en dicha planificación se plantearon 7 objetivos que fueron los ejes temáticos de los talleres:

- I. Mejorada la sostenibilidad de la operación de 120 sistemas de suministro de agua potable (base de información tabla 18 de parte B diagnóstico).**
- II. Facilitado el acceso a los prestadores de servicio público a las fuentes de agua que se encuentran en propiedad privada.**
- III. Protegidas las zonas de recarga hídrica que han sido priorizadas por los gobiernos municipales para abastecer los sistemas de agua potable.**
- IV. Satisfacer la demanda de agua en la zona alta y media de la cuenca aprovechando mejor el agua superficial.**
- V. Las fuentes superficiales y subterráneas usadas para el suministro de agua potable están protegidas.**
- VI. La extracción de arena y piedra en los ríos de la CARC está reducida y regulada.**
- VII. Establecido el monitoreo cualitativo y cuantitativo continuo de los recursos hídricos y el monitoreo ambiental en las zonas de recarga hídrica.**

Cabe señalar que estos 7 objetivos fundamentales pueden a su vez agruparse en 3 temas:

- **Protección de los recursos hídricos (III, V y VI)**
- **Gestión de demanda y suministro rural (I, II, y IV)**
- **Monitoreo de los recursos hídricos y ambiental (VII)**

La línea principal del primer taller fue la elaboración de matrices para las medidas del plan de acción, este trabajo fue abordado en cinco grupos, cada uno con la tarea de desarrollar 2 temas y conformados según la identificación temática de cada uno de los participantes, su objetivo fue la elaboración de las matrices de propuestas por temas en donde se definieron objetivos, resultados, indicadores con su pertinencia de género, actividades, responsables, recursos y plazos.

Figura 40: Pasos metodológicos durante el taller



3.4. Matrices de planificación

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

- ▶ **Objetivo de cada tema**
- ▶ **Resultados esperados**
- ▶ **Indicadores por resultado**
- ▶ **Actividades principales para alcanzar los resultados**
- ▶ **Responsables de la ejecución de las acciones**
- ▶ **Acompañamiento institucional ligado a la ejecución de las acciones**
- ▶ **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 actividades que no cuenta con estos detalles, ya que el monto para desarrollar dicha actividad no se puede definir porque depende de otras actividades que le anteceden.

También es importante mencionar que existen resultados con presupuestos ya asegurados y otros que necesitan gestión de financiamiento.

Por otro lado, es necesario señalar que dentro de las matrices de planificación están integradas medidas sensibles al cambio climático y sus formas de mitigación. Estas medidas están incluidas específicamente en los temas C y F.

Como medidas de mitigación a los efectos del cambio climático se encuentra integrado el tema de mejor aprovechamiento de las aguas superficiales a través de diferentes obras de captación, pues ya uno de los resultados principales del diagnóstico demostró la poca disponibilidad de aguas subterráneas dentro de la cuenca; por lo cual se propone el aprovechamiento de estas fuentes para el abastecimiento de las comunidades de la parte alta y media de la cuenca.

Tema: Gestión de demanda y suministro de agua potable

Problema: Amenazada la sostenibilidad de operación y mantenimiento de los sistemas de suministros rural y urbano de agua potable

| Objetivo | Resultados | Indicadores | Actividades Principales |
|---|---|--|---|
| Mejorar la sostenibilidad de a operación de 120 sistemas de suministro de agua potable en zonas rurales y urbanas. | 1. Los instrumentos para la operación y el mantenimiento de los sistemas de suministro son aplicados. | 1.1. No. Formatos de inspección. 1.2. No. Informes técnicos. 1.3 No. Planes de Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable rural. | 1. Realizar 25 inspecciones a los sistemas de agua potable rural de las comunidades seleccionadas. |
| | | | 2. Realizar 25 informes técnicos del estado de los sistemas de agua potable rural. |
| | | | 3. Elaborar el plan de operación y mantenimiento del sistema de agua potable rural. |
| | | | 4. Elaborar (25) estudios tarifarios anualmente. |
| | | | 5. Elaborar (25) Planes de Gestión de Riesgo Sanitario (PSA). |
| | 2. 25 CAPS (al menos 40% de mujeres en junta directiva) están entrenados y pueden cumplir sus tareas. | 2.1 No. Mujeres participando en las Juntas Directivas de los CAPS. 2.2 No. Asambleas Comunitarias. No. Talleres roles y funciones de los miembros de las Juntas Directivas. | 1. Brindar asistencia técnica a 25 CAPS en operación y mantenimiento. |
| | | | 2. Capacitar a los miembros de los CAPS. |
| | | | 3. Reestructuración de Juntas Directivas. |
| | 3. Las UMAS apoyan el CAPS y brindan asistencia técnica. | 3.1 Ocho planes anuales de asistencia técnica presentados por las UMAS a sus respectivos concejos municipales. 3.2. Los CAPS confirman la eficacia de la asistencia técnica proporcionada por las UMAS. | 1. Apoyar a las UMAS en la elaboración y presentación de su plan anual. |
| | | | 2. Instalar (8) sistemas contables. |
| | | | 3. Estimar costos para las actividades del plan. |
| | 4. Los indicadores claves de gestión técnica y financiera de suministro en Somoto, Cusmapa, Totogalpa y Ocotal son mejorados. | 4.1 Reducción del 2% del ANF anual. 4.2 Recuperación de costos en 30% (Pendiente incremento de la sostenibilidad)." | 1. Brindar asistencia técnica para la gestión de cobro. |
| | | | 2. Incrementar micromedición, reducción mora, ampliación de redes en Agua Potable (AP) y Saneamiento. |

¹Fondo garantizado dentro del marco del proyecto ALLACC financiamiento BMZ, UE y COSUDE

| Localización | Recursos Financieros (USD) | Responsables | Período de ejecución |
|--|----------------------------|--|--|
| 25 Comunidades de la CARC | 12,500 | Institución líder: ANA Comisión GIRH CARC: INIFOM, ANA, FISE, Alcaldías-UMAS, CdC. | De Enero a diciembre, durante 5 años. |
| 25 comunidades de la CARC (anualmente) | 25,000 | Institución líder: ANA Comisión GIRH CARC: INIFOM, FISE, Alcaldías-UMAS, CAPS, CdC. | De Enero a diciembre, durante 5 años. |
| 25 Comunidades de la CARC | 6,464 ¹ | Institución líder: FISE Comisión GIRH CARC: INIFOM, Alcaldía UMAS (Elaboración del Plan Anual). FISE, (8) sistemas contables. Proyecto ALLACC (financiamiento) | Hasta finales de agosto 2024 |
| San José de Cusmapa, Totogalpa, Somoto y Ocotal. | 405,000 | Institución líder: ENACAL INIFOM , Alcaldías UMAS, (departamento de electromecánica y laboratorio de calidad de agua) | Plazo de 5 años. Asignación de USD 81,000 por cada año, para trabajar en: Operación y mantenimiento Madriz, Micromedición, Ampliación AP Cusmapa, Ampliación red condominial Totogalpa |

Tema: Gestión de demanda y suministro de agua potable

Problema: Dificil acceso de los prestadores de servicio público a las fuentes que se encuentran en las propiedades privadas.

| Objetivo | Resultados | Indicadores | Actividades Principales |
|--|---|---|--|
| Facilitar el acceso a los prestadores de servicio público a las fuentes de agua y terrenos donde se ubican los diferentes componentes de los sistemas de agua que se encuentran en la propiedad privada | 1. Implementados los requisitos y opciones legales para que los prestadores de servicio accedan a los terrenos para fuentes de agua y terrenos donde se ubican los diferentes componentes de los sistemas de agua ubicados en propiedades privadas. | Los procesos legales y administrativos para el aprovechamiento de las fuentes ubicadas en propiedad privada tardan un máximo de 6 meses. (Se debe considerar que sólo en ANA el proceso son 3 meses, después se debe ubicar el tiempo para la legalización) | 1.1 Conformar el grupo de trabajo intermunicipal entre los UMAS de los municipios que integran la Cuenca Alta del Río Coco. 1.2 Divulgar y sensibilizar sobre los requisitos legales para el acceso a la fuente de agua a los CAPS y propietarios de las fincas. 1.3 Divulgar los procesos y aclarar las responsabilidades de cada institución involucrada en deslindar la responsabilidad sobre la tenencia de la tierra donde se ubican las fuentes de agua. 1.4 Elaborar plan de divulgación de los requisitos y opciones legales sobre la tenencia de la tierra donde se ubican las fuentes 1.5 Elaborar instrumentos para el plan de divulgación (cartilla, guías) de los requisitos y opciones legales sobre la tenencia de la tierra donde se ubican las fuentes de agua 1.6 Implementar la divulgación en los 7 municipios ubicados dentro de la Cuenca Alta del Río Coco |
| | 2. Propietarios y propietarias de tierras donde se ubican fuentes de agua estratégicas, informados sobre la implicancia de tener en su propiedad la fuente de agua | Dueños de propiedades (hombres y mujeres) donde se ubican fuentes de agua. reciben capacitación y sensibilización sobre las implicancias del marco legal. | 2.1 Levantamiento de inventario de estatus legal de los sitios de las fuentes de agua en la CARC incluyendo las que ya están siendo utilizadas en los sistemas de agua 2.2 Identificar a los propietarios de finca donde se encuentran las fuentes de agua. 2.3 Capacitar al personal técnico, autoridades municipales, CAPS y miembros del comité de cuenca, sobre el marco legal de la tenencia de la tierra donde se ubican las fuentes 2.4 Coordinar con la PGR la legalización de todos los terrenos utilizados en los sistemas de agua potable (fuentes y sitios para demás infraestructuras) |

| Localización | Recursos Financieros (USD) | Responsables | Período de ejecución |
|---|----------------------------|--|---------------------------------------|
| 7 municipios ubicados dentro de la cuenca alta del río Coco | 10,000 | Institución líder: ANA Comisión GIRH CARC: INIFOM, ANA, UMAS Alcaldías, PGR, FISE | Hasta Mayo 2024 |
| | | | Junio 2024 |
| | | | Agosto 2024. |
| | | | Septiembre 2024 |
| 7 municipios ubicados dentro de la cuenca alta del río Coco | 5,000 | Institución líder: Alcaldías Municipales-INIFOM Comisión GIRH CARC: ANA, UMAS Alcaldías, PGR, FISE | De Enero a diciembre, durante 5 años. |

Tema: Protección de los recursos hídricos

Problema: Insuficiente protección de las zonas vulnerables de recarga hídrica¹

| Objetivo | Resultados | Indicadores | Actividades Principales |
|---|--|--|---|
| Proteger las zonas vulnerables de recarga hídrica, que han sido priorizadas por los gobiernos municipales para abastecer los Sistemas de Agua Potable. | 1. Aplicados instrumentos legales para proteger las zonas de recarga hídrica. | 1.1 Implementadas en un 80%, 7 ordenanzas municipales (1 por municipio) | 1. Identificar las zonas vulnerables de recarga hídrica. |
| | | | 2. Delimitar geográficamente las zonas vulnerables de recarga hídrica. |
| | | | 3. Elaborar y aprobar las ordenanzas municipales, para proteger las áreas vulnerables de recarga hídrica. |
| | | | 4. Promulgar y reglamentar las ordenanzas municipales, en correspondencia al marco legal vigente en el país. |
| | 2. Protegidas las coberturas en las áreas vulnerables. | 2.1 Restauradas el 20% de las áreas vulnerables, con alta degradación. | 1. Reactivar las comisiones municipales forestales (COMUFOR) y Comisión Ambiental Municipal (CAM), MARENA, MINED, INAFOR, MINSA, para dar seguimiento a la elaboración y promulgación de las ordenanzas. |
| | | | 2. Promover acciones de regeneración natural desde los Planes Municipales Forestales (estrategias locales) |
| | | | 3. Incluir en el programa "Verde, que te quiero Verde", las áreas altamente degradadas, identificadas en la CARC, conforme a la Estrategia Nacional. |
| | | | 4. Monitorear desde las municipalidades, el proceso de restauración de las coberturas (reforestación 4). |
| | | | 5. Posicionar y fortalecer el tema protección de zonas vulnerables de recarga hídrica, para abastecimiento de agua potable, dentro de los planes educativos de las escuelas ubicadas en los 7 municipios. |
| 3. Conservadas las zonas de recarga hídrica. | 3.1 5% de las áreas no degradadas, en las zonas vulnerables de recarga hídrica, cuentan con Planes de Manejo Forestal sostenible, aprobados. | 1. Incluir las áreas no degradadas ⁵ que están dentro de las zonas de recarga hídrica, en el sistema de Manejo Forestal Sostenible. | |
| | | 2. Fomentar entre los propietarios de las áreas no degradadas, dentro de las zonas de recarga hídrica, el uso de Planes de Manejo Forestal, para el cuidado y la conservación de estos espacios. | |
| | | 3. Someter ante el INAFOR, la revisión e inscripción de los Planes de Manejo Forestal. | |

¹ Ley 1046 (Ley General de Aguas Nacionales y su reglamento).

² Gastos estimados, necesarios para demarcación geográfica. Viáticos de alimentación y transporte para 1 persona (técnico municipal) / 1 día a la semana / 52 semanas al año / 2 años, para la demarcación geográfica.

Los gastos para elaborar y promulgar las ordenanzas, son mínimos y están contemplados en los gastos operativos de cada Alcaldía Municipal

| Localización | Recursos Financieros (USD) | Responsables | Período de ejecución |
|---|--|---|----------------------|
| En cada una de las siete municipalidades. | USD 8,400.00 (USD 1,200.00 / año / municipio) ² . Desde el presupuesto destinado por cada municipio para medio ambiente; y agua y saneamiento (7.5%), | Institución líder: Alcaldías/INIFOM con acompañamiento de instituciones involucradas (MARENA, ANA E INETER) | 2024-2028 |
| | | Institución líder: Alcaldías/INIFOM en coordinación interinstitucional con MARENA, INETER, ANA, Comunidad Indígena, etc. | |
| | | Institución líder: Alcaldías/INIFOM acompañados de instituciones como MARENA, INAFOR. | |
| | | Institución líder: Consejos municipales/INIFOM. | |
| En cada una de las siete municipalidades. | USD 5,600.00 (USD 800.00 / año / municipio) ³ . Desde el presupuesto destinado por cada municipio para medio ambiente; y agua y saneamiento (7.5 %) | Institución líder: Alcaldías/INIFOM acompañan y ejecutan: MARENA, INAFOR. | 2024-2028 |
| | | De acuerdo al presupuesto de cada institución vinculada al tema. | |
| En cada una de las siete municipalidades. | Presupuesto de cada institución dentro del Sistema de Producción, Consumo y Comercio (SPC y C). | Institución líder: INAFOR, acompaña Alcaldías/INIFOM. | 2024-2028 |

³ Gastos estimados, necesarios para monitoreo: Viáticos de alimentación y transporte para 1 persona (técnico municipal) / 1 día al mes / 60 meses, para realizar rutinas de monitoreo de las áreas restauradas (2) + áreas bajo conservación (3).

⁴ Los fondos para reforestación, ya están previstos en el Programa "Verde, que te quiero Verde".

⁵ Áreas no degradadas se refiere a zonas en buen estado de conservación (no deforestada).

Tema: Gestión de demanda y suministro de agua potable

Problema: Recursos hídricos subterráneos limitados e insuficiente aprovechamiento de las aguas superficiales.

| Objetivo | Resultados | Indicadores | Actividades Principales |
|---|---|---|--|
| Satisfacer la demanda de agua en la zona alta y media de la Cuenca aprovechando mejor el agua superficial | R 1. Sobre la base de una estrategia de aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales, se identificaron sitios, categorías, métodos de proyectos y medidas (de construcción) prioritarias. | 1.1. Un mapa temático muestra los sitios prioritarios y las categorías de proyectos. 1.2. La estrategia está aprobada por las alcaldías y las instituciones competentes. | 1. Realizar reuniones técnicas a nivel central y local con las instituciones estratégicas del sector hídrico para dar a conocer la disponibilidad de los recursos hídricos de la cuenca. 2. Elaborar la estrategia de la CARC para el aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales. 3. Medir y analizar datos de caudales de río Coco (aguas abajo) en Ocotal, río Coco (zona media) en El Guayabo, Somoto, río Tapacalí en estación en Las Playas y río Macuelizo en estación de monitoreo La Soledad y estación en San Francisco para determinar el aprovechamiento superficial por subcuenca. 4. Alcaldías, FISE y ENACAL utilizan los datos de disponibilidad de los caudales para su planificación de los proyectos futuros de agua potable en zonas rurales y urbanas de la cuenca. |
| | Identificados y formulados los sitios de mejor captación y aprovechamiento de las aguas superficiales para consumo humano y otros usos en la cuenca | 3 proyectos concretos de aprovechamiento están formulados y al menos uno se ha implementado en una de las 7 municipalidades de la cuenca | 1. Realizar inventario de las fuentes de agua superficiales: caudales y clasificación de potencial. 2. Seleccionar los sitios estratégicos para captación y retención de agua. 3. Realizar estudio de factibilidad para las fuentes identificadas con respecto a su captación o potencial de embalse. 4. Identificar y asignar fuentes de presupuestos intermunicipales para el establecimiento de las infraestructuras adecuadas. 5. Planificación de obras de construcción del sistemas de agua con captación superficial 6. Finalizar formulación y construcción de sistema de agua potable en las comunidades de San Lucas: Miquilse , Malpaso, Matasano, Las Lajitas y en Las Sabanas: Oruse. 7. Realizar puesta en marcha del sistema de agua potable para garantizar el funcionamiento del sistema. |

| Localización | Recursos Financieros (USD) | Responsables | Período de ejecución |
|--|---|--|---------------------------------------|
| Managua y los 7 municipios de la cuenca | 300 ^{1,2} | Institución líder: INETER Comisión GIRH CARC: ANA, Alcaldías/INIFOM, ENACAL, FISE. | De Enero a diciembre, durante 5 años. |
| Managua y los 7 municipios de la cuenca | 200 | | |
| Somoto, San Lucas, Las Sabanas y Macuelizo | Actividad no requiere recursos financieros | Institución líder: INETER ² , Acompañan: 7 alcaldías de la CARC | |
| 7 municipios de la cuenca | Actividad no requiere recursos financieros | Institución líder (distribuye los datos disponibles): INETER, Comisión GIRH CARC: ENACAL, FISE y 7 alcaldías de la CARC | |
| 7 municipios de la cuenca | Desde el presupuesto destinado por cada municipio (7.5%), agua y saneamiento. | Institución líder: INETER, Comisión GIRH CARC: INIFOM y Alcaldías de Somoto, Cusmapa Macuelizo, Totogalpa, San Lucas y Las Sabanas | de forma permanente |
| Sonis, El Rodeo y otros sitios | 3,000 ² | Institución líder: INETER, Comisión GIRH CARC: INIFOM y Alcaldías de Somoto, Cusmapa Macuelizo, Totogalpa, San Lucas y Las Sabanas | Septiembre 2023 |
| 7 municipios de la cuenca | 20,000 | Institución líder: INETER, Comisión GIRH CARC: INIFOM y Alcaldías de Somoto, Cusmapa Macuelizo, Totogalpa, San Lucas y Las Sabanas | 2024-2028 |
| 7 municipios de la cuenca | Desde el presupuesto destinado por cada municipio (7.5%), agua y saneamiento. | Alcaldías de Somoto, Cusmapa Macuelizo, Totogalpa, San Lucas y Las Sabanas-INIFOM | 2024-2028 |
| 7 municipios de la cuenca | | | 2024-2028 |
| San Lucas y Las Sabanas | 334,000 ² | Alcaldía de San Lucas y Las Sabanas | 2023 |
| San Lucas y Las Sabanas | Desde el presupuesto destinado por cada municipio (7.5%), agua y saneamiento. | | 2024 |

