



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

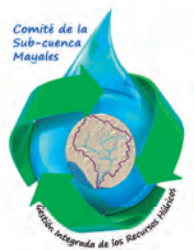
El Pueblo, Presidente!



Autoridad Nacional del Agua



Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la Subcuenca Mayales





Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

NICARAGUA
2014
HACIENDO
Patria!



PRESENTACIÓN

Con la entrada en vigencia de la Ley No. 620 "Ley General de Aguas Nacionales", promulgada por el Compañero Presidente de la República Comandante Daniel Ortega Saavedra en el año 2007 es creada la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para ejercer la gestión, manejo y administración de los recursos hídricos a nivel nacional.

La Ley No. 620 mandata al ANA a implementar la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) a nivel nacional y por cuenca, realizando entre otras actividades los planes GIRH en las cuencas hidrográficas. En este sentido se ha venido trabajando en dos cuencas pilotos (Subcuenca del Río Mayales y Cuenca 72) con asesoría de la Cooperación Técnica Alemana (PROATAS/GIZ).

Para el caso de la Subcuenca Mayales, se ha logrado finalizar con éxito el Plan GIRH de la Subcuenca, en donde primeramente se realizó un diagnóstico del estado actual de los recursos hídricos y de estos resultados se establecieron una serie de medidas que pretenden mejorar la calidad del agua y así poder abastecer a la población con este vital líquido.

El presente documento es el resultado de un gran esfuerzo conjunto entre ANA, Gobiernos Municipales y otras instituciones del Estado, bajo el esquema de "Alianzas para la Prosperidad". Esperamos que este primer Plan GIRH sirva de modelo a seguir para la elaboración de otros planes en el País y que además ayude a que hagamos conciencia del estado actual del agua para lograr el desarrollo sostenible tanto en lo económico como en lo social, cumpliendo así con lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo Humano promulgado por nuestro Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN).

Managua, veinticuatro de septiembre del año dos mil catorce.



Cro. Luis Ángel Montenegro Padilla, MSc
Ministro Director
Autoridad Nacional del Agua



CRÉDITOS

ANA

Dirección:

- Cro. Luis Ángel Montenegro
Ministro Director

Coordinación Técnica:

- Cro. Eddie Gallegos Gallegos
Director General de Cuencas
(Hasta Junio 2014)

Personal Técnico y Facilitador:

- Cra. Paola Castillo
Subdirectora de Cuencas
- Cro. Guillermo Guerrero
Delegado Territorial
Zona Central del País
- Cra. Gabriela Murillo Sirias
Asesora Hidrogeóloga
(Hasta Junio 2014)
- Cro. Jamil Robleto
Asesor Hidrólogo

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

Coordinación Técnica:

- Gereon Hunger
Asesor Principal Componente 2 PROATAS

Personal Técnico y Facilitador:

- Karen Baltodano
Consultora SIG
- Hans Jörg Kräuter
Asesor técnico Componente 2
Subcuenca Mayales
- Reinhart Koschel
Consultor Hidrogeólogo GIZ
- Fernando Mendoza
Consultor SIG
- Francis Rivera González
Asesora local Componente 2
- Dinorah Somarriba Padilla
Asesora local Componente 2

ALCALDÍA JUIGALPA

Personal Técnico y Facilitador:

- Ivania Matamoros
Responsable de Unidad de Medio Ambiente
- Evelio López
Responsable Unidad Municipal de Agua y Saneamiento

ALCALDÍA COMALAPA

Personal Técnico y Facilitador:

- María Raquel Jaime
Responsable de Unidad de Medio Ambiente
- César Enríquez
Responsable Unidad Municipal de Agua y Saneamiento

ALCALDÍA SAN FRANCISCO DE CUAPA

Personal Técnico y Facilitador:

- Luis Marín
Responsable Unidad de Medio Ambiente y Unidad Municipal de Agua y Saneamiento
- Yunion Suárez
Técnico Unidad de Medio Ambiente

Diagramación Julio 2014:

- Maribel Juárez

CONTENIDO

A. INTRODUCCIÓN	1
1. Contexto General	1
2. Objetivo	2
3. Visión	3
4. Marco Legal e Institucional	3
5. Concepto de la GIRH	4
5.1. Marco y elementos básicos de la GIRH.....	4
5.2. Componentes principales de la GIRH	5
5.3. Fundamentación y función del PGIRH	6
5.4. Metodología	8
5.5. Estructura Institucional.....	9
5.6. Procesos de la GIRH.....	10
5.7. Desarrollo de Capacidades.....	12
6. Vinculación con otros planes	13
6.1. Plan Nacional de Desarrollo Humano 2012-2016.....	14
6.2. Programa Sectorial de Desarrollo Rural Incluyente (PRORURAL Incluyente) 2010 - 2014	19
6.3. Política Nacional de Salud.....	19
6.4. Plan Estratégico Institucional (PEI) de la Autoridad Nacional del Agua 2013 - 2017	20
6.5. Plan de Ordenamiento Territorial.....	21
6.6. Plan Ambiental Municipal.....	21
6.7. Planes de Desarrollo Municipal	22

B. DIAGNÓSTICO	23
1. Descripción General de la Cuenca	23
1.1. Características físicas.....	23
1.2. Características administrativas y demográficas.....	46
2. Datos Meteorológicos	53
2.1. Precipitación.....	53
2.2. Temperatura.....	55
2.3. Evapotranspiración.....	55
3. Agua Superficial	57
3.1. Red hidrológica	57
3.2. Estado actual cuantitativo y cualitativo.....	59
3.3. Monitoreo de aguas superficiales	80
4. Agua Subterránea	81
4.1. Acuíferos y su potencial.....	81
4.2. Estado actual cuantitativo y cualitativo.....	86
4.3. Monitoreo de aguas subterráneas	103
5. Consumo y Demanda	103
5.1. Consumo y demanda de agua potable	103
5.2. Consumo del sector agrario e industrial.....	105
5.3. Pronóstico de la demanda	108
5.4. Gestión de la demanda	109
6. Balance hídrico	111
6.1. Cálculo de las variables del balance hídrico	111
6.2. Balance hídrico de oferta y demanda de aguas superficiales y subterráneas	117
6.3. Balance de Oferta y Demanda de las aguas subterráneas....	119

7. Situación del Suministro de Agua Potable y Saneamiento	121
7.1. Suministro Rural	121
7.2. Suministro Urbano	123
7.3. Situación de las aguas residuales.....	125
7.4. Situación de los desechos sólidos.....	126
8. Conservación y protección	129
9. Análisis y evaluación del estado de los recursos hídricos en la Subcuenca Mayales (Conclusiones)	133
9.1 Disponibilidad y reservas de agua	133
9.2. Calidad de agua	134
9.3. Impactos de cambio climático.....	135
C. PLAN DE MEDIDAS DE LA GIRH	137
1. Objetivos, características y funciones	137
2. El taller de participación	138
2.1. Participación	138
3. Agenda	138
3.1. Metodología	138
4. Problemas identificados y sus cadenas causales	141
4.1. Contaminación microbiológica de aguas superficiales y subterráneas.....	142
5. Matrices de Planificación	143
6. Financiamiento, Implementación y Monitoreo	154
6.1. Financiamiento.....	154
6.2. Implementación.....	156
6.3. Monitoreo	158
D. ANEXOS	159

A. INTRODUCCIÓN

1. Contexto General

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

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

En el caso de Nicaragua, la administración de los recursos hídricos no se ha realizado de manera integral y es un nuevo reto institucional para la Autoridad Nacional del Agua. También, exige una clara definición de funciones y responsabilidades entre diversos ministerios, instituciones estatales y universidades, los cuales han abordado el tema desde sus propias perspectivas. Además ha faltado un concepto concluyente de gestión de los recursos hídricos que integre todos sus componentes y elementos.

Desde 2010 existe la Autoridad Nacional de Agua (ANA) que fue fundada como requisito de la nueva Ley de Agua en Nicaragua. Mandato y tarea importante de la ANA es el desarrollo y la implementación de una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) de las cuencas hidrográficas, a través de los planes de GIRH. La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Agencia Alemana de Cooperación Internacional, encargado por el Ministerio Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) apoya en la implementación del concepto de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en cuencas con el Componente 2 de su Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento (PROATAS). En este contexto se pretende apoyar a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el cumplimiento de este mandato y en la elaboración del Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la subcuenca Mayales.

Para la GIRH, la cuenca hidrográfica es la unidad territorial referencial indispensable. La GIRH reúne como temas centrales la oferta, la demanda, el suministro de agua y la conservación y protección de los recursos hídricos. Su tarea es poner a disposición instrumentos prácticos de

gestión y garantizar su integración en planes municipales de desarrollo y ordenamiento territorial. El Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos es el instrumento de la GIRH y se basa en un diagnóstico enfocado en el estado hídrico de la cuenca. Este plan es principalmente un conjunto de medidas que contiene objetivos, indicadores, plazos y responsabilidades. Su objetivo principal es el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos y su uso sostenible.

El concepto de la GIRH adoptado por la ANA prevé que el Plan de GIRH considere y defina medidas que tengan una influencia directa en el estado de los recursos hídricos. En aras de la implementación de ese concepto, fue acordado por la ANA y GIZ, iniciar un pilotaje en cuencas seleccionadas, siendo uno de sus productos principales el Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Subcuenca Mayales, mismo que servirá a la ANA como un modelo para posteriores réplicas en otras cuencas.

2. Objetivo

En Nicaragua fueron delimitadas 21 cuencas y 218 Subcuencas hidrográficas. Cada una de ellas tiene condiciones individuales con respecto a la situación de las aguas superficiales y subterráneas, los balances hídricos son diferentes, como también la demanda y la calidad de los recursos hídricos. Así mismo, en muchas cuencas existe una demanda creciente, una competencia de uso y una degradación en aumento de la calidad de los recursos hídricos.

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

OBJETIVOS DEL PGIRH

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

El Plan de GIRH, tendrá un horizonte de tres años, 2014 al 2017.

3. Visión

Al año 2018 en la Subcuenca Mayales, se ha logrado satisfacer y regular la demanda de agua en cantidad y calidad para todos los usos de manera sostenible, a través de la gestión del Comité de Cuenca, instituciones sectoriales y la activa participación de su población.

4. Marco Legal e Institucional

El marco legal donde se sustenta la elaboración de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos está basado en la Ley General de Aguas Nacionales, promulgada en el año 2007 y complementada por el reglamento 44 - 2010, emitido en el año 2010. En ésta se señala como una función normativa de la Autoridad Nacional del Agua, la elaboración de los Planes de Gestión Integral de los Recursos Hídricos por cuencas, (Arto. 26, inc. b, ley 620). Siendo los Planes de GIRH el instrumento de gestión de carácter obligatorio por su fundamental eficacia para la gestión del agua, (título III, Arto. 15, Ley 620).

Estos Planes de GIRH tienen como base los diagnósticos, construidos a través del monitoreo constante de la calidad y cantidad de los Recursos Hídricos, que a la vez da paso a la construcción del Sistema de Información de los Recursos Hídricos, (Arto. 27, inc. e), Ley 620)

Para la elaboración e implementación de los Planes de GIRH, se requiere del desarrollo paralelo de las estructuras institucionales necesarias para realizar la concertación del uso del recurso, contemplando la creación de los Organismos de Cuencas, (Arto. 31 y 32, Ley 620), y los Comités de Cuencas, (Arto. 35, Ley 620).

Los Organismos de Cuencas conformados por los representantes de las instituciones del estado, (ANA, MARENA, MAG, INETER, MINSA y MUNICIPALIDADES) que conforman la cuenca, (Arto. 33, Ley 620), es la instancia gubernamental encargada de controlar y vigilar el uso y aprovechamiento de las aguas, en sus cuencas respectivas.

Los Comités de Cuencas son la expresión de participación ciudadana, que constituyen los foros de consulta y concertación entre los organismos de cuenca y entidades del estado, (Arto. 35, ley 620), y están llamados a participar en la elaboración de los Planes de GIRH (Arto. 36, ley 620).

Tanto la elaboración de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, como la conformación de los Organismos de Cuenca y los Comités de Cuencas forman el sistema de administración de las aguas, ambos indispensables para llevar a cabo la implementación de la Ley 620.

5. Concepto de la GIRH

5.1. Marco y elementos básicos de la GIRH

La **figura No. 1** muestra, usando el esquema de una casa, el marco y los elementos básicos de la gestión integrada de los recursos hídricos GIRH y simboliza la importancia del PGIRH como instrumento principal de la GIRH.

Figura No.1
Marco y concepto básico de la GIRH



El Plan de GIRH como "habitante principal" de la casa y sus "decoraciones interiores" solamente pueden "sobrevivir" con una estructura bien establecida que comprende como su cimientos una estructura institucional y organizacional adecuada y capacitada, un financiamiento sostenible como su techo y paredes de marco legal y entorno positivo. El Plan de GIRH es el punto focal de este concepto.

5.2. Los componentes principales de la GIRH

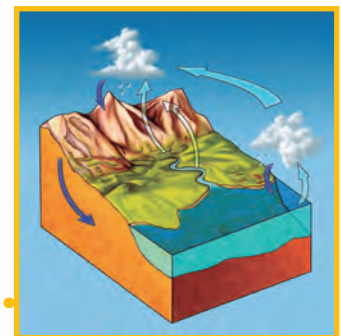
En el concepto empleado por la Autoridad Nacional del Agua(ANA), la GIRH integra todos los componentes del sector de agua:

Figura No.2
Componentes principales de la GIRH



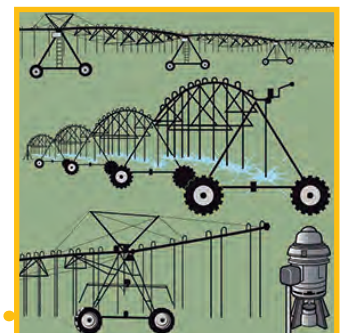
La oferta:

- 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.



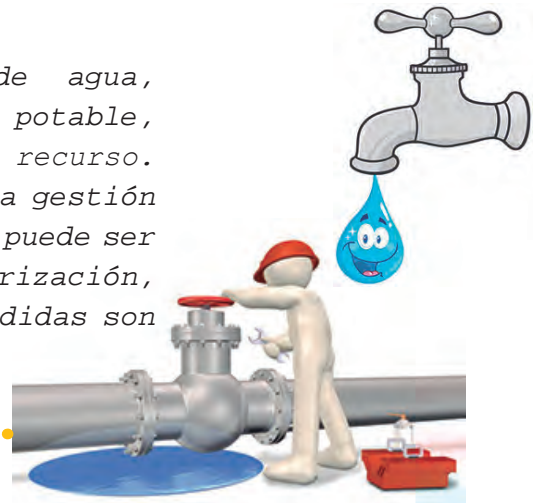
La demanda:

- 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 la demanda de agua por todos sectores.



El suministro:

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



La conservación y protección:

La conservación y protección de los recursos hídricos representan el componente tradicional de la gestión de los recursos hídricos. Los temas y herramientas incluyen el monitoreo cuantitativo y cualitativo de las aguas superficiales y subterráneas. Así como todas las medidas e instrumentos que contribuyen directamente al mejoramiento de los recursos hídricos en calidad y cantidad.



5.3. Fundamentación y función del PGIRH

Nicaragua dispone de 21 cuencas y 218 Subcuencas hidrográficas que tienen condiciones individuales con respecto al estado de los recursos hídricos.

Las cuencas hidrográficas tienen:

- Diferentes potenciales de aguas subterráneas y superficiales
- Diferentes calidades de agua

- 💧 Diferentes demandas de agua
- 💧 Diferentes balances hídricos
- 💧 Diferentes impactos del cambio climático
- 💧 Generalmente una demanda creciente
- 💧 Diferentes competencias de uso
- 💧 Diferentes grados de degradación de sus recursos hídricos
- 💧 Diferentes grados de sobre explotación

Estas diferencias requieren de un instrumento fuerte e individualizado para cada cuenca, para proteger y conservar los recursos hídricos y garantizar su uso sostenible.

El PGIRH tiene que cumplir con las siguientes condiciones:

- ✓ Basarse en un diagnóstico del estado hídrico, respaldado por líneas bases actualizadas y datos de monitoreo multianuales
- ✓ Presentar un análisis y una evaluación detallada del estado de los recursos hídricos
- ✓ Aportar instrumentos prácticos de gestión y garantizar su integración en los planes municipales
- ✓ Definir medidas concretas e individuales de prevención, corrección y regulación
- ✓ Definir hitos e indicadores de impacto
- ✓ Asignar responsabilidades para su implementación
- ✓ Ser un plan 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

- 💧 El suministro de agua potable
- 💧 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

5.4. Metodología

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

Fase A: Diagnóstico, compuesta por las siguientes etapas:

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

Fase B: Plan de GIRH, cuyas etapas son:

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

En la **figura No. 3**, se refleja el proceso metodológico del PGIRH:

Figura No.3
Fases y etapas en la elaboración del PGIRH

Fase A: Diagnóstico

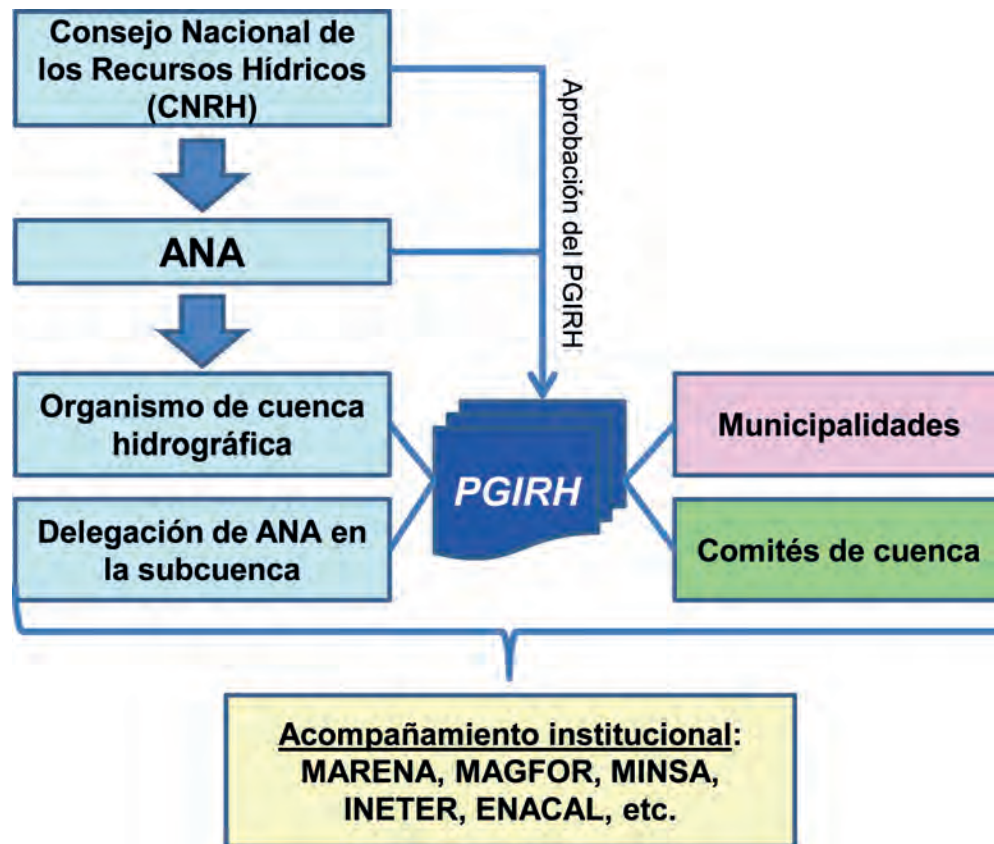


Fase B: Planificación

5.5. Estructura Institucional

La **figura No. 4**, muestra la estructura institucional con enfoque al PGIRH. El organismo de cuenca y/o la delegación de la ANA, el comité de cuenca y las municipalidades de la misma elaboran e implementan el PGIRH en procesos participativos, apoyados por el acompañamiento institucional comprendido por: MARENA, MAG, MINSA, INETER, ENACAL y otros.

Figura No.4
Estructura Institucional



5.6. Procesos de la GIRH

Entre los numerosos procesos de la GIRH, el proceso de conformación de los comités de cuenca y la elaboración de los planes de GIRH (PGIRH) están entre los más importantes. Se trata de procesos participativos en los cuales se debe garantizar la integración de hombres y en particular de mujeres, dado su rol como usuaria importante del agua. De esta manera, hay que promover la participación activa (presencia y voz de las mujeres) para que tengan las mismas oportunidades de participación que los hombres y capacitarlas para que puedan aportar junto con los hombres, en las tomas de decisiones para la gestión integrada de los recursos hídricos.

Estos procesos participativos de la GIRH son realizados en forma paralela y vinculante, dado el requerimiento de tiempo que llevan las etapas iniciales; por ejemplo, la recopilación de datos y su interpretación se inicia antes de la conformación del comité y sus resultados preliminares son presentados en un foro de usuarios, donde se elige al comité y este obtiene contenido para iniciar su trabajo en la GIRH.