¹ Fondo para gastos de las reuniones entre movilización y logística

²Fondo garantizado dentro del marco del proyecto ALLACC financiamiento BMZ, UE y COSUDE.
Actividad propuesta a solicitud de INETER (para identificar zonas para embalses)

Tema: Protección de los recursos hídricos

Problema: Carencia de la delimitación de las zonas de protección directa de las fuentes usadas para el suministro de agua potable

| Objetivo | Resultados | Indicadores | Actividades Principales |
|---|--|--|---|
| Proteger las fuentes superficiales y subterráneas usadas para el suministro de agua potable. | 1. Las condiciones legales, institucionales y técnicas para la protección de las fuentes de agua potable son establecidas y aplicadas. | 1.1 Un plan operacional general (POG) de implementación de medidas de protección de las fuentes de agua potable está aprobado. | 1.1. Crear la Comisión GIRH para la CARC que aborde las áreas de protección (se invita al comité de cuenca). |
| | | | 1.2. Elaborar línea de base de las fuentes de agua a proteger, y definir los diferentes categorías y medidas de protección de acuerdo con el tipo de fuente (manantial, río o pozo) |
| | | | 1.3. Elaborar el "Reglamento de Protección de las Fuentes de Agua Potable". |
| | | | 1.4 Elaborar acuerdo o convenio con el propietario del terreno donde se ubican la(as) fuente(s) |
| | | | 1.5. Elaborar el presupuesto para el POG. |
| | 2. Sensibilizados productores(as) agrícolas e industriales de áreas riparias y especialmente en las cercanías de los pozos y captaciones de manantiales en temas de conservación y protección ambiental. | 2.1 300 productores y 225 productoras implementando prácticas de conservación y protección ambiental. | 2.1. Realizar inventario (línea base) de productores(as) que cuentan con áreas estratégicas para la protección ambiental-hídrica |
| | | | 2.2. Elaborar plan de trabajo interinstitucional para la implementación de la sensibilización. |
| | | | 2.3. Implementar plan de sensibilización y capacitación. |
| | | | 2.4. Realizar monitoreo de avances, evaluación y retroalimentación |
| | 3. Establecidas las medidas de protección para las fuentes prioritarias para consumo humano. | 3.1 50% de las fuentes de agua potable prioritarias están protegidas de acuerdo con el POG. | 3.1. Elaborar criterios de vulnerabilidad hídrica e identificar las fuentes prioritarias en la CARC. |
| | | | 3.2. Elaborar información técnica: definir alcances, presupuesto y plan de trabajo por cada municipio para implementar obras. Negociación por alcaldía de forma anual. |
| | | | 3.3. Implementar obras de protección en las fuentes de agua priorizadas |
| 3.4. Realizar monitoreo de avances, evaluación y retroalimentación | | | |

| Localización | Recursos Financieros (USD) | Responsables | Período de ejecución |
|--|----------------------------|--|--|
| <p>Áreas de recarga, fuentes y captación (fuentes de agua: El Caracol en San Lucas, poza Las Ahogadas y El Torreón, Yerba Buena y El Higuero en Las Sabanas y fuentes de Plancito, Papelillos y Cordoncillo en Macuelizo) de los sistemas de suministro rural y urbana de agua potable de la CARC.</p> | 29,400.00 | <p>Institución líder: Alcaldía. Comisión GIRH CARC: UMAS- Alcaldías, ANA, MARENA, PGR, INAFOR, CAPS, FISE, ENACAL, Comité de Cuenca, INIFOM e INETER.</p> | <p>Cinco años. En el primer año solo se incurre en costos operativos para las dos primeras actividades asumidos por las instituciones participantes. Del segundo al cuarto año se destinan USD 1,400 para implementar las obras de protección por cada año por cada una de las 7 alcaldías de la cuenca (USD 9,800), en total el presupuesto asciende a USD 29,400. El quinto año es monitoreo de avances y se realiza nueva planificación para los siguientes años.</p> |
| <p>Somoto, San Lucas, Totogalpa, San José de Cusmapa, Las Sabanas, Macuelizo y Ocotal.</p> | | <p>Institución líder: INIFOM/Alcaldías. Comisión GIRH CARC: UMAS- Alcaldías, ANA, MARENA, PGR, INAFOR, CAPS, Comité de Cuenca, INIFOM e INETER.</p> | |
| <p>Somoto, San Lucas, Totogalpa, Cusmapa, Las Sabanas, Macuelizo y Ocotal (deben considerarse las ubicaciones de las fuentes)</p> | | <p>Institución líder: INIFOM/Alcaldías Comisión GIRH CARC: UMAS- Alcaldías, ANA, MARENA, PGR, INAFOR, CAPS, Comité de Cuenca, INIFOM e INETER.</p> | |

Tema: Protección de los recursos hídricos

Problema: La extracción excesiva de arena en los ríos del CARC amenaza el equilibrio hidrogeológico y provoca la erosión.

| Objetivo | Resultados | Indicadores | Actividades Principales |
|---|--|---|--|
| Regular la extracción de arena y piedra en los ríos de la CARC | 1. Establecido un plan de aprovechamiento sostenible de los recursos arena y piedra. | 1.1 Informe trimestral de explotación de arena y piedra en los ríos. | 1. Crear la comisión interinstitucional. |
| | | | 2. Identificar los bancos de aprovechamiento y su capacidad de explotación. |
| | | | 3. Regulación de la extracción de arena y piedra en los ríos de los sitios previamente identificados. |
| | 2. Restringida el área de aprovechamiento de arena y piedra en los ríos. | 2.1 70% de los bancos de aprovechamiento de arena y piedra en los ríos, están regulados en el quinto año. | 1. Actualizar ordenanzas municipales en temas de extracción. |
| | | | 2. Divulgar y sensibilizar a todos los actores involucrados (se invita al comité de cuenca), los procedimientos e impactos negativos en la extracción de arena y piedra en los ríos. |
| | | | 3. Implementar plan de monitoreo y seguimiento. |
| | 3. Acordado convenio intermunicipal para el aprovechamiento sostenible de arena y piedra en los ríos de la Cuenca Alta del Río Coco. | 3.1 Al menos dos convenios firmados al segundo año, entre las partes involucradas. | 1. Activar la comisión interinstitucional (proceso de negociación de procesos, cuotas, reglas). |
| | | | 2. Establecer firma de convenios entre las partes involucradas. |
| | | | 3. Implementar plan de monitoreo y seguimiento. |

| Localización | Recursos Financieros (USD) | Responsables | Período de ejecución |
|---------------------------------------|----------------------------|--|--|
| Macuelizo, Ocotal, Somoto, San Lucas. | 9,600.00 | Institución lider: Alcaldías/INIFOM. Comisión: UMAS- Alcaldías, MEM, ANA, MARENA, policía, ejército, Procuraduría y Comité de Cuenca. | Cinco años. En el primer año solo se incurre en costos operativos para la primer actividad asumidos por las instituciones participantes. Del segundo al quinto año (4 años), se destinan USD 600 por cada alcaldía (4 alcaldías) por año (USD 2,400), siendo en 4 años una ejecución de USD 9,600.00 |
| Macuelizo, Ocotal, Somoto, San Lucas | | Institución lider: INIFOM/Alcaldías Comisión: UMAS- Alcaldías, MEM, ANA, MARENA, Policía, Ejército, PGR y Comité de Cuenca. | |
| Macuelizo, Ocotal, Somoto, San Lucas | | Institución lider: INIFOM/Alcaldías Comisión: UMAS- Alcaldías, MEM, ANA, MARENA, Policía, Ejército, PGR y Comité de Cuenca. | |

Tema: Monitoreo de los recursos hídricos y ambiental

Problema: Insuficiente monitoreo continuo, cualitativo y cuantitativo de las aguas superficiales y subterráneas, pone en peligro la gestión sostenible de los recursos hídricos.

| Objetivo | Resultados | Indicadores | Actividades Principales |
|--|---|---|---|
| Establecer el monitoreo cualitativo y cuantitativo continuo de los recursos hídricos y el monitoreo ambiental en las zonas vulnerables de recarga hídrica | 1. Gobiernos municipales incluyen en el POA, PIA y PIM, el presupuesto para el monitoreo. | 1.1 Las tareas del plan de monitoreo cantidad y calidad de los recursos hídricos, bajo la responsabilidad de las alcaldías están cumplidas en un 90% | 1 Establecer coordinación entre gobiernos municipales, INETER y ENACAL para delimitación de tareas de acuerdo a las competencias |
| | | | 2. Establecer un convenio de colaboración entre gobiernos municipales, INETER y ENACAL para el monitoreo de la calidad y cantidad de los recursos hídricos en la cuenca alta de río Coco. |
| | | | 3. Implementar las tareas de competencia municipal incluidas en los planes y presupuestos anuales |
| | 2. Establecido e implementado el plan de monitoreo de la calidad y cantidad de agua en fuentes prioritarias (superficiales y subterráneas). | 2.1 Los datos de monitoreo se muestran en "El sistema de información para el monitoreo de la Cuenca Alta del Río Coco (CARC)", que es actualizado regularmente por INETER. | 1. Definir las fuentes prioritarias y su frecuencia de medición para el monitoreo de la calidad del agua, a partir del diagnóstico de los recursos hídricos de la CARC y realizar muestreo. |
| | | | 2. Definir las fuentes prioritarias, su frecuencia de medición y los plazos anuales para el monitoreo de la cantidad (se construye curva de gastos con los aforos) y de levantamiento de niveles del agua en los pozos. |
| | | | 3. Registrar datos nuevos en el sistema de información para el monitoreo de la CARC, de acuerdo con convenio de monitoreo |
| | | | 4. Implementar el plan de monitoreo y los mecanismos de registro y compartimento de datos entre las instituciones involucradas. |
| | 3. Establecido plan de trabajo anual para la inspección y mantenimiento de las estaciones hidrométricas, meteorológicas, el caudalímetro y los pluviómetros convencionales instalados en la cuenca. | 3.1. El presupuesto anual para las campañas de inspección y mantenimiento está aprobado. 3.2. La documentación y protocolos de las campañas de inspección y mantenimiento. | 1. INETER realiza visitas a las estaciones de forma periódica para verificar su buen estado y protección. |
| | | | 2. Registrar constantemente la información en el sistema de información |
| 3. Elaborar y reservar presupuesto adecuado para la inspección y el mantenimiento óptimo de la red de estaciones instaladas en la cuenca. | | | |

¹ Presupuesto propio de INETER para actividades de monitoreo de recursos hídricos

² Ver en Mesa 2, Tema 1 (Problema: Insuficiente protección de las zonas de recarga hídrica), la actividad 2.4 : Monitorear desde las municipalidades, el proceso de restauración de las coberturas.

| Localización | Recursos Financieros (USD) | Responsables | Período de ejecución |
|--|---|---|---|
| Subcuencas: río Tapacali, río Inalí, río Coco, río Macuelizo | Desde el presupuesto destinado por cada municipio (7.5%), agua y saneamiento y presupuesto propio de INETER y ENACAL para actividades de monitoreo de recursos hídricos | Institución líder: INETER, Comisión GIRH CARC: ENACAL, INIFOM y Alcaldías de Somoto, Cusmapa, Macuelizo, Totogalpa, San Lucas y Las Sabanas | Noviembre 2023 |
| | | | Octubre 2023 |
| | | | Noviembre 2023 |
| 7 municipios de la cuenca | Actividad no requiere recursos financieros | Institución líderes: ENACAL e INETER Comisión GIRH CARC: INIFOM y Alcaldías de Somoto, Cusmapa Macuelizo, Somoto, Totogalpa, San Lucas y Las Sabanas | Septiembre 2023 |
| 7 municipios de la cuenca | Actividad no requiere recursos financieros | Institución líder: INETER, Comisión GIRH CARC: INIFOM y Alcaldías de Somoto, Cusmapa, Macuelizo, Totogalpa, San Lucas y Las Sabanas | Octubre 2023 |
| 7 municipios de la cuenca | Actividad no requiere recursos financieros | Institución líder: INETER, Comisión CARC: INIFOM y Alcaldías de Somoto, Cusmapa, Macuelizo, Totogalpa, San Lucas y Las Sabanas | Cada vez que se genere información nueva |
| 7 municipios de la cuenca | Desde el presupuesto destinado por cada municipio (7.5%), agua y saneamiento y presupuesto propio de INETER y ENACAL para actividades de monitoreo de recursos hídricos . | Institución líder: INETER, Comisión: INIFOM y Alcaldías de Somoto, Cusmapa Macuelizo, Totogalpa, San Lucas y Las Sabanas | Septiembre 2023 |
| En las estaciones localizadas en los municipios de: Somoto, San Lucas, Las Sabanas, Ocotal y Macuelizo | USD 500 | Institución líder: INETER (encargada de registrar), Comisión encargada de envío de datos: INIFOM y Alcaldías de Somoto, Cusmapa Macuelizo, Totogalpa, San Lucas y Las Sabanas. | Semestralmente cada año |
| | Actividad no requiere recursos financieros, a cargo de personal de INETER ¹ | | Semestralmente cada año |
| | USD 800 anual | | Septiembre 2023 y luego de forma continua |

Tema: Monitoreo de los recursos hídricos y ambiental (Continuación)

Problema: Insuficiente monitoreo continuo, cualitativo y cuantitativo de las aguas superficiales y subterráneas, pone en peligro la gestión sostenible de los recursos hídricos.

| Objetivo | Resultados | Indicadores | Actividades Principales |
|---|---|--|---|
| <p>Establecido el monitoreo ambiental en las zonas vulnerables de recarga hídrica.</p> | <p>4. Establecido e implementado el plan de monitoreo ambiental de las áreas vulnerables de recarga hídrica de la Cuenca Alta del Río Coco.</p> | <p>4.1 (6) monitoreos ambientales anuales realizados en áreas vulnerables de recarga hídrica de la Cuenca Alta del Río Coco.</p> | <p>Definir las variables (físicas, químicas y biológicas) y frecuencia de verificación, para incluir en un plan de monitoreo ambiental de zonas de recarga hídrica.</p> |
| | | | <p>2. Diseñar e implementar un Plan de Capacitación sobre identificación y monitoreo ambiental en zonas de recarga hídrica.</p> |
| | | | <p>3. Establecer la coordinación con alcaldías municipales para la ejecución conjunta del Plan de Monitoreo ambiental, en las áreas de recarga hídrica².</p> |

| Localización | Recursos Financieros (USD) | Responsables | Período de ejecución |
|--|--|--|----------------------|
| Áreas vulnerables de recarga hídrica de la CARC en municipios de Las Sabanas, San José de Cusmapa, San Lucas, Somoto y Macuelizo | Actividad no requiere recursos financieros | MARENA e INAFOR | Octubre 2023 |
| | USD 5,000 | Institución líder : MARENA e INAFOR (encargada de implementar plan), Capacitados: alcaldías de Las Sabanas, San José de Cusmapa, San Lucas, Somoto y Macuelizo y comunidades priorizadas bajo previa selección. | Octubre 2023 |
| | Desde el presupuesto destinado por cada municipio (5%) de unidad municipal de medio ambiente | | Noviembre 2023 |

4. Financiamiento, Implementación y Monitoreo

4.1. Financiamiento

La implementación de una gestión sostenible de los recursos hídricos con un enfoque en la adaptación al cambio climático requiere no solo la voluntad de todas las partes involucradas, sino también una financiación confiable. Por ende, todas las instituciones responsables y competentes de los diversos temas tienen el deber de contribuir al presupuesto del POG mediante apoyo técnico y en el caso de las 8 alcaldías, estas ya han destinado fondos para el presupuesto 2024 del POG, enfocado en la sostenibilidad de las intervenciones de ALLACC. Para cubrir su costo se han identificado tres principales fuentes de financiamiento:

- ▶ **Presupuestos municipales dedicados al medio ambiente, agua y saneamiento que ascienden a 7.5 % del presupuesto general**

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. Las municipalidades conforme Ley Número 850, ley de reforma a la Ley 466, ley de transferencia presupuestaria a los municipios de Nicaragua, las municipalidades que destinen que destinen 7.5% para agua y saneamiento y 5% para medio ambiente deben proceder de forma anual para 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 2023, ya se tiene presupuesto municipal asegurado para el monitoreo permanente de los recursos hídricos. Entre junio y septiembre de cada año, a partir del 2024, habrá que continuar las coordinaciones entre INETER, ENACAL 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.

El aporte de 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).

- ▶ **Presupuestos de las instituciones competentes: ENACAL, FISE, INETER, ANA, INAFOR y MARENA**

- ▶ **Financiamiento (Donaciones), con 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, como es el caso de:

- ✓ **Proyecto de Construcción del Sistema de Agua Potable para las comunidades de Milquise, Malpaso, Las Lajitas, Matasano y Oruse. Costo total: USD 700, 000, aporte financiero ALLACC USD 384,000, aporte alcaldías 22%, aporte comunitario aproximadamente 24%. Avance del proyecto hasta la fecha 40%.**
- ✓ **Red de monitoreo de recursos hídricos (equipos), desarrollo de capacidades, estudios específicos, aporte financiero ALLACC USD 385,000 con 80% de avance.**
- ✓ **Ordenanzas municipales para la protección de las fuentes de agua potable donde se establecieron 4 proyectos de agua potable en las zonas rurales de la cuenca. Aporte financiero proyecto ALLACC de USD 12,000 con avance de 25%.**
- ✓ **Mejoras (inversiones) en la cadena de valor de productos forestales no maderables para garantizar un canal seguro y formal de comercialización de madera y café como una medida de sostenibilidad de los sistemas agroforestales plantados como medidas de protección en las áreas de recarga hídrica. Aporte financiero ALLACC USD 250,000, 100% de avance.**

En el caso del financiamiento del comité de cuenca, con la Autoridad Nacional del Agua (ANA) se planificó la elaboración de un plan de sostenibilidad para la operación del comité a partir del año 2024. En ese plan se identificarán fuentes de financiamiento, tales como el presupuesto que fue acordado con las alcaldías para la implementación de las medidas GIRH, también se puede recurrir a financiamiento de usuarios privados que pueden o no estar dentro del comité de cuenca y financiamiento de programas con Organización Sin Fines de Lucro (OSFL), según ley No 1115, presentes en la cuenca. El trabajo que realizan las personas que conforman el comité de cuenca es voluntario, el presupuesto que se requiere es para los gastos operativos.

Aunque la Ley General de Aguas Nacionales (Ley No.620 y su posterior reforma 1046), 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.

El Art 92 de la Ley 1046 señala que, el fondo será administrado por un comité regido por un reglamento que aprobará el poder ejecutivo a propuesta del

Consejo Nacional para el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Se incluyen las potenciales cooperaciones público - privadas que se puedan desarrollar, producto del trabajo del Comité de Cuenca¹⁴.

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. Para este año el comité de cuenca cuenta con asistencia técnica y financiamiento dentro del programa ALLACC.

4.2. Implementación

El PGIRH contempla 7 temas de intervención, derivados del diagnóstico de los recursos hídricos. Para cada tema está disponible una matriz de planificación con hitos claramente definidos que requieren para su alcance la elaboración de planes operativos anuales (POA), que conlleven a la implementación del PGIRH.

La elaboración de los POA se realizará, una vez que el PGIRH sea aprobado técnicamente por la Comisión para la Administración Sustentable de los Recursos Hídricos, participan en su elaboración las instituciones rectoras y el Comité de Cuenca.

Aspectos importantes para desarrollar 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.
- ✓ Cohesión y trabajo en equipo para avanzar en la implementación de acuerdo con lo planificado.
- ✓ Desarrollo de capacidades, para incidir en la sostenibilidad de las medidas del plan GIRH, una vez que la cooperación se haya retirado.
- ✓ Aprovechamiento de la oferta de fondos nacionales o internacionales¹⁵, 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, gobiernos municipales y comité de cuenca y difusión a la comunidad.

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

¹⁴ El Comité de cuenca está integrado por usuarios(as) del agua, organizaciones no gubernamentales y alcaldías.

¹⁵ Conforme a la resolución administrativa CODF592018 en Nicaragua existe el Fondo Nacional de Desarrollo Forestal. Parte de su menú es el financiamiento para la protección de las zonas de recarga hídrica.

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 los gobiernos municipales, comité de cuenca y las instituciones relevantes, que incluye lo siguiente:

- La documentación completa del plan, en forma física, 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 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 Alta de Río Coco.
- Anuncios radiales y perifoneo para informar a la población de la aprobación del plan y de la disponibilidad del material informativo.

Cabe mencionar que una parte de las actividades de las medidas propuestas en este plan ya se encuentran en ejecución, los temas como protección de zonas de recarga, fortalecimiento a los prestadores de servicio de agua potable, monitoreo de los recursos hídricos y mejora a la operación de los sistemas de agua potable ya tiene avances considerables, en algunos casos el nivel de implementación alcanza un 60%. Temas como la regulación de arena y piedra en las riberas de los ríos y acceso a las fuentes de agua en propiedad privada no fue posible realizar acciones de implementación por su complejidad y limitaciones presupuestarias.

Actualmente, para la implementación de las medidas prioritarias GIRH se lleva a cabo un proceso de elaboración, negociación y consenso con las 8 alcaldías (7 alcaldías dentro de la CARC y se incluye además alcaldía de Santa María), INIFOM y MINREX. Este proceso de implementación conlleva la integración de las medidas, con su correspondiente presupuesto, en cada uno de los planes de inversión anual de las alcaldías competentes.

La implementación del Plan de Acción se realizará a través de una Comisión Interinstitucional de Gestión Integrada de la Cuenca Alta de Río Coco (GIRH-CARC) y que de acuerdo con sus competencias de ley y a las temáticas del Plan GIRH podrán intervenir.

4.3. Monitoreo

El monitoreo del plan se propone en dos niveles: un primer nivel que debe ser basado en el seguimiento al plan de acción y un monitoreo a las medidas de planificación y un segundo nivel que debe ser realizado a los Planes Operativos Anuales que se deriven de cada medida de planificación donde se establezcan acciones individuales.

Comprende las siguientes etapas:

1. Revisiones semestrales al avance de las actividades 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 la siguiente tabla:

Tema :

| Resultados | Actividades | 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). Les 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 |
|----------|-------------|--------------------|--------|-----------|---------|
| | | | | | |
| | | | | | |

Una asamblea anual de las instituciones del sector hídrico y el comité de cuenca es el espacio donde se informará sobre avances y resultados de la evaluación del Plan.

D. ANEXOS

Anexo 1. Base de datos de la precipitación territorial

| Cuenca: parte alta del río Coco | | | | | | | |
|--|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Generación de la precipitación territorial | | | | | | | |
| | Año | May | Jun | Jul | Agos | Sep | Oct |
| PROATAS | 1969/70 | 109.2 | 346.7 | 113.7 | 325.8 | 271.5 | 418.0 |
| PROATAS | 1970/71 | 191.1 | 67.9 | 159.1 | 131.3 | 162.2 | 200.5 |
| PROATAS | 1971/72 | 182.6 | 61.7 | 97.0 | 110.0 | 194.4 | 259.5 |
| PROATAS | 1972/73 | 94.9 | 87.5 | 46.0 | 61.7 | 48.7 | 55.3 |
| PROATAS | 1973/74 | 195.4 | 186.6 | 91.2 | 103.0 | 133.1 | 378.7 |
| PROATAS | 1974/75 | 112.3 | 142.1 | 72.1 | 69.1 | 394.7 | 97.9 |
| PROATAS | 1975/76 | 37.2 | 24.5 | 69.1 | 75.0 | 447.8 | 152.4 |
| PROATAS | 1976/77 | 146.5 | 352.0 | 48.7 | 95.8 | 119.7 | 123.8 |
| PROATAS | 1977/78 | 379.7 | 246.5 | 33.7 | 108.4 | 130.6 | 41.4 |
| PROATAS | 1978/79 | 187.3 | 143.7 | 176.4 | 142.2 | 96.8 | 57.4 |
| PROATAS | 1979/80 | 66.4 | 333.3 | 86.0 | 137.8 | 350.6 | 308.0 |
| PROATAS | 1980/81 | 356.6 | 249.2 | 128.3 | 82.2 | 248.9 | 438.3 |
| | | | | | | | |
| INETER | 1981/82 | 229.7 | 412.5 | 98.5 | 211.4 | 139.1 | 124.3 |
| INETER | 1982/83 | 323.3 | 197 | 78.8 | 34.8 | 163.1 | 124.4 |
| INETER | 1983/84 | 120.2 | 244.2 | 48.8 | 128.2 | 139.8 | 81.3 |
| INETER | 1984/85 | 60.9 | 160.5 | 181.4 | 128.5 | 291.9 | 134.4 |
| INETER | 1985/86 | 132.7 | 90 | 137.5 | 97.8 | 134.2 | 247.8 |
| INETER | 1986/87 | 241.7 | 138.5 | 110.4 | 105.2 | 127.1 | 98.3 |
| INETER | 1987/88 | 108.3 | 160.8 | 295.2 | 148.6 | 102.5 | 51.4 |
| INETER | 1988/89 | 166.6 | 159.4 | 146 | 277 | 317.5 | 183.9 |
| INETER | 1989/90 | 84.1 | 169.9 | 114.2 | 180.2 | 285.6 | 75.6 |
| INETER | 1990/91 | 124.2 | 78.3 | 66.5 | 111.4 | 113.9 | 199.2 |

| Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abril | Año | Pluviosidad |
|-------|------|------|------|------|-------|--------|-------------|
| 35.8 | 11.2 | 11.0 | 4.5 | 3.8 | 98.0 | 1749.2 | 1.5 |
| 34.8 | 16.3 | 6.3 | 4.7 | 3.4 | 95.3 | 1073.0 | 0.9 |
| 24.2 | 21.5 | 6.0 | 5.8 | 5.9 | 4.7 | 973.2 | 0.8 |
| 22.0 | 8.7 | 5.9 | 3.4 | 6.0 | 43.4 | 483.6 | 0.4 |
| 21.9 | 10.3 | 13.0 | 3.4 | 5.6 | 3.4 | 1145.5 | 1.0 |
| 9.0 | 11.9 | 7.3 | 3.7 | 3.8 | 3.4 | 927.3 | 0.8 |
| 74.5 | 3.7 | 6.0 | 8.1 | 3.4 | 9.5 | 911.3 | 0.8 |
| 33.1 | 14.0 | 3.8 | 3.4 | 3.4 | 6.4 | 950.6 | 0.8 |
| 28.8 | 15.3 | 12.1 | 17.0 | 59.3 | 66.6 | 1139.5 | 1.0 |
| 8.6 | 14.5 | 14.3 | 5.5 | 6.5 | 202.3 | 1055.5 | 0.9 |
| 51.3 | 17.4 | 3.4 | 4.7 | 5.0 | 7.7 | 1371.5 | 1.2 |
| 70.0 | 5.5 | 5.5 | 6.8 | 11.7 | 8.5 | 1611.5 | 1.4 |
| 21.2 | 40.7 | 4.3 | 4.7 | 3 | 44.1 | 1333.3 | 1.2 |
| 57.5 | 5.8 | 0.4 | 16.2 | 7.8 | 35.3 | 1044.4 | 0.9 |
| 70.8 | 9.6 | 11.1 | 7.6 | 31.7 | 40.8 | 934.1 | 0.8 |
| 25.6 | 13.6 | 6.2 | 7.5 | 5.5 | 63.5 | 1079.5 | 0.9 |
| 47.9 | 22.3 | 8 | 8.3 | 5.7 | 5.8 | 938.0 | 0.8 |
| 55.8 | 8.7 | 13.4 | 9 | 55.9 | 20.3 | 984.3 | 0.9 |
| 16.6 | 14.4 | 15.1 | 17.5 | 27 | 106.3 | 1063.7 | 0.9 |
| 37.3 | 24.3 | 24.3 | 20.6 | 24.1 | 31.8 | 1412.8 | 1.2 |
| 67.2 | 13.6 | 20.3 | 15.9 | 27.2 | 69.6 | 1123.4 | 1.0 |
| 150.3 | 37.8 | 10.3 | 7.5 | 5.6 | 18.4 | 923.4 | 0.8 |

Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco

| | Año | May | Jun | Jul | Agos | Sep | Oct |
|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| INETER | 1991/92 | 132.8 | 92.9 | 62.9 | 44.7 | 69.3 | 153.9 |
| INETER | 1992/93 | 160.6 | 162.1 | 129.4 | 44.5 | 263.8 | 115.9 |
| INETER | 1993/94 | 371.1 | 238.1 | 80.1 | 117.4 | 336.7 | 136 |
| INETER | 1994/95 | 140 | 97.4 | 20.8 | 79.5 | 139.1 | 181.2 |
| INETER | 1995/96 | 122.6 | 199.3 | 105.2 | 400.5 | 279.1 | 193.4 |
| INETER | 1996/97 | 146.3 | 41.1 | 160.6 | 195.7 | 192.9 | 401.8 |
| INETER | 1997/98 | 53.9 | 209.3 | 55.4 | 56.2 | 202.6 | 238.4 |
| INETER | 1998/99 | 148.4 | 154.9 | 190.5 | 211.7 | 319.6 | 843.3 |
| INETER | 1999/00 | 114.6 | 184.2 | 155.2 | 115.6 | 604.5 | 283.6 |
| INETER | 2000/01 | 143.5 | 71.5 | 96.2 | 134.6 | 292 | 118.6 |
| INETER | 2001/02 | 198.4 | 41.1 | 41 | 64.9 | 207.8 | 153.5 |
| INETER | 2002/03 | 244.4 | 265.8 | 80.2 | 41.4 | 168.3 | 166.8 |
| INETER | 2003/04 | 166.1 | 257.2 | 67.6 | 101 | 186.2 | 155.8 |
| INETER | 2004/05 | 26.8 | 99.7 | 59.3 | 53.7 | 202.1 | 118.6 |
| INETER | 2005/06 | 291.9 | 423.3 | 233.5 | 76.2 | 146.5 | 249.9 |
| INETER | 2006/07 | 50.7 | 177.1 | 92.5 | 43.9 | 76.9 | 100.5 |
| INETER | 2007/08 | 140.3 | 139.6 | 85.6 | 177 | 215.1 | 386.9 |
| INETER | 2008/09 | 148.8 | 180.2 | 184.9 | 165.9 | 267.2 | 351.1 |
| INETER | 2009/10 | 198.5 | 319.3 | 80.2 | 37.1 | 70.7 | 57.7 |
| INETER | 2010/11 | 326 | 243.6 | 323.3 | 547.4 | 512.1 | 153.1 |
| INETER | 2011/12 | 288.7 | 233.7 | 217.1 | 226.9 | 281.9 | 429.9 |
| INETER | 2012/13 | 319.4 | 206.3 | 60.1 | 158 | 120.5 | 195.8 |
| INETER | 2013/14 | 156.1 | 146.9 | 146.5 | 92.1 | 351 | 116.8 |
| INETER | 2014/15 | 53.5 | 105.8 | 22.6 | 144.9 | 183.9 | 325.6 |
| INETER | 2015/16 | 25.4 | 221.6 | 76.2 | 19 | 241.9 | 246.5 |
| INETER | 2016/17 | 161.7 | 177.7 | 75 | 247.8 | 109.9 | 307.3 |
| INETER | 2017/18 | 282.8 | 168.6 | 85 | 128.1 | 195.5 | 208.2 |
| | Medio | 168.7 | 181.9 | 109.9 | 134.5 | 217.4 | 209.0 |

| Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abril | Año | Pluviosidad |
|-------|------|------|------|------|-------|--------|-------------|
| 44.4 | 9.6 | 17.2 | 29.6 | 5.6 | 9.1 | 672.0 | 0.6 |
| 3.1 | 13 | 15.8 | 7.8 | 55.2 | 114.1 | 1085.3 | 0.9 |
| 14.7 | 7.2 | 6.5 | 1.2 | 7 | 56.4 | 1372.4 | 1.2 |
| 27.4 | 2.8 | 0.5 | 0.7 | 76.4 | 155.7 | 921.5 | 0.8 |
| 11.8 | 24 | 10.8 | 7.5 | 3.5 | 40.1 | 1397.8 | 1.2 |
| 108.2 | 10.8 | 13.5 | 4.2 | 22.4 | 13.2 | 1310.7 | 1.1 |
| 64.5 | 18.2 | 4.7 | 2.2 | 73.9 | 9.6 | 988.9 | 0.9 |
| 74.5 | 15.2 | 20.4 | 28.2 | 29.2 | 37.7 | 2073.6 | 1.8 |
| 158.5 | 39.7 | 3.2 | 2.9 | 0 | 6.4 | 1668.4 | 1.4 |
| 9.2 | 11 | 1.7 | 1.9 | 29.1 | 8.6 | 917.9 | 0.8 |
| 49.5 | 4.1 | 10.3 | 6.6 | 0.5 | 11.7 | 789.4 | 0.7 |
| 57.7 | 7.7 | 3 | 0.4 | 27.9 | 9.4 | 1073.0 | 0.9 |
| 44.8 | 5.2 | 1.5 | 0.2 | 4.6 | 9.2 | 999.4 | 0.9 |
| 22 | 0.8 | 0.1 | 2.1 | 10.2 | 14.5 | 609.9 | 0.5 |
| 41.2 | 5.6 | 4.5 | 0.7 | 0.3 | 18.2 | 1491.8 | 1.3 |
| 38.5 | 11.3 | 3.2 | 0.9 | 10.3 | 68.9 | 674.7 | 0.6 |
| 8.3 | 4.1 | 5.8 | 11.1 | 9.8 | 15.6 | 1199.2 | 1.0 |
| 3.8 | 1.2 | 2.9 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 1308.0 | 1.1 |
| 35.5 | 26.1 | 0.5 | 4.4 | 31.5 | 107.1 | 968.6 | 0.8 |
| 27.1 | 0 | 16.7 | 12.8 | 3.3 | 20.6 | 2186.0 | 1.9 |
| 48.2 | 25.8 | 29.1 | 35.5 | 0.4 | 132.9 | 1950.1 | 1.7 |
| 2.8 | 5.3 | 4.6 | 8.4 | 17.9 | 5.5 | 1104.6 | 1.0 |
| 45.2 | 15 | 28.3 | 5.7 | 8.2 | 10.9 | 1122.7 | 1.0 |
| 79.2 | 5.9 | 2 | 6 | 1.8 | 25.7 | 956.9 | 0.8 |
| 52.4 | 3.5 | 0.7 | 4.3 | 10.3 | 51.5 | 953.3 | 0.8 |
| 26.1 | 61.3 | 2 | 1.4 | 2.9 | 104.8 | 1277.9 | 1.1 |
| 8.9 | 20.6 | 5.5 | 7.5 | 13.4 | 45.1 | 1169.2 | 1.0 |
| 42.3 | 14.2 | 8.6 | 7.8 | 15.7 | 42.6 | 1152.5 | |

Anexo 2. Resultados de los parámetros físico - químicos de las aguas superficiales en la Cuenca Alta del Río Coco

| ID | ID-Lab | X | Y | Fecha | pH | CE (µs/cm) | T (C°) | Turbidez (NTU) | Alcalinidad (mg/l) | K (mg/l) |
|----|------------|--------|---------|------------|------|------------|--------|----------------|--------------------|----------|
| 1 | ENACAL 15 | 537430 | 1492024 | 12/2/2020 | 7.87 | 252 | 23.5 | 46 | 100.09 | 4.3 |
| 2 | ENACAL 18 | 543769 | 1497109 | 12/2/2020 | 8.07 | 325 | 23.3 | 12 | 124.25 | 5.7 |
| 3 | ENACAL 29 | 532096 | 1485058 | 13/2/2020 | 7.28 | 211 | 22.3 | 4 | 77.65 | 4.3 |
| 4 | ENACAL 33 | 530266 | 1487924 | 13/2/2020 | 7.53 | 312 | 22.1 | 2 | 120.8 | 6.8 |
| 5 | ENACAL 41 | 539109 | 1478165 | 17/2/2020 | 7.42 | 275 | 23.1 | | 106.99 | 5.8 |
| 6 | ENACAL 48 | 536383 | 1473936 | 17/2/2020 | 8.04 | 213 | 23.4 | 3 | 98.36 | 3 |
| 7 | ENACAL 51 | 538642 | 1470958 | 18/2/2020 | 8.04 | 221 | 24.2 | 3 | 98.36 | 3.4 |
| 8 | ENACAL 52 | 549275 | 1501692 | 18/2/2020 | 8.22 | 274 | 23.5 | 55 | 100.09 | 4.5 |
| 9 | ENACAL 71 | 540229 | 1520967 | 20/2/2020 | 7.83 | 355 | 23.3 | 1 | 146.68 | 1.77 |
| 10 | ENACAL 73 | 540055 | 1515614 | 20/2/2020 | 7.63 | 211 | 23.13 | 2 | 86.28 | 1.07 |
| 11 | ENACAL 77 | 544207 | 1508136 | 21/2/2020 | 7.69 | 286 | 23.6 | 5 | 105.26 | 3.2 |
| 12 | ENACAL 78 | 557565 | 1504957 | 19/2/2020 | 8.57 | 419 | 22.9 | 24 | 139.78 | 3.8 |
| 13 | LAQUISA 32 | 536883 | 1473936 | 29/10/2020 | 7,5 | 21,6 | 89,7 | 8,92 | 38,56 | 0,81 |
| 14 | LAQUISA 38 | 543192 | 1521259 | 11/11/2020 | 8,2 | 162,5 | 22,5 | 12,40 | 76,80 | 0,75 |
| 15 | LAQUISA 41 | 540403 | 1522301 | 11/11/2020 | 7,2 | 90,3 | 21,0 | 3,43 | 38,40 | 0,42 |
| 16 | LAQUISA 42 | 540412 | 1521100 | 11/11/2020 | 8,0 | 204,7 | 21,0 | 3,24 | 108,00 | 0,48 |

| Na (mg/l) | Mg2 (mg/l) | Ca2 (mg/l) | Fe2 (mg/l) | CO3 (mg/l) | HCO3 (mg/l) | Cl (mg/l) | SO4 (mg/l) | NO3 (mg/l) | NO2 (mg/l) | F (mg/l) |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------|---------------|---------------|----------------|--------------|
| 17.7 | 3.6 | 29.69 | 0.169 | 0 | 122.03 | 18.3 | 7.268 | 11.298 | 0.021 | |
| 22.8 | 13.96 | 37.85 | 0.002 | 0 | 151.49 | 16.3 | 15.116 | 12.133 | 0.04 | |
| 11.7 | 4.95 | 23.01 | 0.058 | 0 | 94.68 | 8.6 | 5.735 | 10.805 | 0.017 | |
| 22.4 | 12.61 | 27.46 | 0.095 | 0 | 147.28 | 29.7 | 5.825 | 11.715 | 0.025 | |
| 17.9 | 4.5 | 31.17 | 0.137 | 0 | 130.45 | 14.4 | 5.825 | ND | 0.023 | |
| 11.9 | 9.91 | 17.07 | 0.002 | 0 | 119.93 | 11.5 | 5.284 | 0.013 | 0.013 | |
| 12.7 | 8.11 | 19.3 | 0.03 | 0 | 119.93 | 9.6 | 5.554 | 0.013 | 0.013 | |
| 18.3 | 5.86 | 26.72 | 0.058 | 0 | 122.03 | 16.3 | 6.366 | 0.022 | 0.022 | |
| 11.8 | 17.57 | 40.08 | 0.035 | 0 | 178.84 | 11.5 | 5.915 | 0.769 | 0.014 | |
| 15.2 | 6.76 | 18.56 | 0.039 | 0 | 105.2 | 11.5 | 6.456 | 0.511 | 0.018 | |
| 18.3 | 11.26 | 24.49 | 0.165 | 0 | 128.34 | 13.5 | 7.448 | 2.461 | 0.024 | |
| 31.7 | 8.56 | 41.56 | N.D | 0 | 153.59 | 25.9 | 29.82 | 0.824 | 0.02 | |
| 4,08 | 3,23 | 7,62 | 0,34 | ND (<2,4) | 47,04 | 2,91 | 4,62 | 3,54 | 0,03 | NC (<0,3) |
| 6,97 | 4,54 | 16,78 | 1,39 | ND (<2,4) | 93,70 | 7,83 | 4,98 | ND (<0,9) | 0,03 | ND (<0,1) |
| 2,99 | 2,33 | 9,36 | 0,22 | ND (<2,4) | 46,85 | 3,91 | 4,26 | ND (<0,9) | ND (<0,007) | NC (<0,3) |
| 4,13 | 4,91 | 28,80 | 0,58 | ND (<2,4) | 131,76 | 4,89 | 4,86 | ND (<0,9) | 0,02 | NC (<0,3) |