Se trata de procesos participativos y en el caso ideal deberían ser realizados en paralelo. Estos procesos se describen de la siguiente manera:

- 💧 **Proceso institucional**, que comprende la conformación y desarrollo de los Órganos de cuenca (Comité de cuenca), con el propósito de crear la base institucional y organizacional, capacitada, para la elaboración e implementación del PGIRH (**Ver Foto No. 1**).
- 💧 **Proceso técnico**, que abarca la elaboración e implementación del Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

Los resultados de las fases del proceso técnico son presentados a los órganos de Cuenca en Foros anuales, para su validación y posterior incorporación en los planes operativos de dichos órganos. 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 No.5
Procesos de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos

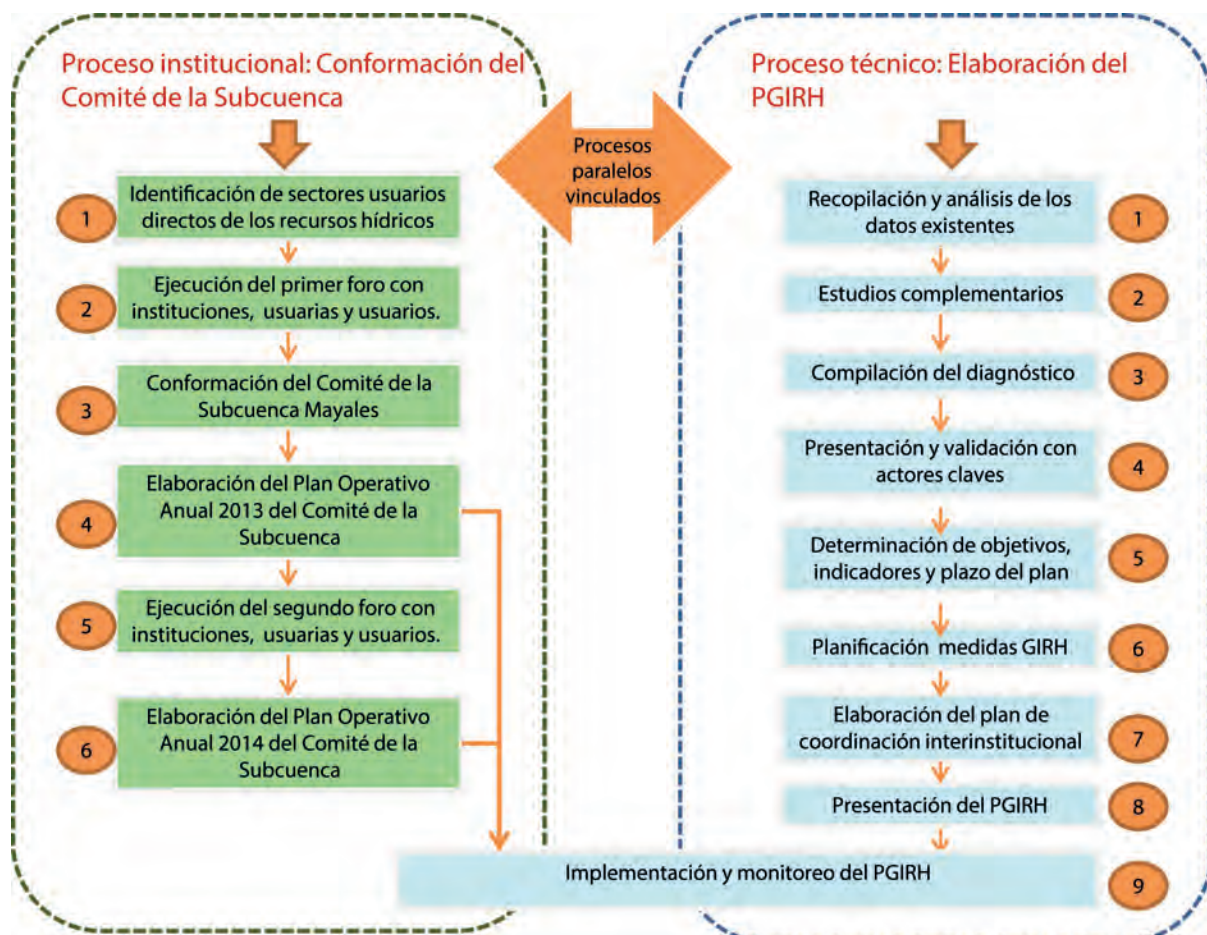




Foto 1: Comité de la Subcuenca Mayales

5.7. Desarrollo de Capacidades

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

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

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

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

Los temas brindados al Comité de Cuenca, conjuntamente con equipos técnicos municipales, fueron:

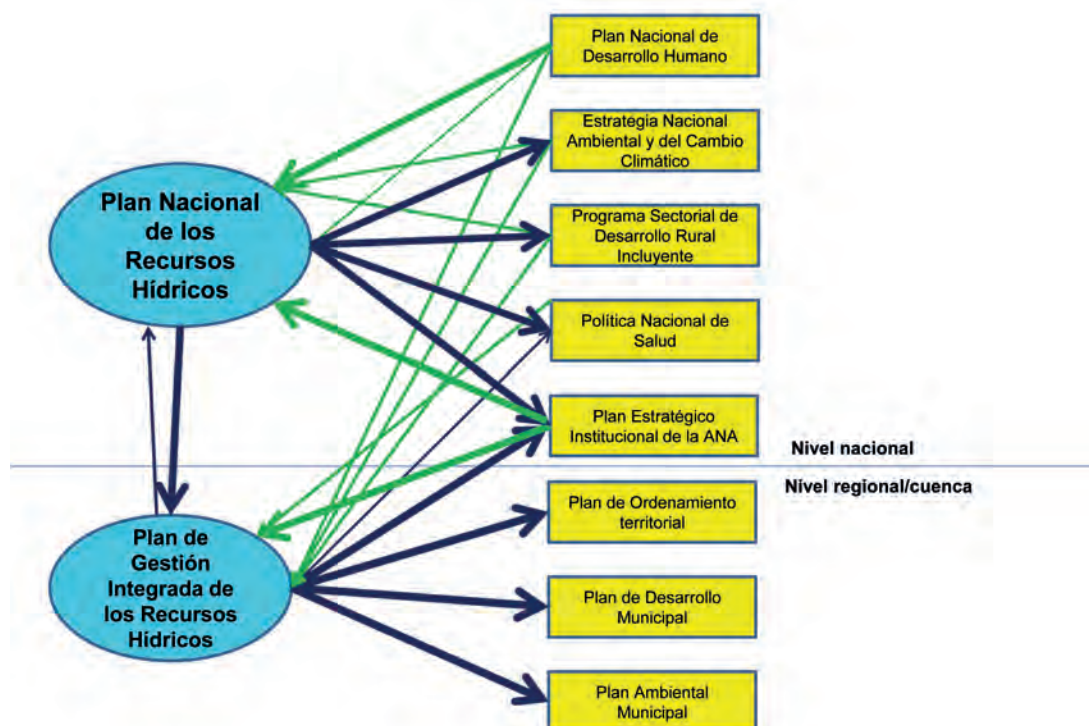
- 💧 Ley No.620 y su reglamento
- 💧 Funciones y competencias del Comité de Cuenca
- 💧 Sensibilización en género

- 💧 Visión y Misión
- 💧 Elaboración de planes operativos anuales (Información que debe contener, resultados, indicadores, actividad)
- 💧 Monitoreo al POA
- 💧 Gestión Integrada de Recursos Hídricos (Objetivos, tareas, instrumentos, componentes, ciclo hidrológico, aguas subterráneas, conservación y protección de los recursos hídricos, balance hídrico)

6. Vinculación con otros planes

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

Figura No.6
Vinculación con otros planes



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

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

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

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

6.1. Plan Nacional de Desarrollo Humano 2012-2016

El Plan Nacional de Desarrollo Humano tiene doce lineamientos y cada uno de ellos dispone de políticas y planes estratégicos. Con referencia a éstos, el Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Subcuenca Mayales se relaciona con los siguientes lineamientos:

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

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

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

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

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

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

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

Con respecto al PGIRH, el diagnóstico de los recursos hídricos da la información sobre la situación de estos en la Subcuenca Mayales, indicando que el mayor potencial para los distintos usos, incluyendo riego, es el de aguas superficiales. Muestra la principal problemática que gira en torno a este recurso y los procesos productivos, y propone las medidas para mitigarlas, que una vez puestas en práctica, contribuirán al uso del agua de manera sostenible, potencializando así la producción de forma equitativa y continua en donde todos y todas tengan el mismo derecho de acceso al recurso. Dentro del plan fueron incluidas medidas relacionadas al aprovechamiento y uso sostenible de agua vinculándose a esta línea de acción del PNDH para contribuir a su implementación.

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

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

6.1.3.1. Política de Agua y Saneamiento

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

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

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

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

6.1.4.1. Conservación, Recuperación, Captación y Cosecha de Agua

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

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

La vinculación de este eje de acción con el PGIRH, radica en que además de integrar medidas para la cosecha de agua, también lo hace con campañas

de sensibilización con enfoque de género, dirigidas a grandes usuarios y población para promover la cultura de ahorro y uso eficiente del agua. El plan mismo constituye un aporte a la meta de los cuatro planes que el GRUN plantea realizar por año en las cuencas hidrográficas y facilita a la Autoridad Nacional del Agua, la información requerida para otorgar o denegar las concesiones de agua que le sean solicitadas en la Subcuenca Mayales.

6.1.4.2. Manejo Sostenible de la Tierra

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

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

6.1.4.3. Mitigación, Adaptación y Gestión de Riesgo ante el Cambio Climático

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Su implementación se realizará con base a una zonificación de los territorios, determinada por criterios físicos, naturales y socioeconómicos. El Departamento de Chontales, donde se ubica la Subcuenca Mayales, está determinado como "Territorio con bajo dinamismo y restricciones naturales para la actividad agropecuaria y desarrollo forestal".

En este territorio, está contemplado por PRORURAL Incluyente realizar medidas de apoyo a la producción, seleccionando cultivos propios de zonas secas e implementando sistemas de riego que puedan ajustarse a las necesidades de las familias rurales. Otra medida es promover la captación y almacenamiento de aguas pluviales para desarrollo de huertos familiares y comunales.

El PGIRH se vincula a PRORURAL Incluyente en el aporte de la información sobre la situación de los recursos hídricos en la Subcuenca Mayales, donde se determinó que hay serias limitantes para el uso del agua subterránea, debido a las condiciones geológicas que no permiten almacenar altos volúmenes de agua en los acuíferos. El PGIRH, aborda también la relación entre la actividad pecuaria y la calidad de las aguas superficiales, como efecto de cambio de uso de suelo en las partes altas de la Subcuenca (conversión de áreas de bosques por pastos) y excretas del ganado en las riberas de los ríos.

6.3. Política Nacional de Salud

Está definida por un conjunto de lineamientos que sirven de guía para las acciones en el área de salud. Entre éstos, 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.

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

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

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

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

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

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

6.5. Plan de Ordenamiento Territorial

Los tres municipios con jurisdicción en la Subcuenca Mayales no disponen de un plan de ordenamiento territorial completo. Hasta el momento, cuentan con documentos donde se ha integrado la información base aportada por INETER, a través del estudio "Caracterización biofísica de la Subcuenca Río Mayales".

La vinculación entre el Plan de Ordenamiento Territorial y el de Gestión Integrada de Recursos Hídricos radica en que este pone a disposición la información actualizada y a más detalle sobre la situación de los recursos hídricos, balance hídrico y línea completa de ríos y pozos para establecer el estado de la calidad y la vulnerabilidad del recurso. Todo esto puede ser integrado dentro del diagnóstico del Plan de Ordenamiento Territorial y poder derivar luego los lineamientos estratégicos, zonificación municipal y normas de uso del territorio. Otra vinculación del PGIRH con el Plan de Ordenamiento Territorial es que aporta a la toma de decisiones sobre la

correcta ubicación de la inversión pública y privada en infraestructura de agua, para asegurar un suministro sostenible del agua, especialmente para consumo humano.

6.6. Plan Ambiental Municipal

Los tres municipios disponen de Planes Ambientales Municipales enfocando cada uno la problemática del recurso agua en cuanto a calidad. Los tres planes coinciden en sus líneas estratégicas, de restaurar y conservar fuentes hídricas, reducir la contaminación y de realizar manejo integrado de los desechos sólidos y líquidos, especialmente en las zonas urbanas. Otro elemento que destaca es la orientación a implementar planes de monitoreo, control y vigilancia de la calidad de las aguas.

Cabe destacar que Juigalpa posee una Política Ambiental que incluye dentro de sus líneas generales, el "Saneamiento ambiental de cuencas y manejo integrado de los recursos hídricos".

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

6.7. Planes de Desarrollo Municipal

El Municipio de Juigalpa está elaborando su Plan de Desarrollo Municipal (PDM), del cual se tiene avanzada una caracterización municipal. Esta contiene la visión y misión de desarrollo del municipio y seis líneas estratégicas; de éstas, existe una denominada " Restauración ambiental y desarrollo municipal", que orienta a la reforestación y manejo integral de la Subcuenca Mayales, a la protección y rehabilitación de la Reserva Natural Cordillera Amerrisque y al desarrollo de un programa de educación ambiental dirigido al casco urbano, para incidir en la reducción de la contaminación al Río Mayales.

El Municipio de Comalapa tiene un PDM en implementación para el período 2008 a 2020, que incorpora dentro de sus líneas estratégicas de desarrollo el manejo sustentable del agua. También contiene programas y subprogramas, siendo dos de ellos, el de Agua y Saneamiento, y el de Ordenamiento Territorial.

El Municipio de San Francisco de Cuapa, tiene un plan derivado del estudio de INETER "Caracterización biofísica de la Subcuenca Río Mayales".

La vinculación del PGIRH a los PDM, se hace a través del aporte de medidas concretas y realistas que serán incluidas en los planes de inversión municipal, contribuyendo así a la aplicación en el territorio de las líneas estratégicas contenidas en los PDM.

B. DIAGNÓSTICO

1. Descripción General de la Cuenca

1.1. Características físicas

La Subcuenca del Río Mayales se ubica en el Departamento de Chontales con un 98% de superficie y un 1.42% de su área traslapa con el Departamento de Boaco (INETER, 2010). Todas las precipitaciones que caen dentro de la Subcuenca Mayales drenan al lago Cocibolca. Se trata de una Subcuenca de la Cuenca del Río San Juan o cuenca N° 69, denominada también la cuenca de los grandes lagos. La Subcuenca corresponde al afluente principal de su mismo nombre, cuyas aguas desembocan en el Lago Cocibolca en dirección norte-sur. Se ubica en la zona nor-central del país y tiene un área de drenaje de 1,051.72 km² (**Ver Mapa No. 1**). El área municipal de San Francisco de Cuapa, Juigalpa y Comalapa conforman la mayor parte de la subcuenca y en menor proporción La Libertad, San Pedro de Lóvago y Camoapa del departamento de Boaco. El área de La Libertad que forma parte de la Subcuenca es de 32.58 km² y recibe cierta importancia debido a que en esta zona nace el Río Pirré, afluente del Mayales, y cualquier proyecto minero tendrá repercusiones probablemente muy negativas en la Subcuenca y su río principal.

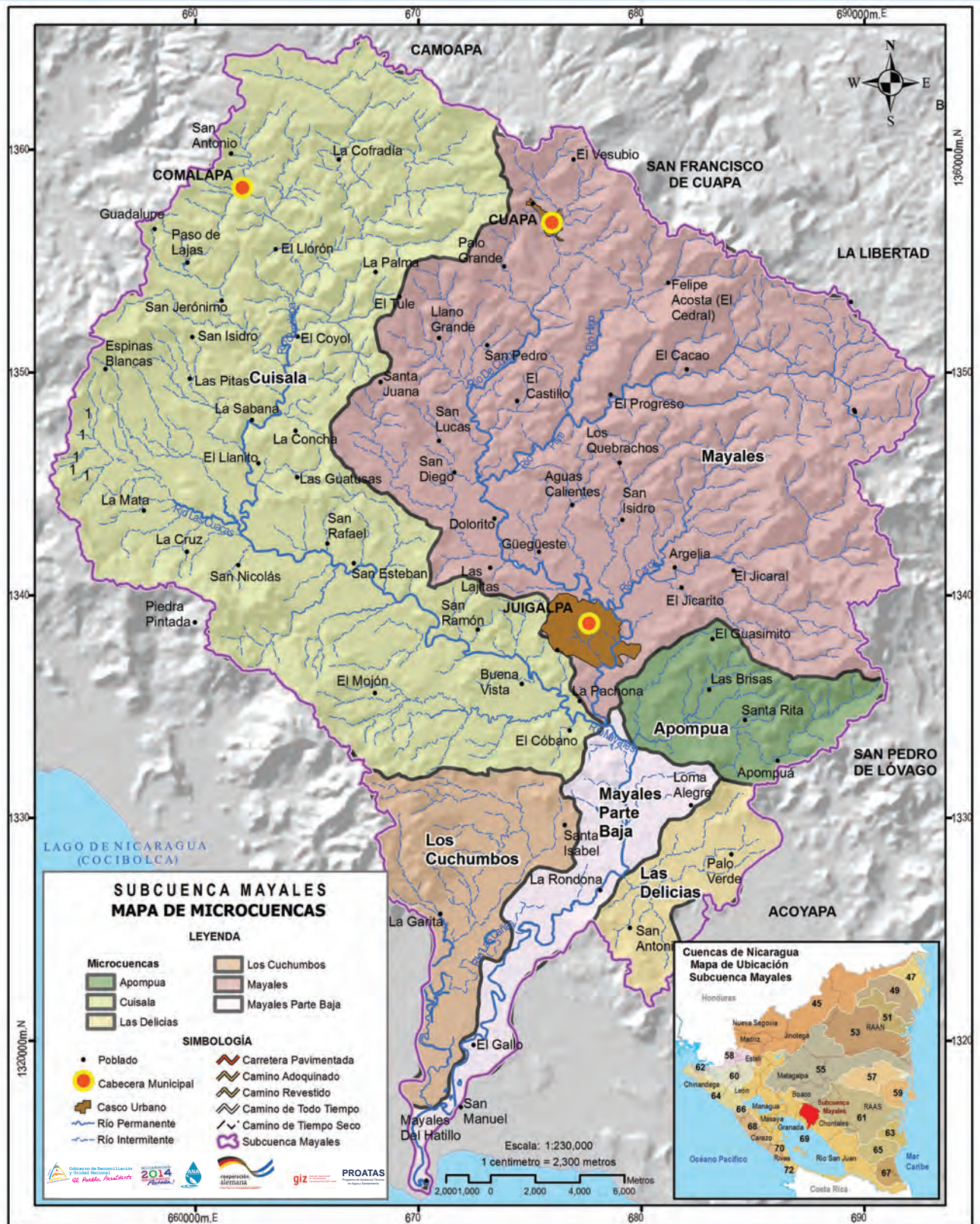
El recorrido del río principal tiene una longitud de 83.3 km, con su nacimiento cercana al cerro El Parlamento a una elevación aproximada de 661 metros sobre el nivel medio del mar (msnm) y desemboca a 31.1 msnm. El río principal tiene una pendiente promedio del 0.8% y un tiempo de recorrido de sus aguas desde el sitio donde inicia hasta la desembocadura de 6.9 horas. Este tiempo se conoce como tiempo de concentración (Tc) y por lo general tiende a ser menor cuando las condiciones de humedad del suelo son mayores, lo cual propicia un mayor escurrimiento y por tanto un mayor caudal dentro del cauce principal del río (**Ver tabla No. 1**).

La Subcuenca del Río Mayales posee una alta densidad de drenaje, que corresponde a 1.18 km de río por cada kilómetro cuadrado de área. Así mismo tiene una forma alargada, característica que está definida por su factor de forma (Ff) cuyo valor es de 1.5 (adimensional). Cuando este valor es mayor a 1, la forma de la cuenca es considerada de forma rectangular o alargada y por tanto el tiempo de concentración de las aguas del cauce tiende a ser alto. Sin embargo cuando el valor del Ff es menor o igual a 1, la cuenca tiende a tener forma circular y por lo tanto el tiempo de concentración de sus aguas es menor, lo que propicia avenidas o crecidas máximas repentinas. Este no es el caso de la Subcuenca del Río Mayales en donde las crecidas del río en su cauce principal son consideradas de desarrollo lento a medio, y que también tiene relación directa con el valor de la pendiente media (0.8%).

Mapa No.1:
Localización de subcuenca Mayales



Mapa No.2: Microcuencas Mayales



La Subcuenca del Río Mayales está subdividida en seis microcuencas (**Ver Mapa No.2**), cuyas características morfológicas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla No.1:
Características morfológicas de la Subcuenca y Microcuencas que conforman el Río Mayales

Subcuenca	Área	Elevación máxima	Elevación mínima	Longitud del río	Pendiente media	Tiempo de concentración**	Tiempo de concentración**
	Km ²	msnm	msnm	Km	%	Tc (min)	Tc (hrs)
Mayales	1,051.72	661	31.3	83.3	0.76	412.75	6.87
MICROCUENCAS							
Mayales	412.9	661	60	42.96	1.4	195.582	3.26
Los Cuchumbos	70.39	540	35	34.3	1.5	161.252	2.69
Cuisalá	423.8	490	60	73.28	0.6	412.268	6.87
Apompuá	51.22	360	60	19.92	1.5	105.195	1.75
Las Delicias	35.39	160	20	9.84	1.4	62.468	1.04
Mayales Parte Baja	58.02	60	31.3	40.34	0.1	586.607	9.78
TOTAL	1,051.72		** Determinado mediante la ecuación modificada de Basso.				