Anexo 3. Resultados de contaminantes orgánicos de las aguas superficiales de la Cuenca Alta del Río Coco

| ID-Lab | X | Y | Fecha |
|-----------|--------|---------|-----------|
| ENACAL 15 | 537430 | 1492024 | 12/2/2020 |
| ENACAL 18 | 543769 | 1497109 | 12/2/2020 |
| ENACAL 29 | 532096 | 1485058 | 12/2/2020 |
| ENACAL 33 | 530266 | 1487924 | 12/2/2020 |
| ENACAL 41 | 539109 | 1478165 | 12/2/2020 |
| ENACAL 48 | 536383 | 1473936 | 12/2/2020 |
| ENACAL 51 | 538642 | 1470958 | 12/2/2020 |
| ENACAL 52 | 549275 | 1501692 | 12/2/2020 |
| ENACAL 71 | 540229 | 1520967 | 12/2/2020 |
| ENACAL 73 | 540055 | 1515614 | 12/2/2020 |
| ENACAL 77 | 544207 | 1508136 | 12/2/2020 |
| ENACAL 78 | 557565 | 1504957 | 13/2/2020 |
| | | | |

| Lugar | Plaguicidas Organoclorados (ng/l) | Plaguicidas Organofosforados (ng/l) |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Río Coco | ND | ND |
| Poza comunidad El Limón | ND | ND |
| Río Tapacalí - comunidad La Playa | ND | ND |
| Río Comalí La Papaya | ND | ND |
| Río Inalí, El Zapote | ND | ND |
| Río El Caracol | ND | ND |
| Río Tapascalí, Cusmapa | ND | ND |
| Río Coco, Santa Eloísa | ND | ND |
| Quebrada Los Cordoncillos | ND | ND |
| Río Macuelizo, Ococona | ND | ND |
| Río Macuelizo - Siquia | ND | ND |
| Río Coco, puente Ocotal | ND | ND |
| | | |

Anexo 4. Resultados de los análisis físico - químicos de las aguas subterráneas en la Cuenca Alta del Río Coco

| ID | ID-Lab | X | Y | Fecha | Tipo de fuente | Nombre de fuente | pH | CE (µS/cm) | T (C°) | Turbidez (NTU) | Alcalinidad (mg/l) |
|----|-----------|--------|---------|-----------|----------------|------------------------|------|------------|--------|----------------|--------------------|
| 1 | ENACAL 01 | 547187 | 1493569 | 11/2/2020 | PP | El Chinchal | 7.32 | 1194 | 23.4 | 0.01 | 362.39 |
| 2 | ENACAL 02 | 548285 | 1492720 | 11/2/2020 | PP | El Cascabel | 7.47 | 1095 | 23.7 | 0 | 300.26 |
| 3 | ENACAL 03 | 543906 | 1489582 | 11/2/2020 | PP | Barrio Julio Velasquez | 7.45 | 8.91 | 23.6 | 0 | 377.92 |
| 4 | ENACAL 04 | 545130 | 1490685 | 11/2/2020 | PP | Parque Central | 7.13 | 1080 | 23.6 | 0.01 | 343.41 |
| 5 | ENACAL 05 | 550891 | 1494933 | 11/2/2020 | PP | El Zapote N° 1 | 7.47 | 887 | 23.4 | 0.01 | 400.35 |
| 6 | ENACAL 06 | 543941 | 1487035 | 11/2/2020 | PP | Santa Isabel | 7.27 | 979 | 23.6 | 0 | 410.71 |
| 7 | ENACAL 07 | 542074 | 1485972 | 11/2/2020 | PE | Santa Rosa | 7.32 | 733 | 23.5 | 0 | 317.52 |
| 8 | ENACAL 08 | 548819 | 1485361 | 11/2/2020 | PE | El Llano de la Cruz | 7.53 | 485 | 23.4 | 0 | 224.34 |
| 9 | ENACAL 09 | 546390 | 1486332 | 11/2/2020 | PE | El Rodeo II | 7.23 | 698 | 23.5 | 0 | 303.72 |
| 10 | ENACAL 10 | 546534 | 1488209 | 11/2/2020 | PP | Santa Teresa | 7.95 | 859 | 23.4 | 2 | 345.13 |
| 11 | ENACAL 11 | 541924 | 1492177 | 12/2/2020 | PP | El Melonar | 7.31 | 816 | 23.5 | | 307.17 |
| 12 | ENACAL 12 | 541930 | 1491518 | 12/2/2020 | PP | El Melonar | 7.52 | 578 | 23.5 | 0 | 312.34 |
| 13 | ENACAL 13 | 536377 | 1489186 | 12/2/2020 | PP | El Guayabo | 6.75 | 394 | 23.6 | 0 | 160.49 |
| 14 | ENACAL 14 | 539953 | 1488752 | 12/2/2020 | PP | Aguas Calientes | 7.34 | 714 | 23.5 | | 124.25 |
| 15 | ENACAL 16 | 539189 | 1495222 | 12/2/2020 | PP | El Naranjo | 8.02 | 771 | 23.5 | 0 | 288.18 |
| 16 | ENACAL 17 | 543854 | 1497301 | 12/2/2020 | PP | El Limón | 8.11 | 1555 | 23.4 | 0 | 327.87 |
| 17 | ENACAL 19 | 541984 | 1497891 | 12/2/2020 | PE | San Luis | 6.55 | 323 | 23.3 | 0 | 65.57 |
| 18 | ENACAL 20 | 541178 | 1499430 | 12/2/2020 | PP | La Carbonera | 7.36 | 640 | 23.3 | 3 | 212.26 |
| 19 | ENACAL 21 | 538210 | 1501647 | 12/2/2020 | PP | San José de Icalupe | 6.91 | 301 | 23.3 | 0 | 86.28 |
| 20 | ENACAL 22 | 537198 | 1500427 | 12/2/2020 | PP | Los Cedros | 7.53 | 1144 | 23.5 | 0 | 229.51 |
| 21 | ENACAL 23 | 538959 | 1496043 | 13/2/2020 | PP | Las Lajas | 7.5 | 397 | 23.1 | | 151.86 |
| 22 | ENACAL 24 | 530262 | 1494676 | 13/2/2020 | PE | Las Pintadas | 7.38 | 751 | 22.9 | | 329.6 |

| 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) | NO ₃ (mg/l) | NO ₂ (mg/l) |
|-------------|--------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 7.1 | 191.4 | 26.12 | 47.5 | 0.044 | 0 | 441.84 | 26.9 | 175.52 | 30.204 | 0.013 |
| 2.5 | 129.4 | 32.43 | 69.03 | 0.578 | 0 | 366.1 | 27.9 | 227.84 | 9.781 | 0.012 |
| 4.1 | 113.4 | 33.33 | 43.05 | 0.109 | 0 | 460.78 | 12.5 | 46.092 | 10.729 | 0.02 |
| 0.59 | 71.5 | 29.28 | 110.59 | 0.104 | 0 | 418.7 | 144.2 | 54.758 | 68.281 | 0.018 |
| 1.65 | 28.2 | 96.38 | 12.62 | 0.053 | 0 | 488.13 | 18.3 | 9.162 | 35.191 | 0.024 |
| 2.5 | 76.5 | 75.22 | 46.02 | N.D | 0 | 500.75 | 31.7 | 54.768 | 15.887 | 0.017 |
| 1.05 | 26.5 | 6.31 | 112.08 | N.D | 0 | 387.14 | 18.3 | 27.655 | 11.791 | 0.018 |
| 1.18 | 15.5 | 5.41 | 68.28 | N.D | 0 | 273.52 | 9.6 | 9.343 | 15.413 | 0.029 |
| 1.33 | 28.1 | 33.78 | 74.96 | N.D | 0 | 370.3 | 20.2 | 27.113 | 11.128 | 0.018 |
| 0.53 | 172.5 | 7.21 | 23.75 | N.D | 0 | 420.8 | 30.8 | 37.216 | 10.293 | 0.026 |
| 1.55 | 98.1 | 12.61 | 76.45 | 1.139 | 0 | 374.51 | 26.9 | 14.755 | 59.918 | N.D |
| 2.6 | 100 | 16.66 | 32.66 | 0.072 | 0 | 380.82 | 26 | 18.273 | 15.337 | 0.013 |
| 4.5 | 34.9 | 11.71 | 35.63 | 0.276 | 0 | 195.67 | 12.5 | 11.869 | 15.11 | 0.012 |
| 6.5 | 64.4 | 5.4 | 23.75 | 0.281 | 0 | 151.49 | 24 | 33.698 | 9.592 | 0.013 |
| 5.3 | 147.2 | 9.91 | 14.1 | 0.104 | 0 | 351.37 | 53.8 | 12.68 | 9.535 | 0.012 |
| 4.4 | 255 | 33.33 | 12.62 | 0.346 | 0 | 399.76 | 149 | 204.575 | 19.13 | 0.02 |
| 6.4 | 19.4 | 6.76 | 30.43 | N.D | 0 | 79.95 | 25 | 25.76 | 42.776 | 0.03 |
| 4.3 | 53.2 | 25.67 | 57.15 | N.D | 0 | 258.79 | 20.2 | 148.864 | 15.261 | 0.013 |
| 7.1 | 33.2 | 9.91 | 15.59 | N.D | 0 | 105.2 | 10.6 | 38.57 | 9.838 | 0.015 |
| 12 | 147.5 | 25.22 | 39.34 | N.D | 0 | 279.83 | 101.9 | 181.57 | 11.507 | 0.017 |
| 7.2 | 49.1 | 6.76 | 31.17 | 0.002 | 0 | 185.15 | 8.6 | 7.448 | 12.796 | 0.015 |
| 6.1 | 40.3 | 24.32 | 96.49 | 0.216 | 0 | 401.86 | 25.9 | 5.103 | 11.355 | 0.023 |

Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco

| ID | ID-Lab | X | Y | Fecha | Tipo de fuente | Nombre de fuente | pH | CE (µs/cm) | T (C°) | Turbidez (NTU) | Alcalinidad (mg/l) |
|----|-----------|--------|---------|-----------|----------------|----------------------|------|------------|--------|----------------|--------------------|
| 23 | ENACAL 25 | 534824 | 1496731 | 13/2/2020 | PE | El Higuaje | 7.18 | 700 | 22.7 | | 224.34 |
| 24 | ENACAL 26 | 536188 | 1494620 | 13/2/2020 | PP | Motuce | 7.58 | 790 | 22.6 | | 310.62 |
| 25 | ENACAL 27 | 548661 | 1493558 | 18/2/2020 | PP | El Cascabel | 7.99 | 2260 | 23.9 | 0 | 681.63 |
| 26 | ENACAL 28 | 528574 | 1480724 | 13/2/2020 | PP | El Gualiqueme | 5.93 | 168 | 22.4 | 0 | 69.03 |
| 27 | ENACAL 30 | 532930 | 1484205 | 13/2/2020 | PP | La Playa | 6.95 | 650 | 22.3 | 0 | 283.01 |
| 28 | ENACAL 31 | 534875 | 1484071 | 13/2/2020 | PP | San Pedro | 6.64 | 485 | 22.2 | 0 | 224.34 |
| 29 | ENACAL 32 | 532507 | 1485505 | 13/2/2020 | PP | La Playa | 8.31 | 430 | 22.1 | 0 | 203.63 |
| 30 | ENACAL 34 | 541669 | 1477996 | 14/2/2020 | MN | Moropoto | 6.7 | 161.3 | 22.3 | 4 | 67.3 |
| 31 | ENACAL 35 | 544985 | 1481612 | 14/2/2020 | MN | El Apante | 7.34 | 398 | 22.3 | 0 | 189.82 |
| 32 | ENACAL 36 | 542019 | 1482703 | 14/2/2020 | PP | San Lucas | 7.52 | 723 | 22.3 | 0 | 327.87 |
| 33 | ENACAL 37 | 544396 | 1483642 | 14/2/2020 | PP | El Volcán | 7.1 | 560 | 22.3 | 0 | 250.22 |
| 34 | ENACAL 38 | 538717 | 1483276 | 14/2/2020 | PP | La Manzana | 7.05 | 928 | 22.4 | 0 | 296.81 |
| 35 | ENACAL 39 | 538511 | 1487728 | 14/2/2020 | PP | El Zapotillo | 7.53 | 370 | 25.0 | 0 | 189.82 |
| 36 | ENACAL 40 | 536352 | 1476319 | 17/2/2020 | PE | El Matasano | 6.31 | 205 | 23.4 | | 46.59 |
| 37 | ENACAL 47 | 532859 | 1473640 | 17/2/2020 | MN | Las Victorias | 7.17 | 98.7 | 23.6 | 0 | 37.96 |
| 38 | ENACAL 49 | 535218 | 1471135 | 17/2/2020 | MN | El Mojón | 7.03 | 136.1 | 23.6 | 1 | 63.85 |
| 39 | ENACAL 50 | 538560 | 1470931 | 18/2/2020 | PP | ENACAL Cusmapa | 7.16 | 221 | 23.4 | 0 | 98.36 |
| 40 | ENACAL 53 | 552034 | 1501236 | 18/2/2020 | PE | San José La Pita | 7.09 | 286 | 23.8 | 0 | 117.34 |
| 41 | ENACAL 54 | 551776 | 1500189 | 18/2/2020 | PE | Quebrada Grande | 7.83 | 744 | 23.6 | 0 | 298.54 |
| 42 | ENACAL 55 | 548365 | 1498359 | 18/2/2020 | PP | El Cacao | 7.25 | 915 | 24 | 4 | 390 |
| 43 | ENACAL 56 | 554334 | 1497447 | 18/2/2020 | PP | Buena Vista | 6.83 | 433 | 23.9 | 10 | 106.99 |
| 44 | ENACAL 57 | 558241 | 1499756 | 19/2/2020 | MN | Guascasoni | 6.93 | 300 | 22.7 | 6 | 108.72 |
| 45 | ENACAL 58 | 557519 | 1500934 | 19/2/2020 | MN | Agua Dulce El Zapote | 7.95 | 615 | 22.4 | | 276.1 |
| 46 | ENACAL 59 | 555046 | 1500799 | 19/2/2020 | PE | Los Angeles | 7.04 | 682 | 22.5 | 1 | 301.99 |
| 47 | ENACAL 60 | 553848 | 1501295 | 19/2/2020 | PP | San José | 7.74 | 558 | 22.7 | 4 | 220.88 |

| K (mg/l) | Na (mg/l) | Mg2 (mg/l) | Ca2 (mg/l) | Fe2 (mg/l) | CO3 (mg/l) | HCO3 (mg/l) | Cl (mg/l) | SO4 (mg/l) | NO3 (mg/l) | NO2 (mg/l) |
|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 4.5 | 56.2 | 45.94 | 27.46 | 0.262 | 0 | 273.52 | 35.5 | 27.204 | 54.173 | 0.321 |
| 7.8 | 151 | 10.36 | 20.78 | 0.174 | 0 | 378.72 | 24 | 26.211 | 9.819 | 0.018 |
| 6 | 520 | 7.21 | 18.56 | N.D | 0 | 831.08 | 196.7 | 138.624 | 0.018 | 0.018 |
| 3.7 | 14.3 | 9.91 | 17.81 | N.D | 0 | 84.16 | 9.6 | 6.907 | 12.057 | 0.016 |
| 4.8 | 42.7 | 23.42 | 57.89 | 0.081 | 0 | 345.06 | 7.7 | 5.735 | 29.464 | 0.024 |
| 2.8 | 28.8 | 21.62 | 43.05 | 0.016 | 0 | 273.52 | 8.6 | 10.515 | 18.921 | 0.015 |
| 3.8 | 97 | 4.05 | 8.16 | 0.035 | 0 | 248.27 | 9.6 | 7.088 | 10.047 | 0.015 |
| 4.3 | 12.1 | 4.95 | 14.1 | N.D | 0 | 82.06 | 10.6 | 10.335 | 11.658 | 0.016 |
| 0.54 | 16.3 | 13.06 | 54.18 | 0.104 | 0 | 231.44 | 10.6 | 5.915 | 10.938 | 0.023 |
| 2 | 146.6 | 19.37 | 20.78 | 0.434 | 0 | 399.76 | 12.5 | 20.979 | 12.474 | 0.033 |
| 0.76 | 27.7 | 16.21 | 66.06 | 0.03 | 0 | 305.08 | 14.4 | 27.023 | 9.686 | 0.016 |
| 7.7 | 101 | 47.29 | 19.3 | 0.044 | 0 | 361.89 | 57.6 | 16.559 | 67.048 | 0.016 |
| 11 | 36.2 | 14.41 | 24.49 | 0.049 | 0 | 231.44 | 8.6 | 12.951 | 15.47 | 0.014 |
| 8.4 | 13 | 7.66 | 14.1 | 0.067 | 0 | 56.81 | 19.2 | 15.116 | ND | 0.044 |
| 4.4 | 6.1 | 3.15 | 6.68 | 0.012 | 0 | 46.29 | 5.8 | 5.644 | 0.015 | 0.015 |
| 2.3 | 6.2 | 6.31 | 13.36 | 0.104 | 0 | 77.85 | 1.9 | 4.742 | 0.014 | 0.014 |
| 4.3 | 13.6 | 5.4 | 23.01 | N.D | 0 | 119.93 | 8.6 | 6.186 | 0.012 | 0.012 |
| 0.75 | 9.8 | 8.11 | 32.66 | 0.067 | 0 | 143.07 | 9.6 | 7.809 | 0.013 | 0.013 |
| 3.1 | 35 | 31.08 | 70.51 | 0.007 | 0 | 363.99 | 26.9 | 34.51 | 0.012 | 0.012 |
| 1.61 | 52.8 | 64.86 | 56.41 | 0.471 | 0 | 475.5 | 15.4 | 58.556 | 0.016 | 0.016 |
| 0.91 | 11.8 | 23.42 | 38.6 | 0.002 | 0 | 130.45 | 19.2 | 61.624 | 0.013 | 0.013 |
| 4.5 | 19.6 | 11.71 | 23.01 | 0.002 | 0 | 132.55 | 14.4 | 9.884 | 2.811 | 0.014 |
| 0.62 | 23.2 | 10.36 | 93.52 | N.D | 0 | 336.64 | 16.3 | 11.418 | 2.149 | 0.026 |
| 1.25 | 16.8 | 14.86 | 92.78 | 0.067 | 0 | 368.2 | 20.1 | 7.899 | N.D | 0.063 |
| 1.79 | 25.7 | 20.72 | 66.06 | 0.012 | 0 | 269.31 | 11.5 | 23.866 | N.D | 0.015 |

Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco

| ID | ID-Lab | X | Y | Fecha | Tipo de fuente | Nombre de fuente | pH | CE (µs/cm) | T (C°) | Turbidez (NTU) | Alcalinidad (mg/l) |
|---|------------|--------|---------|------------|----------------|-----------------------------|---------|------------|--------|----------------|--------------------|
| 48 | ENACAL 61 | 554822 | 1499107 | 19/2/2020 | PP | Totogalpa | 6.65 | 274 | 22.5 | 0 | 106.99 |
| 49 | ENACAL 62 | 556537 | 1497422 | 20/2/2020 | PP | La Maysuta | 6.42 | 280 | 23.4 | 20 | 77.65 |
| 50 | ENACAL 63 | 553835 | 1495816 | 20/2/2020 | PP | El Jobo | 7.35 | 726 | 23.5 | 6 | 284.73 |
| 51 | ENACAL 64 | 552240 | 1497942 | 20/2/2020 | PP | El Capulín | 7.17 | 428 | 23.5 | 13 | 162.21 |
| 52 | ENACAL 66 | 547703 | 1520174 | 19/2/2020 | CM | El Higuito | 7 | 210 | 23 | 6 | 91.46 |
| 53 | ENACAL 67 | 543669 | 1515428 | 19/2/2020 | PE | El Junquillo | 6.84 | 482 | 23 | 6 | 186.37 |
| 54 | ENACAL 69 | 535378 | 1513914 | 20/2/2020 | PP | Caña N° 1 | 7.55 | 340 | 23.2 | 0 | 146.68 |
| 55 | ENACAL 70 | 540308 | 1513629 | 20/2/2020 | PP | El Batidero | 7.5 | 769 | 23.2 | 0 | 239.87 |
| 56 | ENACAL 72 | 540810 | 1518143 | 20/2/2020 | PP | Ococona | 7.48 | 670 | 23.3 | 0 | 207.08 |
| 57 | ENACAL 74 | 541744 | 1509490 | 21/2/2020 | PP | Macuelizo | 7.31 | 255 | 23.4 | 0 | 105.26 |
| 58 | ENACAL 75 | 544967 | 1505832 | 21/2/2020 | PP | El Paraisito | 7.25 | 802 | 23.5 | 0 | 345.13 |
| 59 | ENACAL 76 | 544031 | 1508218 | 21/2/2020 | PE | Siquia | 7.68 | 538 | 23.5 | 0 | 184.65 |
| 60 | ENACAL 79 | 555845 | 1506698 | 20/2/2020 | PE | Ocotal | 7.68 | 2530 | 23.3 | 11 | 472.83 |
| 61 | ENACAL 80 | 554081 | 1508795 | 20/2/2020 | PE | Ocotal | 7.53 | 426 | 28.2 | 26 | 169.11 |
| 62 | ENACAL 81 | 549564 | 1509713 | 21/2/2020 | PE | El Portillo Grande | 7.56 | 566 | 23.3 | 43 | 267.48 |
| 63 | LAQUISA 11 | 531240 | 1495806 | 28/10/2020 | PP | El Tamarindo | 7,2 | 1267,0 | 27,2 | NC (<0,15) | 519,20 |
| 64 | LAQUISA 12 | 533439 | 1486531 | 28/10/2020 | PP | Sonis | 7,3 | 570.6 | 29,8 | NC (<0,15) | 271,40 |
| 65 | LAQUISA 28 | 540901 | 1472984 | 30/10/2020 | CM | Matapalo-Quebrada Honda | 5,9 | 130,4 | 21,2 | 2,51 | 53,02 |
| 66 | LAQUISA 29 | 540968 | 1472746 | 30/10/2020 | CM | La Pila-Quebrada Honda | 7,8 | 105,6 | 21,3 | 9,31 | 45,79 |
| 67 | LAQUISA 30 | 540694 | 1472607 | 30/10/2020 | CM | Las Ahogadas-Quebrada Honda | 6,1 | 180,1 | 23,0 | 0,82 | 98,81 |
| NE= No especificada en la Norma, ≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta, PMS=Poca Materia en Suspensión. | | | | | | | | | | | |
| CAFRE | | | | | | | 6.5-8.5 | N/R | | N/R | N/R |

| K (mg/l) | Na (mg/l) | Mg2 (mg/l) | Ca2 (mg/l) | Fe2 (mg/l) | CO3 (mg/l) | HCO3 (mg/l) | Cl (mg/l) | SO4 (mg/l) | NO3 (mg/l) | NO2 (mg/l) |
|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| 0.69 | 5 | 8.11 | 34.88 | N.D | 0 | 130.45 | 13.4 | 7.809 | 1.726 | 0.014 |
| 9.7 | 6.4 | 11.26 | 19.3 | 0.267 | 0 | 94.68 | 22.1 | 12.951 | 1.1 | 0.018 |
| 1.68 | 44.8 | 24.32 | 73.48 | N.D | 0 | 347.16 | 18.3 | 6.997 | 6.674 | 0.016 |
| 1.36 | 9.8 | 21.17 | 45.28 | 0.012 | 0 | 197.78 | 12.5 | 7.358 | 1.965 | 0.014 |
| 0.55 | 12.9 | 13.06 | 22.27 | 0.271 | 0 | 111.51 | 11.5 | 5.554 | ND | 0.018 |
| 1.29 | 29.6 | 11.26 | 58.64 | 0.48 | 0 | 227.23 | 20.1 | 20.799 | ND | 0.037 |
| 0.95 | 13.9 | 12.16 | 35.63 | 0.063 | 0 | 178.84 | 14.4 | 13.131 | 3.933 | 0.012 |
| 2.3 | 41.9 | 29.28 | 43.05 | 0.155 | 0 | 292.46 | 7.7 | 89.328 | 1.082 | 0.014 |
| 1.49 | 24.3 | 40.99 | 20.78 | 0.021 | 0 | 252.48 | 9.6 | 29.188 | | |
| 1.84 | 16.7 | 11.26 | 23.01 | N.D | 0 | 128.34 | 10.6 | 6.637 | 1.818 | 0.03 |
| 3.9 | 40.1 | 66.21 | 23.75 | N.D | 0 | 420.8 | 21.1 | 16.198 | 3.252 | 0.022 |
| 5.6 | 43.6 | 15.76 | 42.31 | 0.012 | 0 | 225.13 | 14.4 | 34.601 | 10.224 | 0.036 |
| 4.6 | 322.5 | 113.95 | 92.78 | N.D | 0 | 576.5 | 158.6 | 717.26 | 4.798 | 0.018 |
| 1.81 | 25.2 | 13.06 | 46.02 | 0.002 | 0 | 206.19 | 12.5 | 20.438 | 3.584 | 0.024 |
| 1.55 | 44.6 | 13.06 | 37.11 | 0.137 | 0 | 326.12 | 9.6 | 11.778 | 0.677 | 0.018 |
| 2,73 | 227,96 | 7,84 | 19,67 | 0,39 | ND (<2,4) | 633,42 | 34,97 | 26,09 | NC (<2,7) | ND (<0,007) |
| 4,69 | 28,55 | 17,43 | 64,04 | ND (<0,02) | ND (<2,4) | 331,11 | 9,71 | 8,67 | 10,26 | NC (<0,016) |
| 2,42 | 6,66 | 3,25 | 13,11 | NC (<0,07) | ND (<2,4) | 64,68 | 6,80 | 6,83 | 6,74 | 0,04 |
| 1,47 | 4,95 | 3,55 | 9,42 | 0,15 | ND (<2,4) | 55,86 | 5,83 | 5,36 | ND (<0,9) | 0,03 |
| 2,11 | 9,09 | 6,31 | 19,48 | ND (<0,02) | ND (<2,4) | 120,55 | 2,91 | 2,92 | NC (<2,7) | ND (<0,007) |
| | | | | | | | | | | |
| 10 | 200 | 50 | N/R | 0.3 | N/R | N/R | 250 | 250 | 50 | 0.10 -3.00 |

Anexo 5. Resultados de los análisis de los contaminantes pesados de las aguas subterráneas de la Cuenca Alta del Río Coco

| ID | ID-Lab | X | Y | Tipo de fuente | Fecha |
|----|-----------|--------|---------|----------------|-----------|
| 1 | ENACAL 1 | 547187 | 1493569 | PP | 11/2/2020 |
| 2 | ENACAL 2 | 548285 | 1492720 | PP | 11/2/2020 |
| 3 | ENACAL 3 | 543906 | 1489582 | PP | 11/2/2020 |
| 4 | ENACAL 4 | 545130 | 1490685 | PP | 11/2/2020 |
| 5 | ENACAL 5 | 550891 | 1494933 | PP | 11/2/2020 |
| 6 | ENACAL 6 | 543941 | 1487035 | PP | 11/2/2020 |
| 7 | ENACAL 7 | 542074 | 1485972 | PE | 11/2/2020 |
| 8 | ENACAL 8 | 548819 | 1485361 | PE | 11/2/2020 |
| 9 | ENACAL 9 | 546390 | 1486332 | PE | 11/2/2020 |
| 10 | ENACAL 10 | 546534 | 1488209 | PP | 11/2/2020 |
| 11 | ENACAL 11 | 541924 | 1492177 | PP | 12/2/2020 |
| 12 | ENACAL 12 | 541930 | 1491518 | PP | 12/2/2020 |
| 13 | ENACAL 13 | 536377 | 1489186 | PP | 12/2/2020 |
| 14 | ENACAL 14 | 539953 | 1488752 | PP | 12/2/2020 |
| 15 | ENACAL 16 | 539189 | 1495222 | PP | 12/2/2020 |
| 16 | ENACAL 17 | 543854 | 1497301 | PP | 12/2/2020 |
| 17 | ENACAL 19 | 541984 | 1497891 | PE | 12/2/2020 |
| 18 | ENACAL 20 | 541178 | 1499430 | PP | 12/2/2020 |
| 19 | ENACAL 21 | 538210 | 1501647 | PP | 12/2/2020 |
| 20 | ENACAL 22 | 537198 | 1500427 | PP | 12/2/2020 |
| 21 | ENACAL 23 | 538959 | 1496043 | PP | 13/2/2020 |
| 22 | ENACAL 24 | 530262 | 1494676 | PE | 13/2/2020 |
| 23 | ENACAL 25 | 534824 | 1496731 | PE | 13/2/2020 |
| 24 | ENACAL 26 | 536188 | 1494620 | PP | 13/2/2020 |
| 25 | ENACAL 27 | 548661 | 1493558 | PP | 18/2/2020 |
| 26 | ENACAL 28 | 528574 | 1480724 | PP | 13/2/2020 |
| 27 | ENACAL 30 | 532930 | 1484205 | PP | 13/2/2020 |
| 28 | ENACAL 31 | 534875 | 1484071 | PP | 13/2/2020 |
| 29 | ENACAL 32 | 532507 | 1485505 | PP | 13/2/2020 |
| 30 | ENACAL 34 | 541669 | 1477996 | MN | 14/2/2020 |
| 31 | ENACAL 35 | 544985 | 1481612 | MN | 14/2/2020 |
| 32 | ENACAL 36 | 542019 | 1482703 | PP | 14/2/2020 |
| 33 | ENACAL 37 | 544396 | 1483642 | PP | 14/2/2020 |
| 34 | ENACAL 38 | 538717 | 1483276 | PP | 14/2/2020 |
| 35 | ENACAL 39 | 538511 | 1487728 | PP | 14/2/2020 |
| 36 | ENACAL 40 | 536352 | 1476319 | PE | 17/2/2020 |
| 37 | ENACAL 47 | 532859 | 1473640 | MN | 17/2/2020 |
| 38 | ENACAL 49 | 535218 | 1471135 | MN | 17/2/2020 |
| 39 | ENACAL 50 | 538560 | 1470931 | PP | 18/2/2020 |
| 40 | ENACAL 53 | 552034 | 1501236 | PE | 18/2/2020 |
| 41 | ENACAL 54 | 551776 | 1500189 | PE | 18/2/2020 |
| 42 | ENACAL 55 | 548365 | 1498359 | PP | 18/2/2020 |
| 43 | ENACAL 56 | 554334 | 1497447 | PP | 18/2/2020 |
| 44 | ENACAL 57 | 558241 | 1499756 | MN | 19/2/2020 |

| As ($\mu\text{g.l}^{-1}$) | Cu ($\mu\text{g.l}^{-1}$) | Mn ($\mu\text{g.l}^{-1}$) | Zn ($\mu\text{g.l}^{-1}$) | Pb ($\mu\text{g.l}^{-1}$) | Hg ($\mu\text{g.l}^{-1}$) |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 20.4 | 0.036 | 0.064 | 0.02 | ND | |
| 0.03 | 0.027 | 0.115 | 0.018 | ND | |
| 0.55 | 0.037 | 0.111 | 0.149 | 0.58 | |
| 0.02 | 0.04 | 0.069 | 0.055 | 0.34 | |
| 0.33 | 0.053 | 0.074 | 0.031 | 0.25 | |
| ND | 0.052 | 0.086 | 0.024 | 0.15 | |
| 0.41 | 0.042 | 0.06 | 0.025 | 0.37 | |
| ND | 0.051 | 0.086 | 0.03 | 0.3 | |
| ND | 0.061 | 0.06 | 0.011 | 0.12 | |
| ND | 0.046 | 0.071 | 0.011 | 0.22 | |
| 12.1 | 0.059 | 0.051 | 0.006 | 0.39 | |
| 9.5 | 0.065 | 0.043 | 0.006 | 0.1 | |
| 8.89 | 0.05 | 0.052 | 0.005 | 0.73 | |
| 1.8 | 0.05 | 0.047 | 0.017 | 0.28 | |
| 19.5 | 0.061 | 0.074 | 0.01 | 0.13 | |
| 0.79 | 0.066 | 0.108 | 0.015 | 0.07 | |
| 4.48 | 0.46 | 0.044 | 0.013 | 0.1 | |
| 2.69 | 0.057 | 0.042 | 0.01 | 0.21 | |
| 12.5 | 0.065 | 0.045 | 0.011 | ND | |
| 2.76 | 0.074 | 0.051 | 0.008 | 0.1 | |
| 5.18 | 0.066 | 0.049 | 0.341 | 1.17 | |
| 4.21 | 0.06 | 0.572 | 0.01 | 0.94 | |
| 2.33 | 0.06 | 0.049 | 0.016 | 0.43 | |
| 6.61 | 0.059 | 0.055 | 0.015 | 2.05 | |
| 3.86 | 0.044 | 0.051 | 0.007 | ND | |
| 3.33 | 0.064 | 0.041 | 0.13 | 0.14 | |
| 1.54 | 0.053 | 0.07 | 0.012 | 0.72 | |
| 1.47 | 0.071 | 0.041 | 0.012 | 0.72 | |
| 8.47 | 0.069 | 0.044 | 0.017 | 0.46 | |
| 0.8 | 0.065 | 0.042 | 0.012 | 0.53 | |
| 0.08 | 0.058 | 0.105 | 0.041 | 0.6 | |
| 6.64 | 0.067 | 0.053 | 0.438 | 0.49 | |
| 1.25 | 0.076 | 0.036 | 0.008 | ND | |
| 0.92 | 0.076 | 0.056 | 0.016 | 0.13 | |
| 2.64 | 0.067 | 0.071 | 0.013 | 0.19 | |
| ND | 0.042 | 0.124 | 0.015 | ND | |
| ND | 0.032 | 0.074 | 0.012 | 0.14 | |
| ND | 0.008 | 0.073 | 0.011 | 0.58 | |
| 0.78 | 0.028 | 0.06 | 0.008 | ND | |
| 0.01 | 0.026 | 0.07 | 0.028 | ND | |
| 1.79 | 0.023 | 0.095 | 0.036 | ND | |
| 7.48 | 0.037 | 0.147 | 0.065 | 0.75 | |
| 0.11 | 0.027 | 0.065 | 0.059 | 0.52 | |
| 0.48 | 0.036 | 0.045 | 0.013 | ND | |

| ID | ID-Lab | X | Y | Tipo de fuente | Fecha |
|----|---------------|--------|---------|----------------|------------|
| 45 | ENACAL 58 | 557519 | 1500934 | MN | 19/2/2020 |
| 46 | ENACAL 59 | 555046 | 1500799 | PE | 19/2/2020 |
| 47 | ENACAL 60 | 553848 | 1501295 | PP | 19/2/2020 |
| 48 | ENACAL 61 | 554822 | 1499107 | PP | 19/2/2020 |
| 49 | ENACAL 62 | 556537 | 1497422 | PP | 20/2/2020 |
| 50 | ENACAL 63 | 553835 | 1495816 | PP | 20/2/2020 |
| 51 | ENACAL 64 | 552240 | 1497942 | PP | 20/2/2020 |
| 52 | ENACAL 66 | 547703 | 1520174 | CM | 19/2/2020 |
| 53 | ENACAL 67 | 543669 | 1515428 | PE | 19/2/2020 |
| 54 | ENACAL 69 | 535378 | 1513914 | PP | 20/2/2020 |
| 55 | ENACAL 70 | 540308 | 1513629 | PP | 20/2/2020 |
| 56 | ENACAL 72 | 540810 | 1518143 | PP | 20/2/2020 |
| 57 | ENACAL 74 | 541744 | 1509490 | PP | 21/2/2020 |
| 58 | ENACAL 75 | 544967 | 1505832 | PP | 21/2/2020 |
| 59 | ENACAL 76 | 544031 | 1508218 | PE | 21/2/2020 |
| 60 | ENACAL 79 | 555845 | 1506698 | PE | 20/2/2020 |
| 61 | ENACAL 80 | 554081 | 1508795 | PE | 20/2/2020 |
| 62 | ENACAL 81 | 549564 | 1509713 | PE | 21/2/2020 |
| 63 | LAQUISA 11 | 531240 | 1495806 | PP | 28/10/2020 |
| 64 | LAQUISA 12 | 533439 | 1486531 | PP | 28/10/2020 |
| 66 | LAQUISA 29 | 540968 | 1472746 | CM | 30/10/2020 |
| 67 | LAQUISA 30 | 540694 | 1472607 | CM | 30/10/2020 |

| As ($\mu\text{g.l}^{-1}$) | Cu ($\mu\text{g.l}^{-1}$) | Mn ($\mu\text{g.l}^{-1}$) | Zn ($\mu\text{g.l}^{-1}$) | Pb ($\mu\text{g.l}^{-1}$) | Hg ($\mu\text{g.l}^{-1}$) |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0.12 | 0.049 | 0.057 | 0.019 | ND | |
| ND | 0.031 | 0.367 | 0.041 | 0.63 | |
| ND | 0.062 | 0.047 | 0.192 | 0.42 | |
| ND | 0.045 | 0.048 | 0.048 | 4.27 | |
| ND | 0.064 | 0.058 | 0.035 | 0.69 | |
| ND | 0.048 | 0.049 | 0.01 | 0.08 | |
| 0.09 | 0.043 | 0.044 | 0.015 | ND | |
| 16.0 | 0.038 | 0.089 | 0.011 | ND | |
| 7.09 | 0.03 | 0.268 | 0.033 | 0.29 | |
| 1.88 | 0.061 | 0.039 | ND | 0.2 | |
| 4.08 | 0.066 | 0.092 | ND | 0.55 | |
| 7.76 | 0.07 | 0.121 | ND | ND | |
| 11.3 | 0.056 | 0.654 | 0.103 | ND | |
| 0.09 | 0.094 | 0.045 | ND | ND | |
| 2.25 | ND | 0.054 | 0.047 | ND | |
| 1.53 | 0.072 | 0.056 | 0.006 | ND | |
| 8.77 | 0.06 | 0.051 | 0.011 | 0.94 | |
| 14.3 | 0.064 | 0.596 | 0.007 | ND | |
| 0,013 | | | | | ND ($<0,001$) |
| ND ($<0,009$) | | | | | ND ($<0,001$) |
| ND ($<0,003$) | | | | | ND ($<0,001$) |
| ND ($<0,003$) | | | | | ND ($<0,001$) |