1.1.1. Topografía y Geomorfología

La geomorfología tiene como objeto el estudio de las formas de la superficie terrestre enfocado en describir su génesis y entender su actual comportamiento. La geomorfología se centra en el estudio de las formas del relieve que son resultado de la dinámica litosférica en general. Abarca la incidencia de fenómenos biológicos, geológicos y antrópicos, en el relieve.

Según INETER (2010), topográficamente la Subcuenca presenta grandes elevaciones y un relieve montañoso y accidentado. En ella se localizan cerros y filas de gran importancia, los que sirven de parteagua natural o divisor topográfico común entre las cuencas (**Ver Mapa No.3**). Entre los cerros importantes están: El Oluma a 770 msnm, La Mica con 695 msnm, El Portillo que alcanza una elevación de 683 msnm, Mesas del Arrayán con 645 msnm, Hato Grande con 658 msnm, Los Andes con 747 msnm y Loma Larga con 614 msnm.

De acuerdo con sus características geomorfológicas y topográficas se puede subdividir la cuenca en 3 zonas (**Ver Mapa No.3**).

- La **zona alta** de la cuenca comprende las montañas de la cordillera Amerrisque de relieve acentuada y pendientes altas en el norte de la Subcuenca donde nacen los ríos (**Foto 2**).

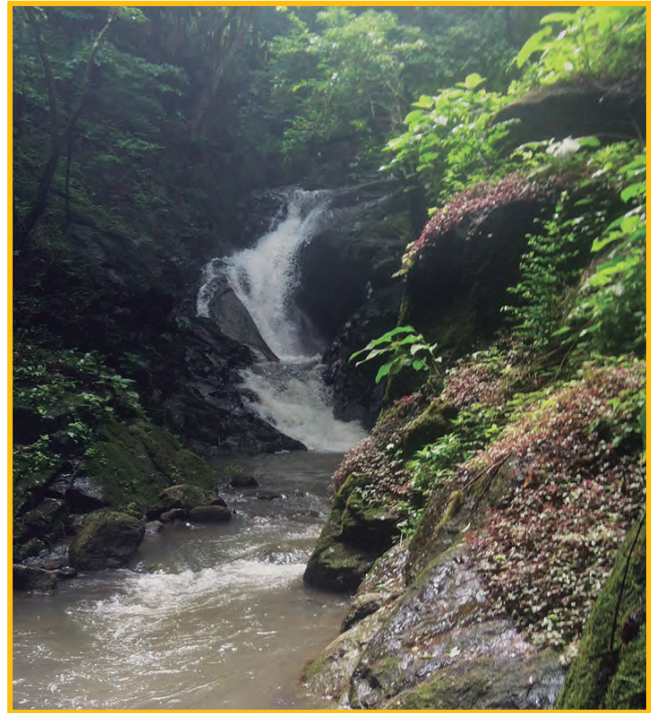


Foto 2: Parte alta de la Subcuenca Mayales

- La **zona media** está caracterizada por pendientes más suaves y ocupa las áreas de los cursos medios de los ríos principales (**Foto 3**).



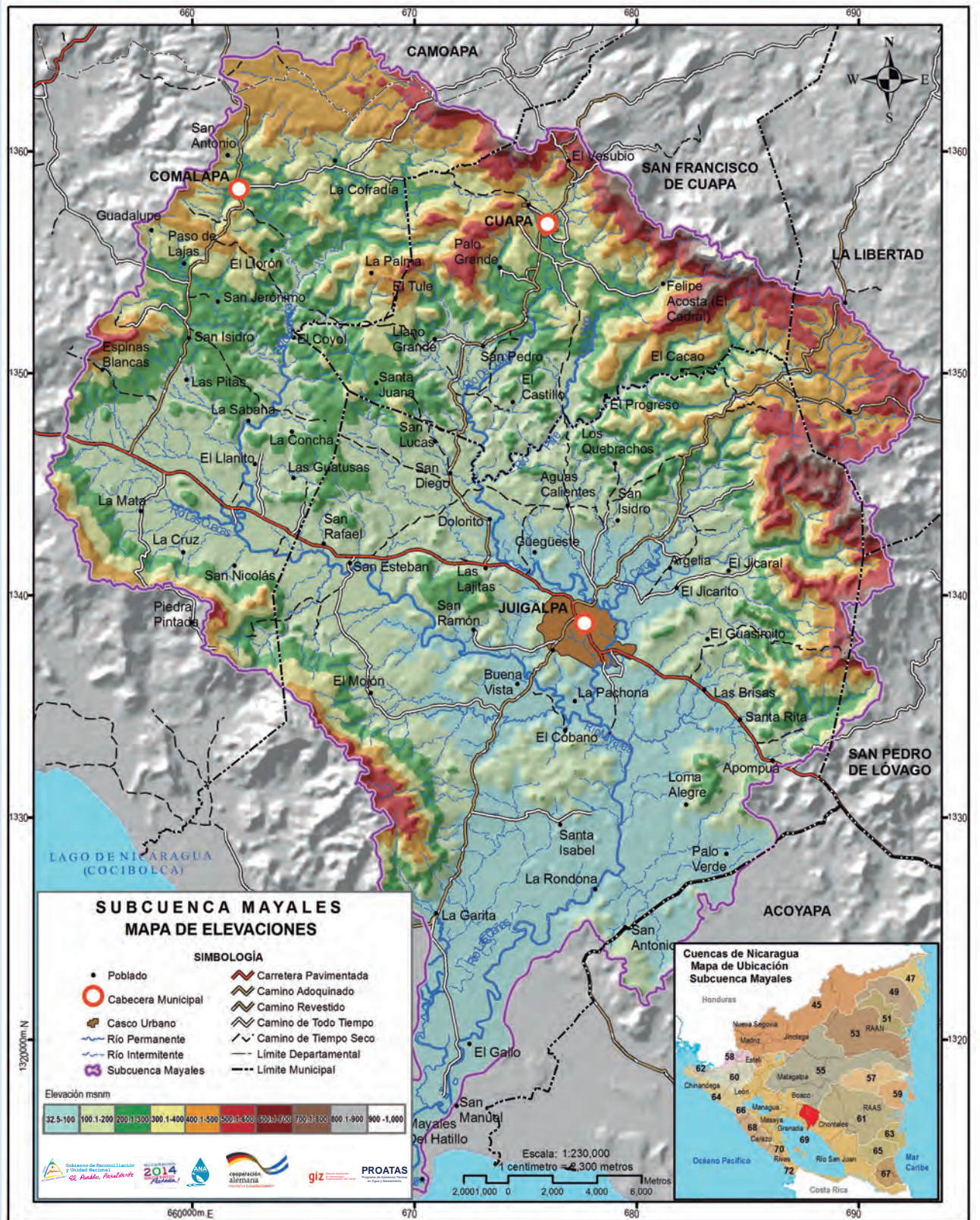
Foto 3: Vista panorámica de la parte media de la Subcuenca

- Las terrazas extensas fluviales del curso inferior y el delta del Río Mayales forman **la zona baja** de la Subcuenca que muestra poco relieve y a veces está casi plana (**Foto 4**).

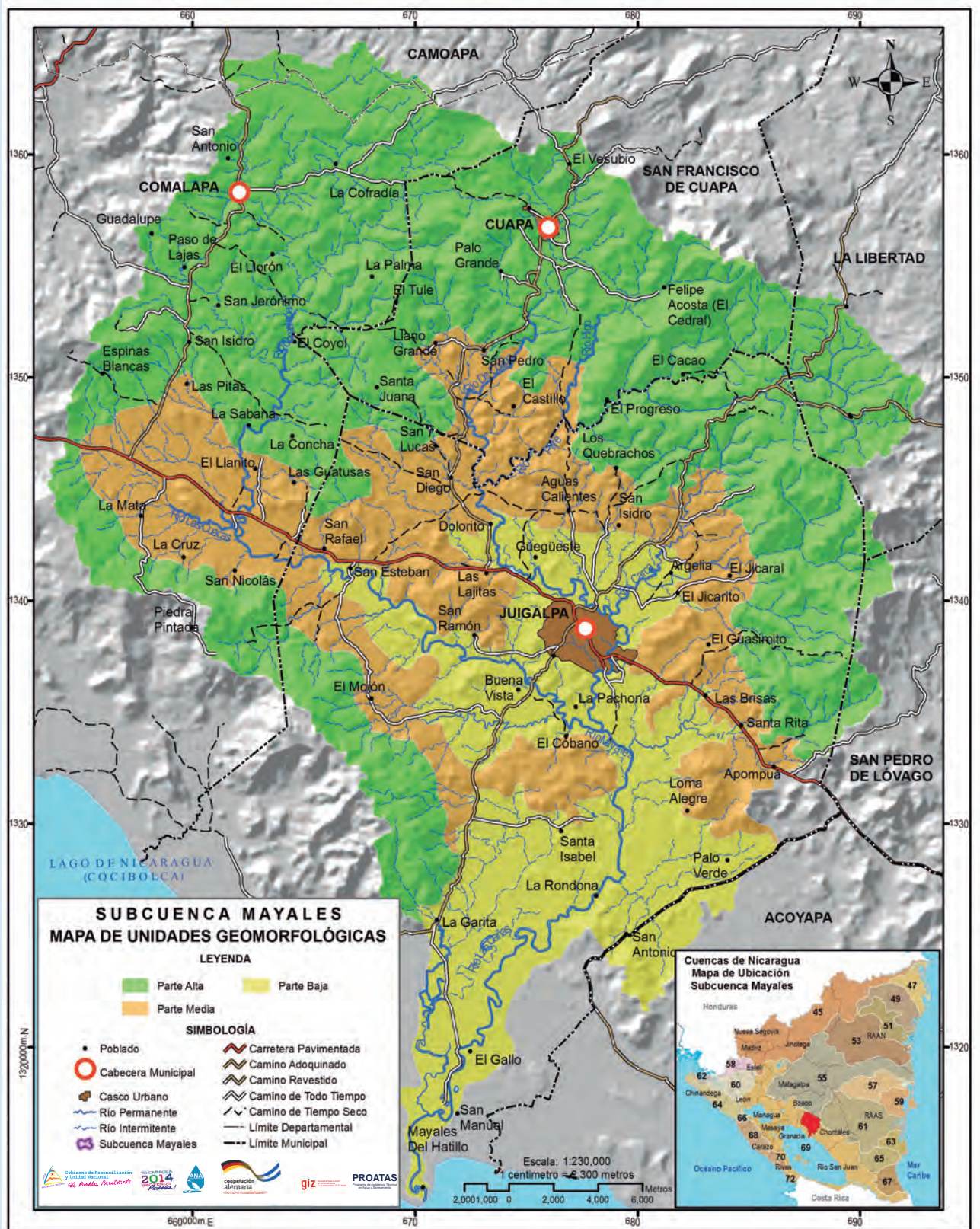


Foto 4: Vista panorámica de la parte baja de la Subcuenca

Mapa No.3:
Elevaciones de la subcuenca Mayales



**Mapa No.4:
Unidades geomorfológicas de la subcuenca Mayales**



Los eventos prolongados de precipitación pueden provocar inundaciones especialmente en la zona baja y media de la Subcuenca y deslizamientos de tierra en la zona alta.