Anexo 6. Inventario de pozos de la Cuenca Alta del Río Coco¹⁶

| CODIGO | TIPO | X | Y | Z_msnm |
|--------|------|--------|---------|--------|
| 107 | PE | 530275 | 1493662 | 845 |
| 330 | MN | 544172 | 1503055 | 808 |
| 371 | MN | 537210 | 1469122 | 1307 |
| 314 | PE | 548920 | 1498425 | 695 |
| 276 | MN | 548343 | 1498998 | 691 |
| 4 | PE | 547502 | 1485638 | 993 |
| 343 | PE | 540936 | 1512171 | 851 |
| 10 | PE | 545353 | 1486045 | 872 |
| 374 | PE | 537817 | 1469144 | 1279 |
| 385 | PE | 555435 | 1508209 | 636 |
| 269 | PE | 553798 | 1497576 | 670 |
| 419 | PE | 538828 | 1471884 | 1317 |
| 325 | PP | 541744 | 1509490 | 690 |
| 267 | PE | 553759 | 1497793 | 695 |
| 252 | PP | 528639 | 1481647 | 1009 |
| 174 | PE | 536995 | 1494436 | 655 |
| 307 | PE | 553372 | 1501527 | 661 |
| 284 | MN | 553244 | 1495813 | 793 |
| 277 | PE | 550636 | 1496943 | 699 |
| 341 | PE | 540078 | 1513400 | 859 |
| 335 | PE | 543628 | 1515208 | 963 |
| 167 | PE | 540352 | 1495976 | 626 |
| 384 | PE | 554081 | 1508795 | 681 |
| 202 | PE | 542102 | 1482243 | 823 |
| 177 | PE | 537800 | 1495319 | 630 |
| 336 | PE | 543670 | 1515423 | 932 |
| 186 | PE | 539144 | 1493747 | 623 |
| 79 | PE | 530265 | 1494678 | 787 |
| 22 | PE | 540791 | 1487497 | 705 |
| 196 | PE | 541005 | 1478558 | 1023 |
| 268 | PE | 553766 | 1497659 | 702 |
| 23 | PE | 540775 | 1487497 | 705 |
| 206 | PP | 542156 | 1478351 | 1147 |
| 193 | PE | 536575 | 1499298 | 719 |
| 387 | PE | 555995 | 1506919 | 617 |
| 274 | PP | 552241 | 1497432 | 682 |
| 5 | PE | 546415 | 1486309 | 909 |
| 312 | PE | 550878 | 1499202 | 647 |
| 313 | PE | 550648 | 1499059 | 648 |
| 318 | MN | 558254 | 1499753 | 900 |
| 294 | PE | 556137 | 1497211 | 821 |
| 164 | PE | 541661 | 1492360 | 677 |
| 264 | PE | 551314 | 1499716 | 630 |
| 9 | PE | 545354 | 1486057 | 866 |
| 227 | PE | 538820 | 1482381 | 745 |
| 204 | PE | 542856 | 1484163 | 804 |

¹⁶Solo se muestran los pozos con datos de nivel de agua subterránea

| PROFUNDIDAD | DUEÑO | NEA_m | ND_m |
|-------------|----------------------|-------|------|
| N/D | Comunal | 0.38 | 0 |
| N/D | Alexis Mendoza | 0.5 | 0 |
| 2.57 | Comunal | 0.5 | 0 |
| 4.8 | Juan Pablo Pérez | 0.5 | 0 |
| N/D | Comunal | 0.56 | 0 |
| N/D | Rosalio Rivera | 0.98 | 0 |
| 2.06 | Javier Aguilera | 1.08 | 0 |
| 7.07 | Comunal | 1.48 | 0 |
| 3.14 | Comunal | 1.86 | 0 |
| 7.3 | Comunal | 1.98 | 0 |
| N/D | Comunal | 2.07 | 0 |
| 7.07 | Comunal | 2.09 | 0 |
| N/D | Comunal | 2.1 | 0 |
| N/D | Julia Vanegas | 2.15 | 0 |
| 15 | Comunal | 2.22 | 0 |
| N/D | Andrés Sánchez | 2.35 | 0 |
| 2.35 | Comunal | 2.35 | 0 |
| N/D | Comunal | 2.5 | 0 |
| N/D | Comunal | 2.5 | 0 |
| 2.85 | Israel Rodríguez | 2.55 | 0 |
| N/D | Aidé Ponce | 2.6 | 0 |
| N/D | Comunal | 2.62 | 0 |
| 4.3 | Emilio Gutiérrez | 2.75 | 0 |
| 3.37 | José Tomás Rodríguez | 2.75 | 0 |
| N/D | José Santa Elisa | 2.8 | 0 |
| 4.8 | Virgilio Ortiz | 2.8 | 0 |
| 6 | Edwin Álvarez | 2.82 | 0 |
| N/D | Marvin Grady | 2.82 | 0 |
| 9.69 | Comunal/Miguel Mejía | 2.9 | 0 |
| 5.57 | Carlos Espinoza | 2.95 | 0 |
| N/D | Edgar López | 3 | 0 |
| 9.2 | Comunal | 3.03 | 0 |
| 18.12 | Cristina Pérez | 3.16 | 0 |
| N/D | Ramón Olivera | 3.2 | 0 |
| 10.55 | Tomasa Ramírez | 3.26 | 0 |
| N/D | Comunal | 3.4 | 0 |
| 6.2 | Francisca Guzmán | 3.53 | 0 |
| 5.22 | Privado | 3.72 | 0 |
| 6.29 | Privado | 3.81 | 0 |
| 5.36 | Carlos Suárez | 3.83 | 0 |
| N/D | Comunal | 3.9 | 0 |
| N/D | Comunal | 3.92 | 0 |
| N/D | Emelda Sánchez | 4 | 0 |
| 6.9 | Comunal | 4.03 | 0 |
| 5.67 | Tomasa Hernández | 4.07 | 0 |
| 6.07 | Miguel Rivera | 4.1 | 0 |

Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco

| CODIGO | TIPO | X | Y | Z_msnm |
|--------|------|--------|---------|--------|
| 266 | PE | 551146 | 1499550 | 635 |
| 62 | PP | 546814 | 1493061 | 711 |
| 295 | PE | 556129 | 1497211 | 823 |
| 19 | PE | 542074 | 1485972 | 720 |
| 43 | PP | 543166 | 1485749 | 767 |
| 163 | PP | 543166 | 1485749 | 767 |
| 311 | PE | 551779 | 1500192 | 618 |
| 310 | PE | 551799 | 1500864 | 610 |
| 326 | PE | 544031 | 1508218 | 643 |
| 230 | PE | 537554 | 1478544 | 1220 |
| 221 | PE | 538580 | 1483013 | 730 |
| 231 | PE | 543746 | 1481431 | 1095 |
| 358 | MN | 542094 | 1506224 | 983 |
| 320 | PE | 557502 | 1498656 | 822 |
| 41 | PP | 543941 | 1487035 | 756 |
| 161 | PP | 543941 | 1487035 | 756 |
| 365 | PE | 538169 | 1522054 | 1083 |
| 316 | PE | 556510 | 1499037 | 732 |
| 342 | PE | 540920 | 1512410 | 843 |
| 11 | PE | 545196 | 1486423 | 842 |
| 348 | PE | 540087 | 1507873 | 1103 |
| 309 | PE | 551670 | 1500629 | 616 |
| 386 | PE | 555845 | 1506698 | 597 |
| 263 | PE | 551276 | 1499741 | 632 |
| 273 | PE | 552481 | 1497572 | 693 |
| 197 | PE | 541559 | 1479257 | 957 |
| 6 | PE | 546390 | 1486332 | 916 |
| 373 | PE | 538691 | 1469560 | 1252 |
| 72 | PE | 539597 | 1492715 | 660 |
| 349 | PE | 540347 | 1507564 | 1036 |
| 70 | PE | 548500 | 1492529 | 752 |
| 262 | PE | 551317 | 1499815 | 628 |
| 261 | PE | 551224 | 1499800 | 628 |
| 14 | PE | 543237 | 1485130 | 783 |
| 182 | PE | 543617 | 1494075 | 641 |
| 257 | PE | 552618 | 1501965 | 607 |
| 55 | PP | 530990 | 1485509 | 858 |
| 272 | PP | 552708 | 1497253 | 702 |
| 173 | PE | 536889 | 1494313 | 656 |
| 178 | PE | 534825 | 1496730 | 678 |
| 222 | PE | 539299 | 1483780 | 727 |
| 239 | PP | 532507 | 1485505 | 719 |
| 190 | PE | 539146 | 1495649 | 629 |
| 15 | PE | 543241 | 1485094 | 788 |
| 172 | PE | 536749 | 1493914 | 662 |
| 389 | PP | 550551 | 1508795 | 729 |
| 166 | PE | 540366 | 1495875 | 623 |

| PROFUNDIDAD | DUEÑO | NEA_m | ND_m |
|-------------|------------------------------|-------|-------|
| N/D | Comunal | 4.17 | 0 |
| N/D | Comunal | 4.29 | 0 |
| N/D | Adrián López | 4.4 | 0 |
| 6.05 | Comunal | 4.44 | 0 |
| N/D | Comunal | 4.47 | 0 |
| N/D | Comunal | 4.47 | 0 |
| 6.33 | Juan Alvarado | 4.52 | 0 |
| 6.63 | Marcelo José molina | 4.57 | 0 |
| N/D | Juan Carlos Ponce | 4.65 | 0 |
| 5.7 | Comunal/CAPS Ramón Montalván | 4.69 | 0 |
| 9.27 | Comunal | 4.7 | 0 |
| 6.17 | Comunal | 4.76 | 0 |
| 4.9 | Comunal | 4.8 | 0 |
| 10.6 | Ramón Moncada | 4.82 | 0 |
| 54.82 | José Vásquez | 4.82 | 0 |
| 54.82 | José Vásquez | 4.82 | 0 |
| 4.9 | Comunal | 4.83 | 0 |
| 10.02 | Ramón Dávila | 4.85 | 0 |
| 5.03 | Juana Méndez | 5.03 | 0 |
| 5.62 | Comunal | 5.09 | 0 |
| 9.37 | Comunal | 5.15 | 0 |
| 9.77 | Marcel Molina | 5.16 | 0 |
| 16.13 | Comunal | 5.21 | 0 |
| N/D | Comunal | 5.3 | 0 |
| N/D | Comunal | 5.3 | 0 |
| 6.78 | Carlos Espinoza | 5.33 | 0 |
| 6.95 | Santos Sánchez | 5.38 | 0 |
| 8.2 | Comunal/CAPS Daniel Gonzales | 5.46 | 0 |
| N/D | Comunal | 5.48 | 0 |
| 6.88 | Ricardo Lago | 5.52 | 0 |
| N/D | Comunal | 5.52 | 0 |
| N/D | Comunal | 5.57 | 0 |
| N/D | Juan Mendoza | 5.68 | 0 |
| 7 | Comunal | 5.73 | 0 |
| N/D | Comunal | 5.78 | 0 |
| N/D | Saúl García | 5.9 | 0 |
| 30 | Jose Olivares | 5.9 | 0 |
| N/D | Comunal | 5.95 | 0 |
| N/D | Ebert Estrada | 6 | 0 |
| N/D | Rómulo Gradis | 6 | 0 |
| 7.3 | Francisco Reyes | 6.09 | 0 |
| 76.2 | Mario Monjarres | 6.096 | 12.73 |
| 6.1 | Privada | 6.1 | 0 |
| 7.9 | Comunal | 6.15 | 0 |
| 10.08 | Santo Aguilera | 6.19 | 0 |
| N/D | Privado | 6.2 | 0 |
| N/D | Wilfredo Miranda | 6.42 | 0 |

Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco

| CODIGO | TIPO | X | Y | Z_msnm |
|--------|------|--------|---------|--------|
| 367 | PE | 539462 | 1521761 | 1061 |
| 308 | PE | 551923 | 1501286 | 606 |
| 168 | PE | 540445 | 1496356 | 628 |
| 265 | PE | 551172 | 1499697 | 638 |
| 345 | PE | 541937 | 1511277 | 808 |
| 205 | PE | 540557 | 1484891 | 728 |
| 97 | PE | 551383 | 1495135 | 808 |
| 271 | PP | 552975 | 1497150 | 700 |
| 296 | PE | 556134 | 1497177 | 836 |
| 100 | PE | 550348 | 1495084 | 756 |
| 382 | PE | 556355 | 1507514 | 625 |
| 88 | PE | 532783 | 1496427 | 715 |
| 364 | PP | 538201 | 1522196 | 1081 |
| 198 | PE | 541524 | 1480004 | 914 |
| 289 | PP | 554334 | 1497447 | 716 |
| 229 | PE | 542525 | 1482558 | 828 |
| 334 | PE | 543706 | 1515101 | 965 |
| 200 | PE | 541577 | 1481072 | 970 |
| 304 | PE | 555046 | 1500799 | 656 |
| 279 | PP | 550870 | 1496682 | 702 |
| 286 | PE | 554067 | 1496697 | 723 |
| 76 | PP | 539191 | 1495224 | 628 |
| 25 | PE | 542767 | 1487135 | 723 |
| 344 | PE | 541049 | 1512039 | 836 |
| 305 | PE | 553839 | 1501254 | 638 |
| 66 | PP | 547961 | 1492821 | 719 |
| 256 | PE | 552833 | 1501620 | 623 |
| 69 | PE | 548724 | 1493308 | 762 |
| 425 | PP | 540328 | 1476228 | 1156 |
| 338 | PP | 535378 | 1513914 | 1070 |
| 280 | PE | 553472 | 1496757 | 727 |
| 226 | PE | 537600 | 1481848 | 771 |
| 59 | PP | 543899 | 1489575 | 724 |
| 281 | PP | 553362 | 1496639 | 736 |
| 8 | PE | 545683 | 1486228 | 874 |
| 244 | PP | 534875 | 1484071 | 752 |
| 26 | PE | 543705 | 1486896 | 741 |
| 45 | PE | 539699 | 1488910 | 660 |
| 165 | PE | 539904 | 1494809 | 620 |
| 339 | PE | 540315 | 1513377 | 841 |
| 270 | PE | 553325 | 1496785 | 715 |
| 80 | PE | 530955 | 1495356 | 752 |
| 370 | PP | 540810 | 1518143 | 910 |
| 377 | PP | 538629 | 1469838 | 1244 |
| 243 | PP | 537211 | 1486065 | 684 |
| 130 | PP | 544371 | 1495291 | 641 |
| 179 | PE | 544141 | 1493325 | 650 |
| 259 | PE | 551255 | 1500025 | 636 |

| PROFUNDIDAD | DUEÑO | NEA_m | ND_m |
|-------------|---------------------------|-------|-------|
| N/D | Escuela Zurzular | 6.48 | 0 |
| 6.58 | Privado | 6.49 | 0 |
| N/D | Luis Felipe romero | 6.5 | 0 |
| N/D | Marlon González | 6.5 | 0 |
| 6.57 | Ramón Cáceres | 6.57 | 0 |
| 9.19 | Comunal | 6.59 | 0 |
| N/D | Comunal | 6.75 | 0 |
| N/D | Comunal | 6.8 | 0 |
| N/D | Melecio Gómez | 6.85 | 0 |
| N/D | Auxiliadora Gaitán | 7 | 0 |
| 15.2 | María Ramírez | 7 | 0 |
| N/D | Tarino Izaguirre | 7 | 0 |
| N/D | Comunal | 7 | 0 |
| 7.45 | Comunal | 7.05 | 0 |
| N/D | Victorino Pérez | 7.24 | 0 |
| 10.67 | Comunal | 7.37 | 0 |
| 7.45 | Comunal | 7.37 | 0 |
| 13.67 | Gregorio Reyes | 7.53 | 0 |
| 9.7 | Luis Emilio Valladares | 7.6 | 0 |
| N/D | Comunal | 7.65 | 0 |
| N/D | Comunal | 7.7 | 0 |
| N/D | Comunal | 7.7 | 0 |
| 8.3 | Comunal | 7.81 | 0 |
| 7.85 | Javier Aguilera | 7.85 | 0 |
| 9.59 | Oscar Alvarado | 7.87 | 0 |
| N/D | Comunal | 7.89 | 0 |
| N/D | Privado | 7.9 | 0 |
| N/D | Comunal | 7.98 | 0 |
| 60 | Comunal | 8.09 | 0 |
| N/D | Comunal | 8.1 | 0 |
| N/D | Comunal | 8.18 | 0 |
| 9.37 | Noel Obando | 8.38 | 0 |
| 91.44 | Alcaldía de Somoto | 8.4 | 36.09 |
| N/D | Comunal | 8.45 | 0 |
| 9.18 | María Bertilia Muñoz | 8.47 | 0 |
| N/D | Comunal | 8.59 | 0 |
| 9 | Comunal | 8.65 | 0 |
| 10.84 | Melvin Ponce morales | 8.7 | 0 |
| N/D | Comunal | 8.7 | 0 |
| 9.2 | Jelvin Rodríguez | 9 | 0 |
| N/D | Narciso Pérez | 9 | 0 |
| N/D | Comunal | 9.09 | 0 |
| N/D | Comunal | 9.1 | 0 |
| 76 | Comunal/CAPS Miguel Lopez | 9.13 | 0 |
| 60 | Comunal | 9.19 | 0 |
| N/D | Carlos Marín | 9.29 | 0 |
| N/D | Rosario Silva Sánchez | 9.33 | 0 |
| N/D | Filemón López | 9.35 | 0 |

Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco

| CODIGO | TIPO | X | Y | Z_msnm |
|--------|------|--------|---------|--------|
| 376 | PP | 535180 | 1471396 | 1132 |
| 181 | PE | 543845 | 1494019 | 646 |
| 241 | PP | 540895 | 1484478 | 764 |
| 228 | PE | 536232 | 1484690 | 718 |
| 129 | PE | 544188 | 1496406 | 620 |
| 169 | PE | 540175 | 1493625 | 636 |
| 260 | PP | 551212 | 1499906 | 636 |
| 135 | PE | 542797 | 1497778 | 608 |
| 233 | PP | 539135 | 1480936 | 783 |
| 18 | PE | 542328 | 1486017 | 743 |
| 74 | PE | 539005 | 1493152 | 626 |
| 285 | PP | 554212 | 1496481 | 729 |
| 138 | PE | 544819 | 1496263 | 637 |
| 21 | PE | 541056 | 1487660 | 691 |
| 288 | PP | 554278 | 1497401 | 712 |
| 24 | PE | 542611 | 1486851 | 736 |
| 20 | PE | 541009 | 1487025 | 706 |
| 175 | PE | 536514 | 1494510 | 656 |
| 242 | PP | 538256 | 1483026 | 735 |
| 140 | PE | 544962 | 1495531 | 652 |
| 390 | PE | 549564 | 1509713 | 763 |
| 249 | PP | 538518 | 1485728 | 700 |
| 237 | PP | 538585 | 1484756 | 698 |
| 75 | PE | 538659 | 1493032 | 628 |
| 287 | PE | 554610 | 1497261 | 720 |
| 183 | PE | 544119 | 1494427 | 645 |
| 223 | PE | 540021 | 1484034 | 747 |
| 136 | PE | 543042 | 1497418 | 614 |
| 137 | PP | 543855 | 1497305 | 614 |
| 381 | PE | 556252 | 1507337 | 617 |
| 171 | PE | 536504 | 1493712 | 673 |
| 180 | PE | 543971 | 1493459 | 659 |
| 146 | PE | 545622 | 1494075 | 670 |
| 96 | PP | 536966 | 1495029 | 655 |
| 224 | PE | 541391 | 1483995 | 757 |
| 234 | PP | 537818 | 1484198 | 732 |
| 238 | PP | 532934 | 1484205 | 730 |
| 290 | PP | 555105 | 1496748 | 749 |
| 87 | PE | 532124 | 1496335 | 748 |
| 245 | PP | 537228 | 1485618 | 700 |
| 48 | PP | 544928 | 1490330 | 733 |
| 380 | PE | 556496 | 1506821 | 622 |
| 340 | PP | 540308 | 1513629 | 868 |
| 282 | PP | 553976 | 1496190 | 753 |
| 89 | PP | 533866 | 1496772 | 701 |
| 188 | PE | 538608 | 1493917 | 635 |
| 225 | PE | 541764 | 1483441 | 770 |
| 17 | PE | 542842 | 1485662 | 767 |

| PROFUNDIDAD | DUEÑO | NEA_m | ND_m |
|-------------|-------------------------------|-------|------|
| N/D | Comunal | 9.38 | 0 |
| 11.76 | Comunal | 9.4 | 0 |
| N/D | Comunal | 9.41 | 0 |
| 11.45 | Comunal/Mario Vallecillo | 9.44 | 0 |
| N/D | Basilio Marín | 9.57 | 0 |
| N/D | Gerardo Arias | 9.77 | 0 |
| N/d | Comunal | 9.8 | 0 |
| N/D | José Centeno | 9.89 | 0 |
| 36 | Ustaquio Perez | 9.92 | 0 |
| 11.26 | Comunal | 9.95 | 0 |
| N/D | Comunal | 10.05 | 0 |
| N/D | Comunal | 10.2 | 0 |
| 17.64 | Francisco Alfaro | 10.24 | 0 |
| 12 | Comunal/Johanna Gonzales | 10.25 | 0 |
| N/D | Comunal | 10.43 | 0 |
| 15.26 | Comunal | 10.6 | 0 |
| 14.64 | Comunal (Caps)/José Rodríguez | 10.6 | 0 |
| N/D | Comunal | 10.72 | 0 |
| 80 | Santos Gutiérrez | 10.88 | 0 |
| 11.29 | Lenín Alfaro | 10.95 | 0 |
| N/D | Leana Lobo Moncada | 11 | 0 |
| N/D | Juan Nolasco | 11.14 | 0 |
| 76.2 | Comunal | 11.17 | 0 |
| N/D | Comunal | 11.18 | 0 |
| N/D | Comunal | 11.44 | 0 |
| N/D | Oscar Moncada | 11.52 | 0 |
| 14.12 | Francisco Hernández | 11.53 | 0 |
| 13.92 | Elvin Ponce | 11.63 | 0 |
| N/D | Comunal | 11.82 | 0 |
| 13.33 | Gloria Ramírez | 11.88 | 0 |
| N/D | Carlos Agurcia | 11.9 | 0 |
| 14.28 | Comunal | 11.9 | 0 |
| N/D | Comunal | 12.14 | 0 |
| N/D | Comunal | 12.15 | 0 |
| 13.8 | Comunal | 12.3 | 0 |
| 76.2 | Comunal | 12.56 | 0 |
| 30 | Comunal | 12.6 | 0 |
| N/D | Comunal | 12.75 | 0 |
| N/D | Comunal | 12.9 | 0 |
| N/D | Comunal | 13.16 | 0 |
| 59.44 | Alcaldía De Somoto | 13.17 | 0 |
| 24.8 | Estado | 13.5 | 0 |
| 72 | Comunal | 13.5 | 0 |
| N/D | Comunal | 13.6 | 0 |
| N/D | Comunal | 14 | 0 |
| 14.1 | Felipe Mejía | 14.1 | 0 |
| 14.62 | Estalinnao López | 14.14 | 0 |
| 15.8 | Comunal | 14.45 | 0 |

Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco

| CODIGO | TIPO | X | Y | Z_msnm |
|--------|------|--------|---------|--------|
| 125 | PP | 553772 | 1495683 | 775 |
| 33 | PP | 544890 | 1485769 | 880 |
| 153 | PP | 544890 | 1485769 | 880 |
| 293 | PP | 556537 | 1497422 | 788 |
| 67 | PP | 547729 | 1492877 | 723 |
| 44 | PE | 531835 | 1484982 | 724 |
| 83 | PP | 538386 | 1493985 | 637 |
| 16 | PE | 543021 | 1485448 | 772 |
| 191 | PP | 538967 | 1496047 | 652 |
| 94 | PP | 536395 | 1494606 | 664 |
| 99 | PP | 550891 | 1494937 | 796 |
| 91 | PP | 536193 | 1494615 | 672 |
| 78 | PE | 536733 | 1500725 | 754 |
| 50 | PP | 535385 | 1488964 | 644 |
| 124 | PE | 554140 | 1496068 | 751 |
| 58 | PP | 545132 | 1490685 | 704 |
| 95 | PE | 536966 | 1495045 | 661 |
| 121 | PE | 541987 | 1497888 | 622 |
| 375 | PE | 536462 | 1469447 | 1292 |
| 176 | PP | 536560 | 1495167 | 666 |
| 71 | PE | 539286 | 1493064 | 634 |
| 184 | PE | 542263 | 1498522 | 633 |
| 189 | PE | 539278 | 1494451 | 624 |
| 90 | PP | 535383 | 1496836 | 676 |
| 248 | PP | 539625 | 1483648 | 736 |
| 133 | PP | 543406 | 1498571 | 618 |
| 63 | PP | 547074 | 1493613 | 702 |
| 93 | PE | 536866 | 1495167 | 661 |
| 13 | PE | 544471 | 1485268 | 846 |
| 246 | PP | 538281 | 1486135 | 696 |
| 232 | PP | 538921 | 1481893 | 772 |
| 187 | PE | 538381 | 1493757 | 643 |
| 101 | PP | 537209 | 1500428 | 744 |
| 297 | PP | 557332 | 1501363 | 795 |
| 303 | PP | 554822 | 1499107 | 693 |
| 210 | PP | 542143 | 1481872 | 879 |
| 192 | PP | 538428 | 1498761 | 686 |
| 361 | PP | 546690 | 1507047 | 634 |
| 283 | PP | 553835 | 1495816 | 775 |
| 118 | PP | 541843 | 1498122 | 630 |
| 104 | PP | 547190 | 1493565 | 697 |
| 92 | PP | 536478 | 1494701 | 674 |
| 49 | PP | 536383 | 1489187 | 640 |
| 199 | PE | 542151 | 1481871 | 883 |
| 98 | PP | 541922 | 1492174 | 704 |
| 131 | PE | 543789 | 1498004 | 611 |

| PROFUNDIDAD | DUEÑO | NEA_m | ND_m |
|-------------|--------------------------------------|-------|------|
| N/D | Comunal | 14.45 | 0 |
| 63 | Comunal | 14.47 | 0 |
| 63 | Comunal | 14.47 | 0 |
| N/D | Comunal | 14.6 | 0 |
| N/D | Comunal | 14.62 | 0 |
| 15.17 | Comunal | 14.71 | 0 |
| N/D | Comunal | 14.75 | 0 |
| 25.2 | Comunal (Caps)/Pedro E Ivan Gómez | 14.76 | 0 |
| N/D | Julio Raúl Lobo Díaz | 14.8 | 0 |
| N/D | Comunal | 14.8 | 0 |
| N/D | Comunal | 14.8 | 0 |
| N/D | Comunal | 14.83 | 0 |
| N/D | Danelia Gradys Muñoz | 14.97 | 0 |
| 91.44 | ENACAL | 15 | 30 |
| N/D | Martha Bautista López | 15.05 | 0 |
| 57 | Alcaldia De Somoto | 15.15 | 0 |
| N/D | Héctor Vásquez | 15.2 | 0 |
| N/D | Comunal | 15.2 | 0 |
| 15.72 | Ermogenes Alvarado | 15.23 | 0 |
| N/D | Comunal | 15.33 | 0 |
| N/D | Comunal | 15.37 | 0 |
| N/D | Comunal | 15.4 | 0 |
| 21.45 | Edgar Chavarría | 15.42 | 0 |
| N/D | Comunal | 15.6 | 0 |
| 60.96 | Comunal | 15.75 | 0 |
| N/D | Comunal | 15.8 | 0 |
| N/D | Comunal | 16.05 | 0 |
| N/D | Comunal | 16.4 | 0 |
| 17.48 | Julio Gutiérrez | 16.58 | 0 |
| 48 | Comunal/Caps Cristino Días | 16.91 | 0 |
| 36 | Noel Hernández | 17.02 | 0 |
| 17.77 | Ramón Ernesto | 17.23 | 0 |
| N/D | Comunal | 17.24 | 0 |
| N/D | Comunal | 17.4 | 0 |
| N/D | ENACAL | 17.58 | 0 |
| 45.72 | Jose Rodríguez | 17.6 | 0 |
| 20 | Sebastián Estrada | 17.93 | 0 |
| 62 | Comunal | 17.93 | 0 |
| N/D | Comunal | 18.1 | 0 |
| N/D | Enma Hernández | 18.61 | 0 |
| N/D | Comunal | 19 | 0 |
| N/D | Escuela Miguel de Cervantes | 19 | 0 |
| 91.44 | ENACAL | 20 | 35 |
| 21 | Jose Tomas Rodriguez | 20.3 | 0 |
| N/D | Comunal | 20.66 | 0 |
| 23.52 | Luis Padilla | 20.71 | 0 |

Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Alta del Río Coco

| CODIGO | TIPO | X | Y | Z_msnm |
|--------|------|--------|---------|--------|
| 275 | PP | 548322 | 1498360 | 654 |
| 119 | PP | 541630 | 1498524 | 638 |
| 217 | PP | 542810 | 1482941 | 834 |
| 122 | PP | 541180 | 1499432 | 654 |
| 134 | PE | 542536 | 1493038 | 624 |
| 132 | PE | 543394 | 1498637 | 622 |
| 77 | PE | 537854 | 1499895 | 707 |
| 170 | PP | 540184 | 1493679 | 639 |
| 123 | PP | 554267 | 1496021 | 751 |
| 194 | PP | 537208 | 1499479 | 701 |
| 321 | PP | 538223 | 1521649 | 1139 |
| 362 | PP | 538223 | 1521649 | 1139 |
| 185 | PP | 542249 | 1498350 | 639 |
| 424 | PP | 540004 | 1477077 | 1118 |
| 215 | PP | 543516 | 1483872 | 854 |
| 127 | PP | 553335 | 1495778 | 798 |
| 85 | PP | 538442 | 1493526 | 646 |
| 81 | PP | 540039 | 1493656 | 639 |
| 103 | PP | 538701 | 1499473 | 695 |
| 379 | PE | 552483 | 1507117 | 635 |
| 315 | PP | 557283 | 1500067 | 763 |
| 54 | PP | 530708 | 1484382 | 845 |
| 388 | PP | 552347 | 1507491 | 661 |
| 366 | PP | 539299 | 1521713 | 1075 |
| 235 | PP | 538716 | 1483276 | 760 |
| 236 | PP | 538622 | 1483840 | 733 |
| 378 | PP | 538646 | 1470957 | 1099 |
| 426 | PP | 544661 | 1474312 | 1336 |
| 368 | PP | 540628 | 1523285 | 1241 |
| 84 | PP | 538164 | 1498388 | 675 |
| 250 | PP | 544082 | 1481466 | 1123 |
| 240 | PP | 532688 | 1486487 | 754 |
| 102 | PP | 538986 | 1499553 | 695 |
| 347 | PP | 540790 | 1507565 | 999 |
| 247 | PP | 541419 | 1484845 | 750 |
| 363 | PP | 538308 | 1521922 | 1137 |
| 82 | PP | 541868 | 1494435 | 656 |
| 51 | PP | 539950 | 1488751 | 671 |
| 31 | PP | 545485 | 1486153 | 878 |
| 151 | PP | 545485 | 1486153 | 878 |
| 52 | PP | 545631 | 1490871 | 692 |
| 251 | PP | 528576 | 1480723 | 1147 |
| 60 | PP | 540973 | 1488569 | 688 |
| 47 | PP | 545756 | 1490882 | 708 |
| 423 | PP | 541016 | 1473108 | 1389 |
| 61 | PP | 541569 | 1488617 | 697 |
| 350 | PP | 540475 | 1507718 | 1095 |

| PROFUNDIDAD | DUEÑO | NEA_m | ND_m |
|-------------|-------------------------|-------|-------|
| N/D | Comunal | 20.8 | 0 |
| N/D | Comunal | 20.9 | 0 |
| 66 | Miguel Rivera | 20.98 | 0 |
| N/D | Comunal | 21.18 | 0 |
| 27.25 | Prospero Jiménez | 21.22 | 0 |
| 40.32 | Basilio Espinoza | 21.42 | 0 |
| N/D | Comunal | 21.46 | 0 |
| N/D | Gerardo Arias | 21.67 | 0 |
| N/D | Comunal | 22.1 | 0 |
| N/D | Comunal | 22.1 | 0 |
| N/D | Comunal | 22.4 | 0 |
| N/D | Comunal | 22.4 | 0 |
| 90 | Carlos García | 22.77 | 0 |
| N/D | Comunal | 23.25 | 0 |
| 80 | Miguel Rivera | 23.59 | 0 |
| N/D | Comunal | 23.8 | 0 |
| N/D | Comunal | 25.08 | 0 |
| N/D | Comunal | 25.39 | 0 |
| N/D | Comunal | 25.55 | 0 |
| N/D | Jaime Lobo Moncada | 26.17 | 0 |
| N/D | Comunal | 26.35 | 0 |
| 129 | Rosalio Lopez | 27 | 0 |
| N/D | Leana Lobo Moncada | 27.13 | 0 |
| N/D | Comunal | 27.21 | 0 |
| 42 | Rene Hernandez | 27.22 | 0 |
| 48 | Comunal | 27.4 | 0 |
| 85.344 | Enacal | 27.4 | 36.6 |
| N/D | Comunal | 27.44 | 0 |
| N/D | Comunal | 28.11 | 0 |
| N/D | Comunal | 28.24 | 0 |
| 57.912 | Comunal | 28.81 | 0 |
| 79.248 | Carlos Hernandez | 29.4 | 0 |
| N/D | Comunal | 29.41 | 0 |
| N/D | Comunal | 30.37 | 0 |
| 65 | Comunal/Caps Cruz Caliz | 30.6 | 0 |
| N/D | Comunal | 30.8 | 0 |
| N/D | Comunal | 33.16 | 0 |
| 91.44 | Enacal | 33.18 | 65 |
| N/D | Comunal | 33.88 | 0 |
| N/D | Comunal | 33.88 | 0 |
| 97.54 | Enacal | 38.2 | 49.47 |
| 106.68 | Comunal | 40.73 | 0 |
| 91.44 | Enacal | 41 | 46 |
| 91.44 | Enacal | 45 | 48.03 |
| N/D | | 54.02 | 0 |
| 91.44 | Enacal | 55.61 | 0 |
| 66 | Comunal | 57.27 | 0 |