Una descripción más detallada de las unidades geomorfológicas elaborada por INETER (2010) se encuentra en el **Anexo No.1**.

1.1.2. Geología

La geología está compuesta por formaciones de rocas volcánicas dacíticas-andesíticas con intercalaciones de tobas, brechas ignimbríticas y basaltos. Las rocas duras de las formaciones volcánicas forman mesas escalonadas, colinas aisladas, mesetas y cuerpos intrusivos. Las rocas de menor dureza han sido erosionadas y forman las depresiones y valles donde se presentan numerosos arroyos. Por lo tanto la red fluvial es densa y ramificada, lo cual indica una mala capacidad de infiltración del subsuelo. (**Mapa No.5**).

Un patrón de fallas que se cruzan de forma ajedrazadas, siguiendo las direcciones estructurales principales NO-SE y NE-SO, provocan una morfología muy accidentada con relieves abruptos en la parte superior de la cuenca.

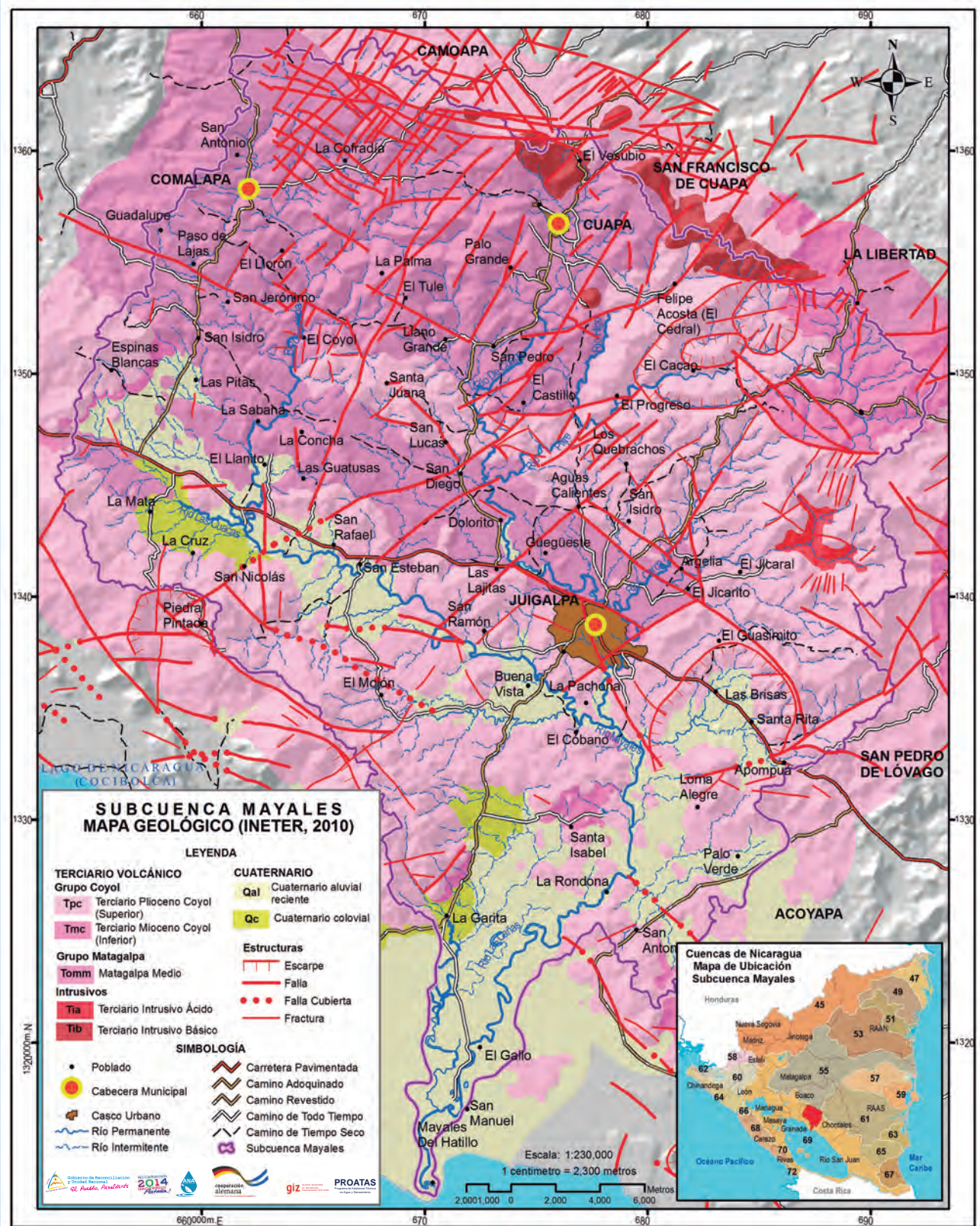
En el **mapa No.5** se grafican las fallas tectónicas en trazos de colores rojos que afloran en el área de estudio, en donde se señala la orientación y ubicación espacial de estos elementos geológicos con líneas y curvas.

Las causas que ocasionan estos sistemas de fallas consisten en la baja resistencia mecánica de los materiales y la incidencia de esfuerzos tectónicos regionales resultantes de la interacción de las placas tectónicas Cocos y Caribe.

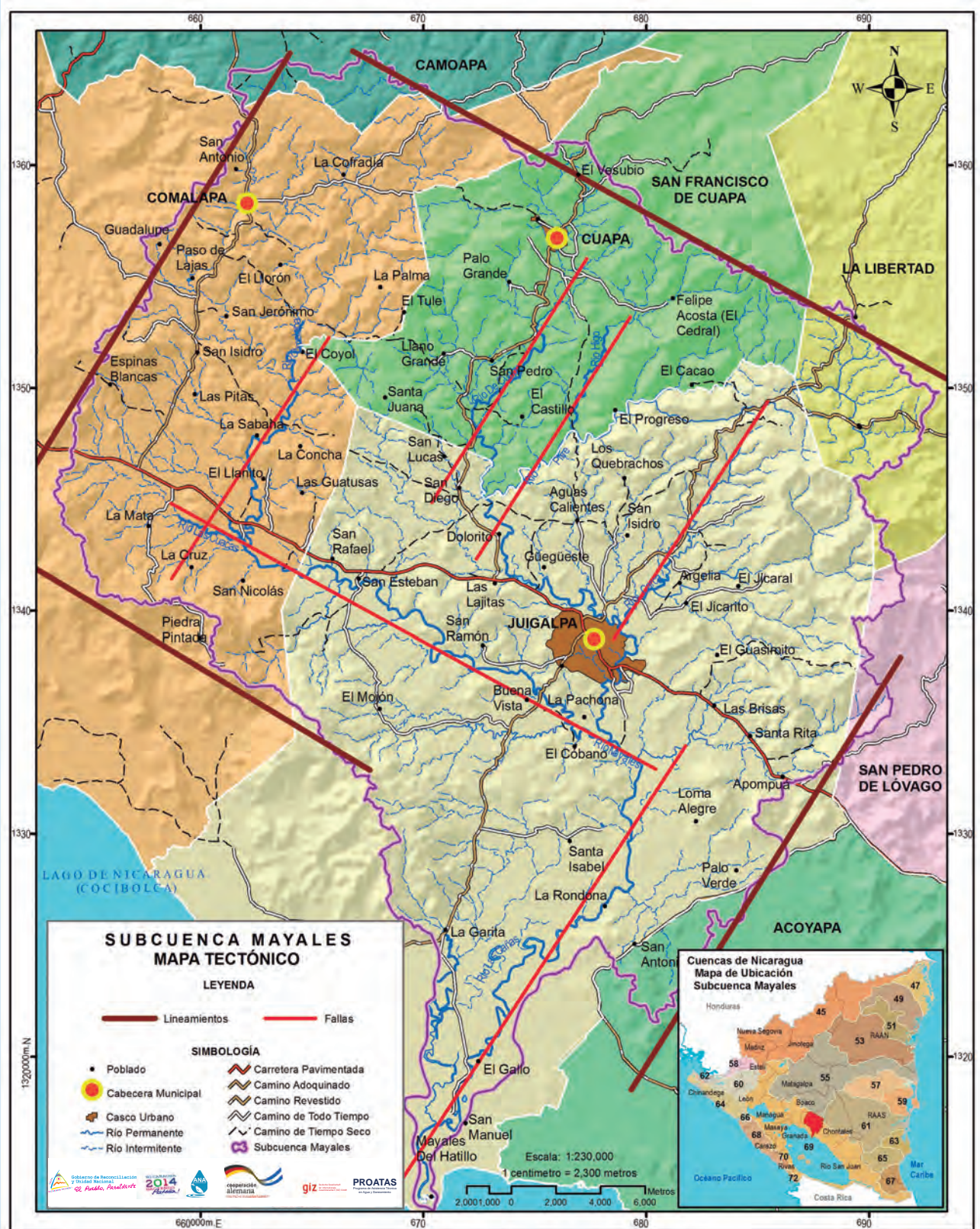
Una descripción más detallada de la geología elaborada por INETER (2010) se encuentra en el **Anexo No.2**.

La estructura tectónica regional con sus dos lineamientos en dirección NO-SE y NE-SO, determina los límites de la cuenca y la dirección de los ríos principales (de Oeste a Este: Río Cuisalá, Río Cuapa, Río Pirré y Río Mayales). Este mapa trata de mostrar las estructuras que definen la forma de la Subcuenca Mayales y son propuestas por primera vez en este diagnóstico (**Ver Mapa No.6**).

Mapa No. 5:
Geología de la subcuenca Mayales



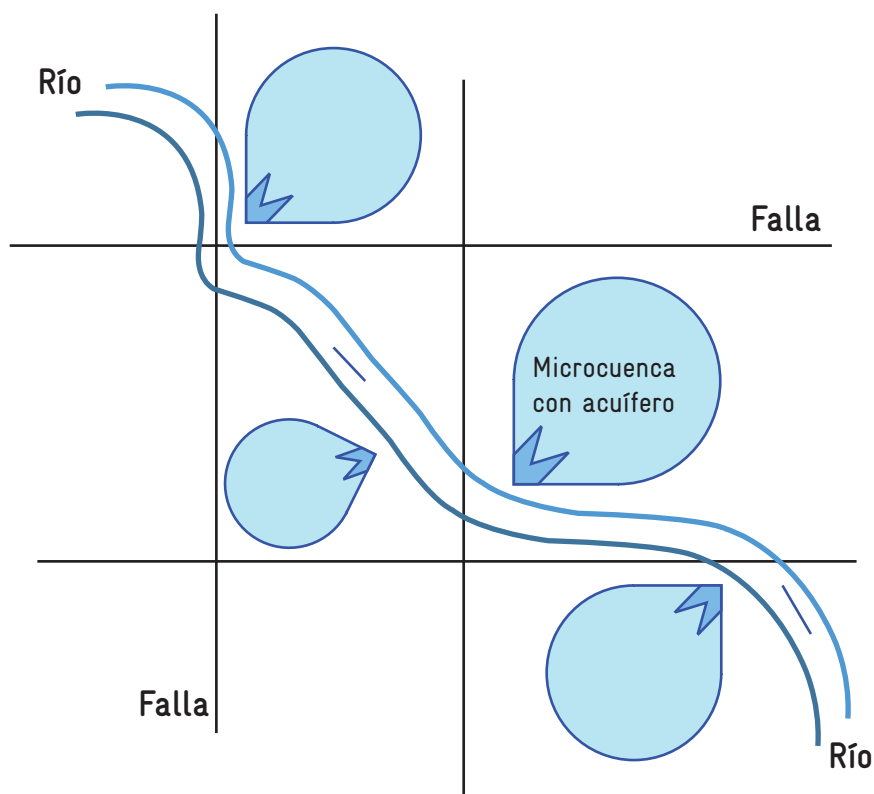
Mapa No. 6:
Tectónica de la Subcuenca Mayales



1.1.3. Hidrogeología

La geología del área no favorece la formación de acuíferos; ya que en la parte superior de la cuenca, la densidad de fallas ajedrezadas ha cortado las capas de acuíferos, creando unidades de acuíferos aislados, sin contacto hidráulico entre ellas. Esto ocasiona la formación de acuíferos aislados que limitan el almacenamiento de agua y proporcionan únicamente el volumen suficiente para el abastecimiento de pozos artesanales, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura No.7:
Esquema sobre la formación de acuífero en la
Subcuenca Mayales



Se pueden distinguir tres dominios hidrogeológicos en la Subcuenca Mayales (**Ver Cap. 4.1**).

- 💧 *Acuíferos poco profundos en sedimentos fluviales e intramontañas que se encuentran principalmente en la parte alta y media de la Subcuenca.*
- 💧 *Acuíferos aluviales y/o coluviales que se encuentran más en la parte media y baja de la Subcuenca.*
- 💧 *Acuíferos fracturados que son explotados en la parte alta de la Subcuenca.*

Los pozos perforados por ENACAL en Cuapa y Comalapa penetran y explotan formaciones de rocas volcánicas del tercer dominio, pero su rendimiento específico de 0.0048 m³/min por metro de abatimiento (l/s x m) no satisface el volumen de agua requerido para el suministro de agua potable de la población de dichos municipios (**Ver Cap. 5**).

En la parte alta y media de la cuenca se han formado acuíferos poco productivos del primer dominio que se encuentran principalmente a lo largo de los ríos y son compuestos de sedimentos sueltos de edad Holocénica.

El único acuífero productivo e importante se ubica al sur de Juigalpa, en la parte media de la Subcuenca, definido por los 10 pozos que perforó ENACAL para el abastecimiento de agua potable en esta ciudad.

En la parte baja de la cuenca, el valle formado por terrazas fluviales que acompañan al Río Mayales de Juigalpa hacia su desembocadura en el lago Cocibolca, contiene un acuífero perteneciente al segundo dominio y sus recursos son utilizados con fines de riego (**Foto No.5**).

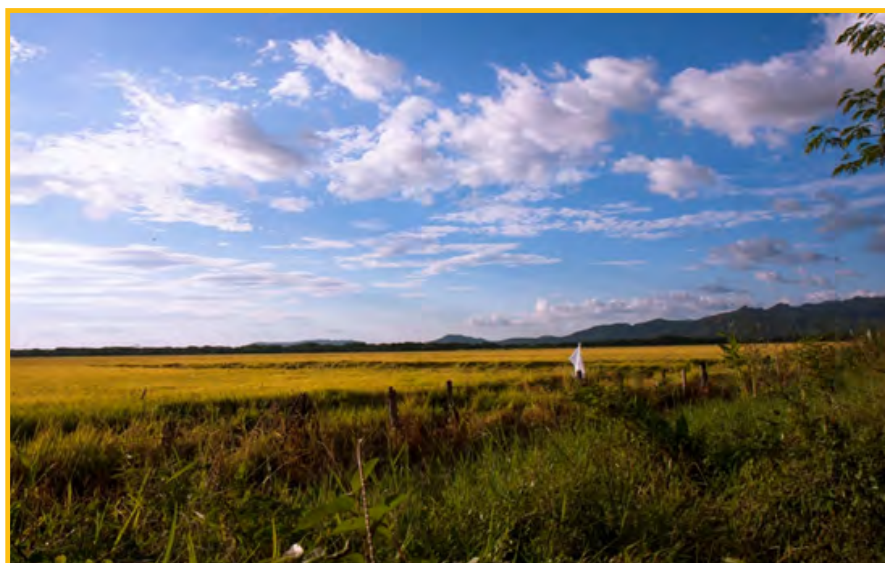


Foto 5 Parte baja de la cuenca con acuíferos del segundo dominio

1.1.4. Uso de suelo

El uso del suelo se caracteriza por los arreglos, las actividades y los insumos de la población para producir, cambiar o mantener un cierto tipo de cobertura del suelo (Di Gregorio y Jansen, 1998). El uso del suelo definido de esta manera establece un vínculo directo entre la cobertura de la tierra y las acciones de la población en su ambiente. Además, el uso de la tierra puede ser permanente (pastos cultivados o naturales, cultivos perennes) o cíclico (p.ej. granos básicos).

La cobertura del suelo es la que se observa (bio) físicamente sobre la superficie terrestre (Di Gregorio y Jansen, 1998).

En la Subcuenca Mayales, el INETER con financiamiento de la AECID¹ elaboró un importante análisis del uso de la tierra. Este estudio se basó en el análisis de imágenes satelitales y actividades de campo entre noviembre y diciembre de 2009. Se realizó en los tres municipios que integran la Subcuenca del Río Mayales con el propósito de caracterizarla biofísicamente. La caracterización consistió en un levantamiento de las principales especies vegetales que se encuentran en dicha área.

En los resultados más importantes del estudio de uso de suelo de INETER (2010) destacan la descripción de las diferentes clases de uso y su distribución espacial en toda la Subcuenca (**Ver Tabla No.2 y Mapa No.7**).

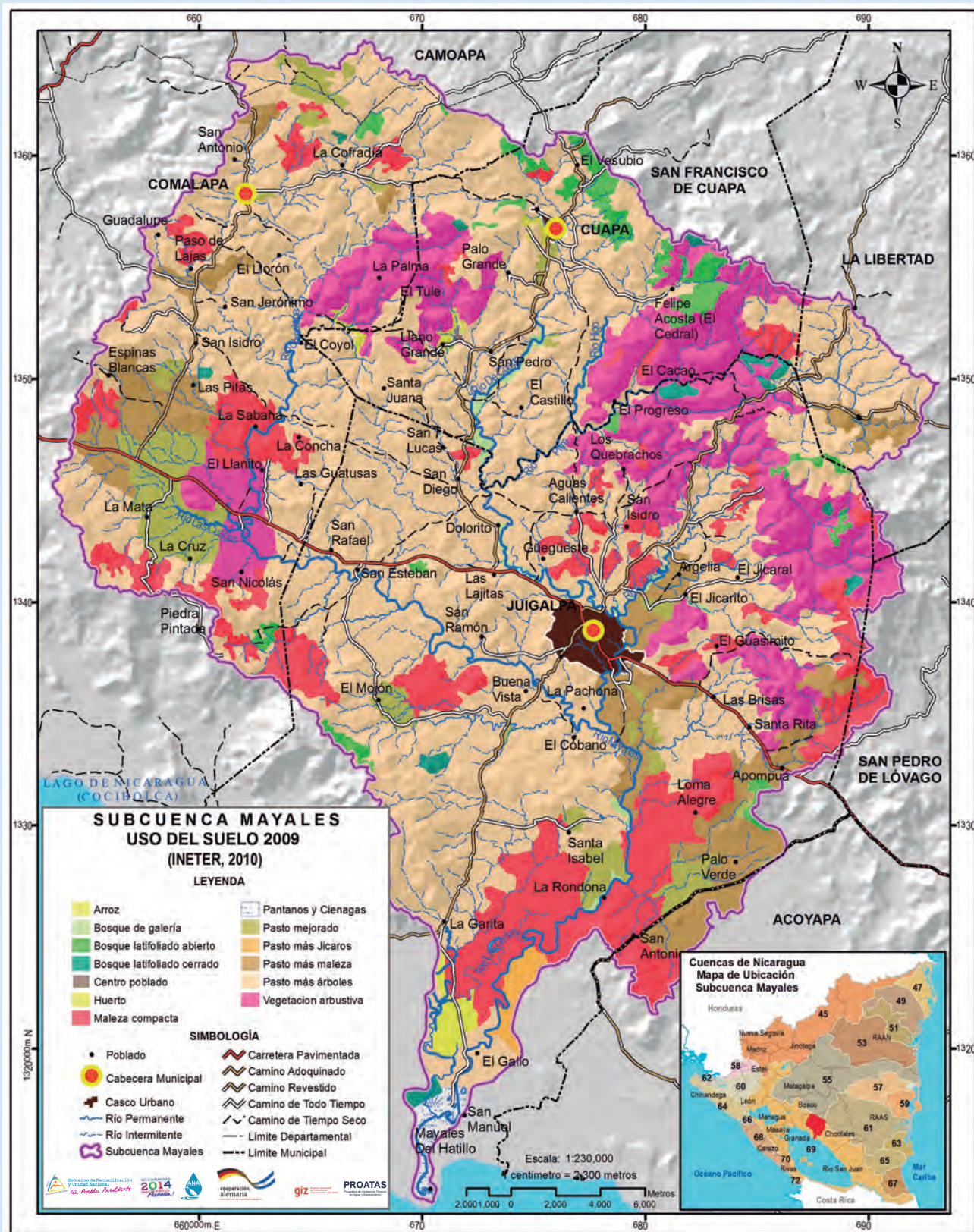
¹ AECID: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.