Anexo 7. Detalle de la extracción por sistema de agua de pozos

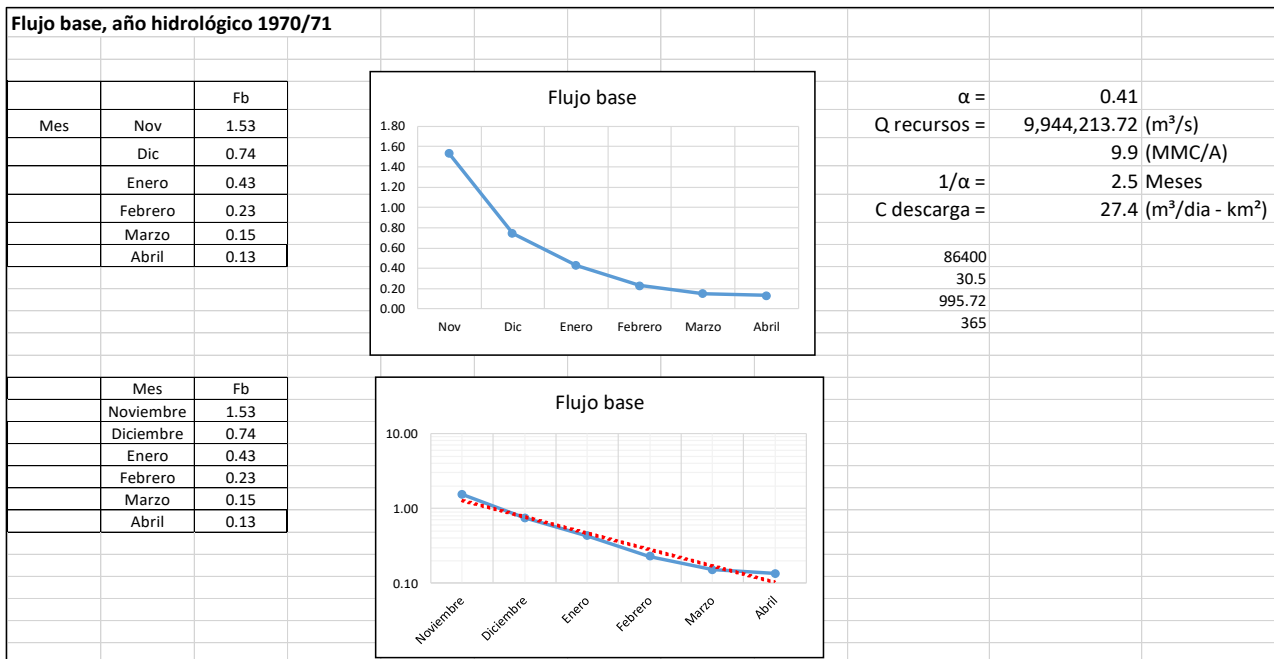
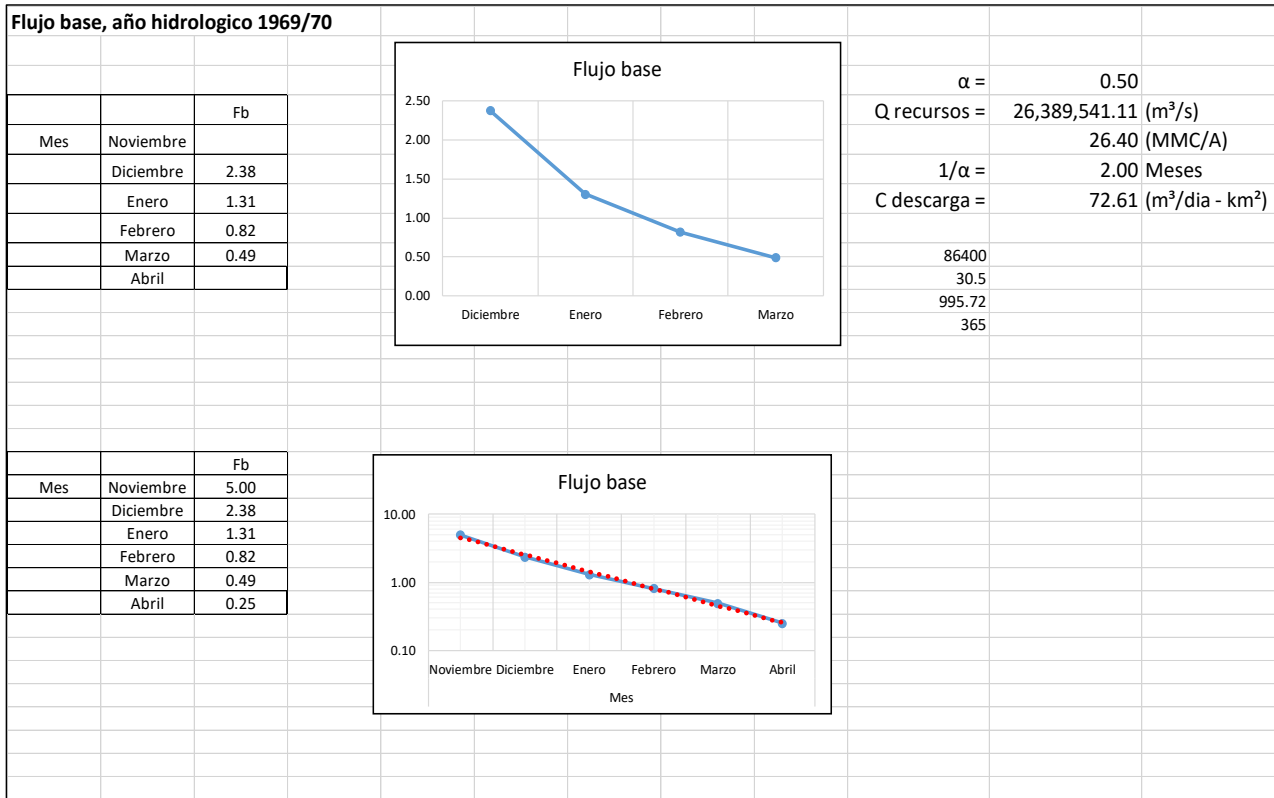
| Nombre del CAPS | Oferta anual MMC/A | Tipo de Sistemas |
|------------------------|--------------------|------------------|
| San José de Cusmapa | 0.14 | MABE |
| San Lucas Casco Urbano | 0.09 | MABE |
| Asentamiento El Tablón | 0.01 | MABE |
| El Espino | 0.00 | MABE |
| Moropoto | 0.03 | MABE |
| Somoto Casco Urbano | 1.70 | MABE |
| Aguas Calientes | 0.01 | MABE |
| Cacaulí | 0.01 | MABE |
| El Guayabo | 0.02 | MABE |
| El Tamarindo | 0.00 | MABE |
| Hermanos Martínez | 0.02 | MABE |
| Santa Isabel | 0.03 | MABE |
| Santa Teresa | 0.03 | MABE |
| Sonís | 0.03 | MABE |
| Uniles | 0.01 | MABE |
| Totogalpa Casco Urbano | 0.15 | MABE |
| Amatillo | 0.00 | MABE |
| Macuelizo Urbano | 0.02 | MABE |
| Macuelizo Urbano | 2.30 | MABE |
| | 2.30 | |

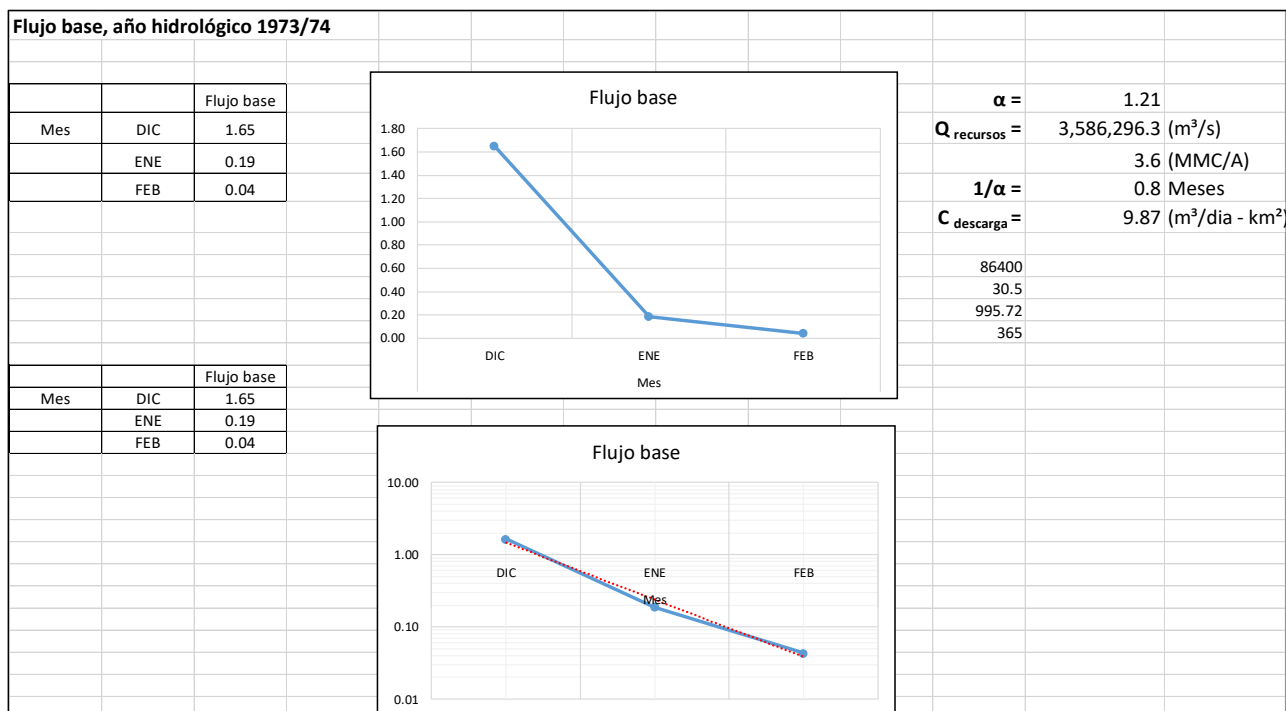
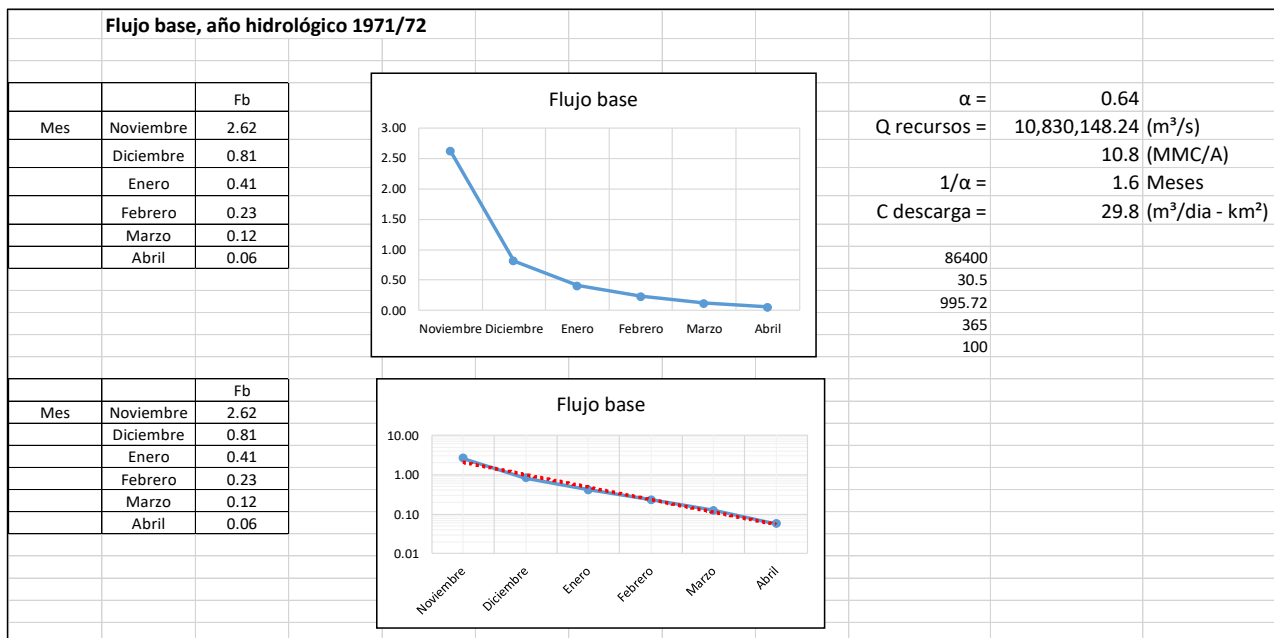
MMC/A: Millones de metros cúbicos por año.
No se incluye Ocotal

| Municipios | Oferta anual MMC/A |
|---------------------|--------------------|
| Las Sabanas | 0.00 |
| Urbano | 0.00 |
| Rural | 0.00 |
| Macuelizo | 0.03 |
| Urbano | 0.02 |
| Rural | 0.00 |
| San José de Cusmapa | 0.14 |
| Urbano | 0.14 |
| Rural | 0.00 |
| San Lucas | 0.13 |
| Urbano | 0.09 |
| Rural | 0.04 |
| Somoto | 1.85 |
| Urbano | 1.70 |
| Rural | 0.16 |
| Totogalpa | 0.15 |
| Urbano | 0.15 |
| Rural | 0.00 |
| Ocotal | 2.39 |
| Urbano | 2.39 |
| Rural | 0.00 |
| Total general | 4.68 |

MMC/A: Millones de metros cúbicos por año.

Anexo 8. Análisis de flujo base: ejemplos para los años 1969/1970, 1970/1971, 1971/1972, 1972/1973





Anexo 9. Comunidades de la cuenca alta del Río Coco sin sistemas de agua de mayor complejidad.

Base SIASAR 2020

| Las Sabanas+A3:B71 | La Palma |
|---------------------|----------------------------|
| Macuelizo | Las Victorias |
| | Cañas 2, Siquia, Paraisito |
| | Cañas No. 1 |
| | El Batidero-Poza Galana |
| | Las Pilas |
| San José de Cusmapa | El Rodeo |
| | La Fuente |
| San Lucas | Aguas Calientes |
| | Cuyás |
| | El Chagüite |
| | El Gualiqueme |
| | El Guaylo |
| | El Porcal |
| | El Zapotillo |
| | La Manzana |
| | La Playa |
| | Las Culebras |
| | Los Canales |
| | Los Mangos |
| | Río Arriba |
| | San Francisco |
| | San Pedro |

| | |
|---------|---------------------|
| Somoto | El Cairo |
| | El Cascabel |
| | El Chinchal |
| | El Chiquirín |
| | El Higo |
| | El Iguaje |
| | El Naranjo |
| | El Rodeo 2 |
| | El Zapote 1 |
| | La Carbonera |
| | La Cruz |
| | La Unión |
| | Las Papayas |
| | Las Ventanas |
| | Los Cedros |
| | Mancico |
| | Motuce |
| | Oyoto |
| | Quebrada de Agua |
| | Rodeo 1 |
| | San José de Icalupe |
| | San Luis |
| | Santa Rosa |
| | Tierras Coloradas |
| Trápaga | |

Anexo 9. Comunidades de la cuenca alta del Río Coco sin sistemas de agua de mayor complejidad. (Continuación)

Base SIASAR 2020

| | |
|-----------|----------------------------------|
| Totogalpa | Agua Dulce |
| | Buena Vista de Santo Domingo |
| | Buena Vista de Cuje |
| | Caldera |
| | Capulín |
| | Chilca 2 |
| | Cujilica |
| | El Cacao |
| | El Chagüite |
| | El Jobo |
| | El Matazano |
| | Hornito |
| | La Ceiba de Santo Domingo |
| | La Maysuta |
| | Las Minas |
| | Mango Sólo |
| | Mojón 1 |
| | Mojón 2 |
| | Quebrada Grande de Cuje |
| | Quebrada Grande de Santo Domingo |
| Tinajilla | |

E. Bibliografía:

1. Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2007). Ley General de Aguas Nacionales, Ley No. 620.
2. Autoridad Nacional del Agua, ANA y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2014). Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la subcuenca Mayales.
3. Autoridad Nacional del Agua, ANA, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2014). Cuencas Hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Pfafstetter. Managua.
4. Autoridad Nacional del Agua, ANA, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER, Empresa nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2018). Guía para la Elaboración de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de las Cuencas Hidrográficas en Nicaragua.
5. Autoridad Nacional del Agua, ANA, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER, Empresa nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE) y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2018). Diagnóstico de los recursos hídricos de la Cuenca 64.
6. Autoridad Nacional del Agua, ANA. (2021). Plan de acción para la GIRH de Nicaragua (2022 - 2026).
7. Autoridad Nacional del Agua, ANA. (2021). Plan Estratégico Institucional de la ANA 2022-2026.
8. Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2022). Actualización Plan General de Manejo del Área Protegida Categoría Monumento Nacional Cañón de Somoto, Resolución Ministerial No. 251-2021.
9. Alcaldía de Ocotal. (2022). Plan municipal de respuesta con enfoque de multiamenaza Ocotal.
10. Alcaldía de Ocotal (2020). Plan Municipal de Protección Ambiental de las familias ante el cambio climático en el municipio de Ocotal 2020-2024.

11. Alcaldía de Somoto. (2023). Plan de Desarrollo Municipal Somoto 2023-2027.
12. Alcaldía de Somoto. (2020). Plan de ordenamiento forestal Somoto 2020-2024.
13. Alcaldía de Somoto. (2022). Plan municipal de respuesta con enfoque de multiamenaza Somoto.
14. Alcaldía de San Lucas. (2020). Plan de ordenamiento forestal San Lucas 2020-2024.
15. Alcaldía de San Lucas. (2022). Plan municipal de respuesta con enfoque de multiamenaza San Lucas.
16. Alcaldía de Las Sabanas. (2020). Plan de ordenamiento forestal Las Sabanas 2020-2024.
17. Alcaldía de Las Sabanas. (2022). Plan municipal de respuesta con enfoque de multiamenaza Las Sabanas.
18. Alcaldía de Macuelizo. (2020). Plan de ordenamiento forestal Macuelizo 2020-2024.
19. Alcaldía de Macuelizo. (2022). Plan municipal de respuesta con enfoque de multiamenaza Macuelizo.
20. Alcaldía de Totogalpa. (2020). Plan de ordenamiento forestal Totogalpa 2020-2024.
21. Alcaldía de Totogalpa (2022). Plan municipal de respuesta con enfoque de multiamenaza Totogalpa.
22. Alcaldía de San Jose de Cusmapa (2020). Plan de ordenamiento forestal de Cusmapa 2020-2024.
23. Alcaldía de San Jose de Cusmapa (2022). Plan municipal de respuesta con enfoque de multiamenaza Cusmapa.
24. Fondo de Inversión Social de Emergencia, FISE, (2020). Estrategias de fortalecimiento municipal para el sector de agua y saneamiento rural 2020-2030.
25. Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional, GRUN. (2020). Ley N°1046 Reforma a la ley no. 620 Ley general de Aguas Nacionales.

26. Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional, GRUN. (2022). Política Nacional de Acción ante el Cambio Climático, Decreto número 35-22-02-22.
27. Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional, GRUN. (2021) Plan Nacional de Lucha Contra La Pobreza y para el Desarrollo Humano 2022-2026.
28. Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional, GRUN (2008). Política Nacional de Salud.
29. Global Water Partnership Technical Advisory Committee (TAC). 2000. TAC BACKGROUND PAPERS NO. 4 Integrated Water Resources Management. Stockholm
30. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER, (2021). Diagnóstico de los recursos hídricos en la parte alta del río Coco, proyecto ALLACC.
31. Instituto Nacional de Información de Desarrollo, INIDE. (2012). Informe Final, IV Censo Nacional Agropecuario.
32. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC. (2006). Cifras Oficiales, VIII Censo de Población y IV de Vivienda.
33. Madrid, M. <https://geoplaneta.net/ciclo-del-agua-importancia-procesos-y-conservacion>. 2023[agosto,2023]. Disponible en: geoplaneta.net
34. Mendoza Jara F. (2019). Informe Final, Análisis Multitemporal del Cambio de Uso del Suelo en la cuenca alta del río coco, períodos de tiempo 1985 -1990, 1990- 2000, 2000-2010, 2010-2019.
35. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, MARENA. (2008). Plan de Manejo Reserva Natural Serranías de Tepesomoto y Pataste.
36. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2021). Plan de Manejo Reserva Natural Serranías de Tepesomoto y Pataste.
37. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2006). Informe Nacional de Áreas Protegidas, Nicaragua.

38. International Resources Panel (IRP) (2019). Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want. Oberle, B. et al. A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.
39. V.Záček, Hradeky, P, Hroch, T, Czech Geological Service (CGS, por siglas en inglés) and Guarin, F. Pérez, E. Institute of Geology and Geophysics UNAN Managua. 2017. Geological map of the Coco river geopark area of Madriz, Nicaragua.