Tabla No. 2
Descripción de las diferentes clases de uso de suelo
identificado y su distribución

Clase de uso		Descripción	Área km ²	% del total
P+a	Pasto con árboles aislados	<ul style="list-style-type: none"> • Pastos naturales o cultivados • Sin presencia de maleza • Presencia de árboles con cobertura de copa < 20% 	596.12	56.56
Va	Vegetación arbustiva/ potreros degradados	<ul style="list-style-type: none"> • Terrenos degradados y muy erosionados • Potreros mal manejados después de eliminación de bosques • Presencia abundante de arbustos de 2 a 5 metros de altura • Asociado con malezas 	144.29	13.69
Mz	Maleza compacta	<ul style="list-style-type: none"> • Potreros abandonados • Presencia abundante de malas hierbas y matorrales < 2 metros de altura 	136.00	12.9
PC	Pantanos y Ciénagas	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas frecuentemente inundadas • Tabla de agua durante época lluviosa sobre o hasta menos 20 cm de la superficie del suelo • Vegetación de zacate en pantanos • Ciénagas soportan vegetación arbórea • Según RAMSAR considerados categoría Ts -- Pantanos/ esteros/charcas estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos; incluye depresiones inundadas (lagunas de carga y recarga), "potholes", praderas inundadas estacionalmente, pantanos de ciperáceas. 	6.14	0.58
Bg	Bosque de galería	<ul style="list-style-type: none"> • Bosque de riberas de ríos y quebradas • RAMSAR: definido como humedal ribereño con importancia para mantenimiento de caudal de ríos • Asociaciones vegetales arbóreas y arbustivas diversas con cobertura de copa cerrada 	8.27	0.78
Blc	Bosque latifoliado cerrado	<ul style="list-style-type: none"> • Bosque no intervenido o con mínima intervención • Árboles de 20 a 40 metros de altura con alta diversidad de especies forestales • Asociación con altos índices de biodiversidad ecosistémica natural • Cobertura de copa > 70% 	6.71	0.64
Bla	Bosque latifoliado abierto	<ul style="list-style-type: none"> • Bosque intervenido con árboles de 5 a 20 metros de altura • Cobertura de copa > 30% hasta 40% 	21.26	2.01
P+m	Pasto con maleza	<ul style="list-style-type: none"> • Predominancia de pasto natural o cultivado • Presencia de maleza hasta un 40% de superficie 	70.65	6.7
P+j	Pasto con jícaros aislados	<ul style="list-style-type: none"> • Pasto natural predominante con pasto mejorado • Sin presencia de maleza • Presencia de Júcaro hasta 30 % de cobertura • Suelo típico: sonsocuite 	4.43	0.42
Pm	Pastomanejado/mejorado	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas con pasto natural o con pasto mejorado 	41.68	3.95
Ar	Arroz con riego por inundación	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas con pasto natural o con pasto mejorado • Áreas de cultivo de arroz con sistemas de riego por inundación y drenaje 	4.78	0.45
H	Huertos	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura para autoconsumo 	2.68	0.25
CP	Centro Poblado	<ul style="list-style-type: none"> • Cabeceras municipales y cascos urbanos de Juigalpa, Comalapa y Cuapa 	8.98	1.24

Mapa No.7:

Uso del suelo en la subcuenca Mayales para el año 2009



Según INETER (2010), en la Subcuenca Mayales la ganadería extensiva ocupa el primer lugar en cuanto al uso de la tierra, con un 67.65% de la superficie total (**Tabla No. 3**) y en un veintiséis por ciento (26.60%) de la superficie se extienden potreros degradados.

Los bosques latifoliados cerrados, abiertos y de galería llegan a una cobertura del tres punto cuarenta y cuatro por ciento (3.44%) del territorio (**Ver Mapa No.7**). El área de agricultura que abarca la producción de arroz bajo riego y huertos de granos básicos ocupan apenas 0.45% de las tierras. El 0.58% del territorio está ocupado por áreas de humedales de pantanos y ciénagas ecológicamente importantes (RAMSAR)².

Tabla No. 3
Superficies estimadas por clase de uso en la Subcuenca Mayales
(INETER, 2010):

CLASE DE USO	km ²	ha	mz	%
Bosque latifoliado cerrado	6.71	671.36	959.09	0.64
Bosque latifoliado abierto	21.27	2,126.71	3,038.16	2.02
Bosque de galería	8.27	827.08	1,181.54	0.78
BOSQUE LATIFOLIADO	36.25	3,625.15	5,178.79	3.44
Vegetación arbustiva	144.3	14,429.54	20,613.63	13.69
Maleza compacta	136	13,600.16	19,428.8	12.9
POTREROS DEGRADADOS	280.3	28,029.7	40,042.43	26.6
Pastos con malezas	70.66	7,065.51	10,093.59	6.7
Pastos con árboles aislados	596.12	59,612.36	85,160.51	56.57
Pastos con júcaros aislados	4.44	443.69	633.84	0.42
Pastos manejados/mejorados	41.69	4,168.84	5,955.49	3.96
POTREROS	712.9	71,290.4	101,843.43	67.65
Huertos	2.69	268.88	384.11	0.26
Arroz de riego por inundación	4.78	478.19	683.13	0.45
AGRICULTURA	7.47	747.07	1,067.24	0.71
Pantano y Ciénagas	6.15	614.72	878.17	0.58
HUMEDALES	10.8	1080	1,542.86	1.02
CENTROS POBLADOS	16.95	1,694.72	2,421.03	1.61
TOTAL SUPERFICIE	1,053.87	105,387.04	150,552.92	100.01

² RAMSAR: Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, firmada el 2 de febrero de 1971 en Ramsar, Irán.

1.1.4.1. Análisis del cambio de uso del suelo (PROATAS, 2013)

Con el objetivo de disponer de datos actualizados 2013 sobre el uso del suelo en la Subcuenca Mayales, el programa PROATAS solicitó un estudio de imágenes satelitales. En el marco de este estudio se analizó la dinámica de cambio del uso del suelo, comparando el estado del suelo en 1986 con el del año 2000 y de 2000 con 2013. Para tal comparación se utilizó el estudio territorial de INETER (2010) con el propósito de analizar los resultados de INETER con la comparación multi-temporal realizada para PROATAS.

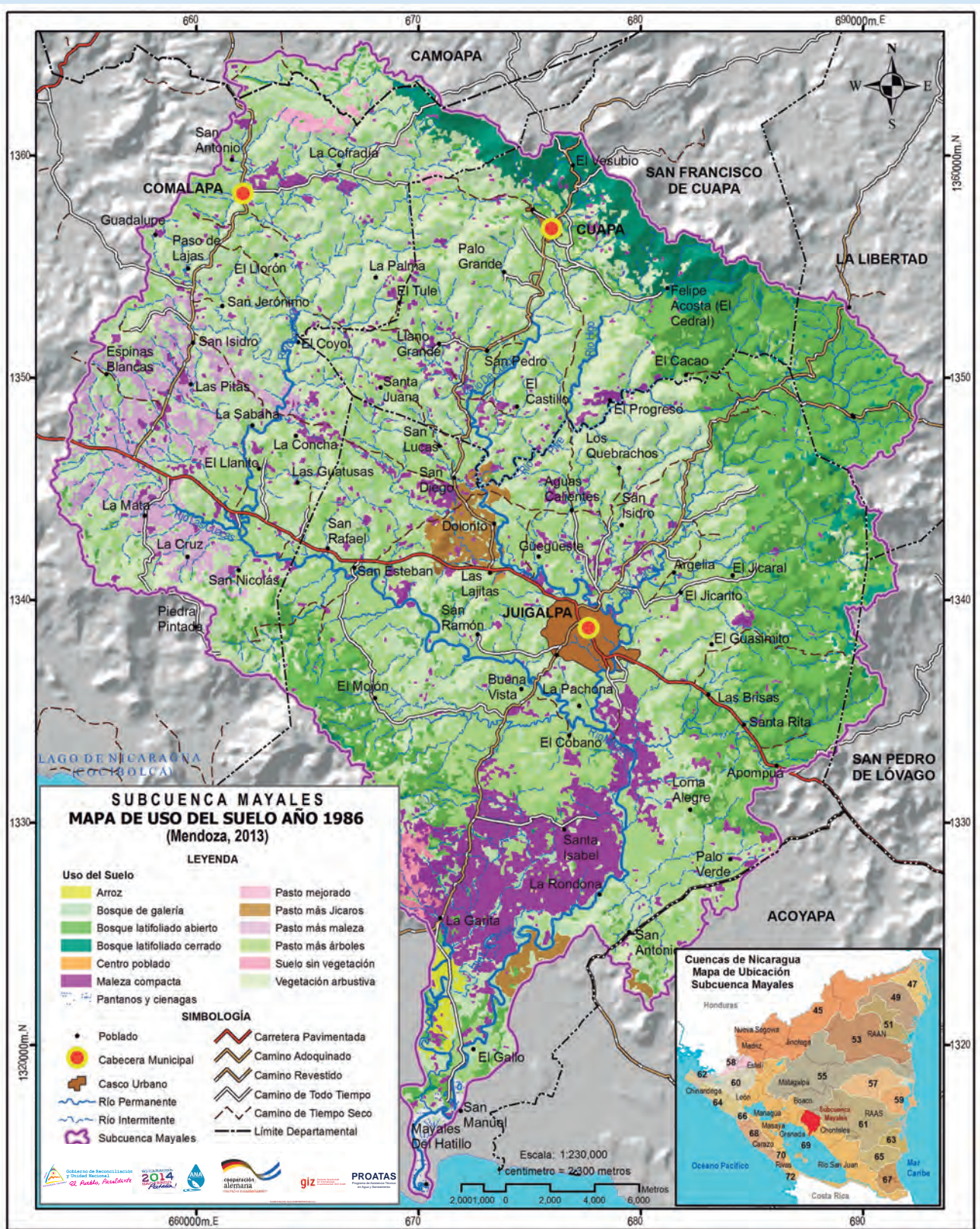
Sin embargo en el transcurso del desarrollo del estudio hubo dificultades al tratar de establecer una comparación entre el análisis de PROATAS (2013) con el de INETER (2010). Esto se debió al hecho que en el estudio de INETER, no se citó la fuente de la imagen, es decir el tipo de sensor utilizado y datos del año y mes de toma; cuando se analizó en detalle la clasificación de INETER se detectaron algunas diferencias en las metodologías aplicadas. Esta falta de información no permitió una comparación tan precisa a como se pretendía al inicio del análisis. Sin embargo todavía fue posible comparar los resultados de Mendoza (2013) con algunos de los resultados de INETER, debido a que la situación entre 2008-2009 en cuanto al uso del suelo no ha cambiado mucho.

A continuación se presentan los mapas del uso del suelo elaborados por Mendoza (2013) de los tres años mencionados anteriormente: 1986 (**Mapa No.8**), 2000 (**Mapa No.9**) y 2013 (**Mapa No.10**).

La comparación de la desaparición del color verde oscuro impacta porque da una impresión visual muy impresionante de la desaparición de los bosques y la expansión de los diferentes tipos de pastos y vegetación arbustiva. El análisis combinado entre mapas y la tabla con los valores expresados en km² permite no solamente disponer de datos exactos sino también ubicar donde han sucedido estos cambios. En este contexto se recomienda observar los cambios sucedidos especialmente en la Cordillera de los Amerrisque y los cerros que delimitan la Subcuenca Mayales en el Noroeste de Juigalpa.

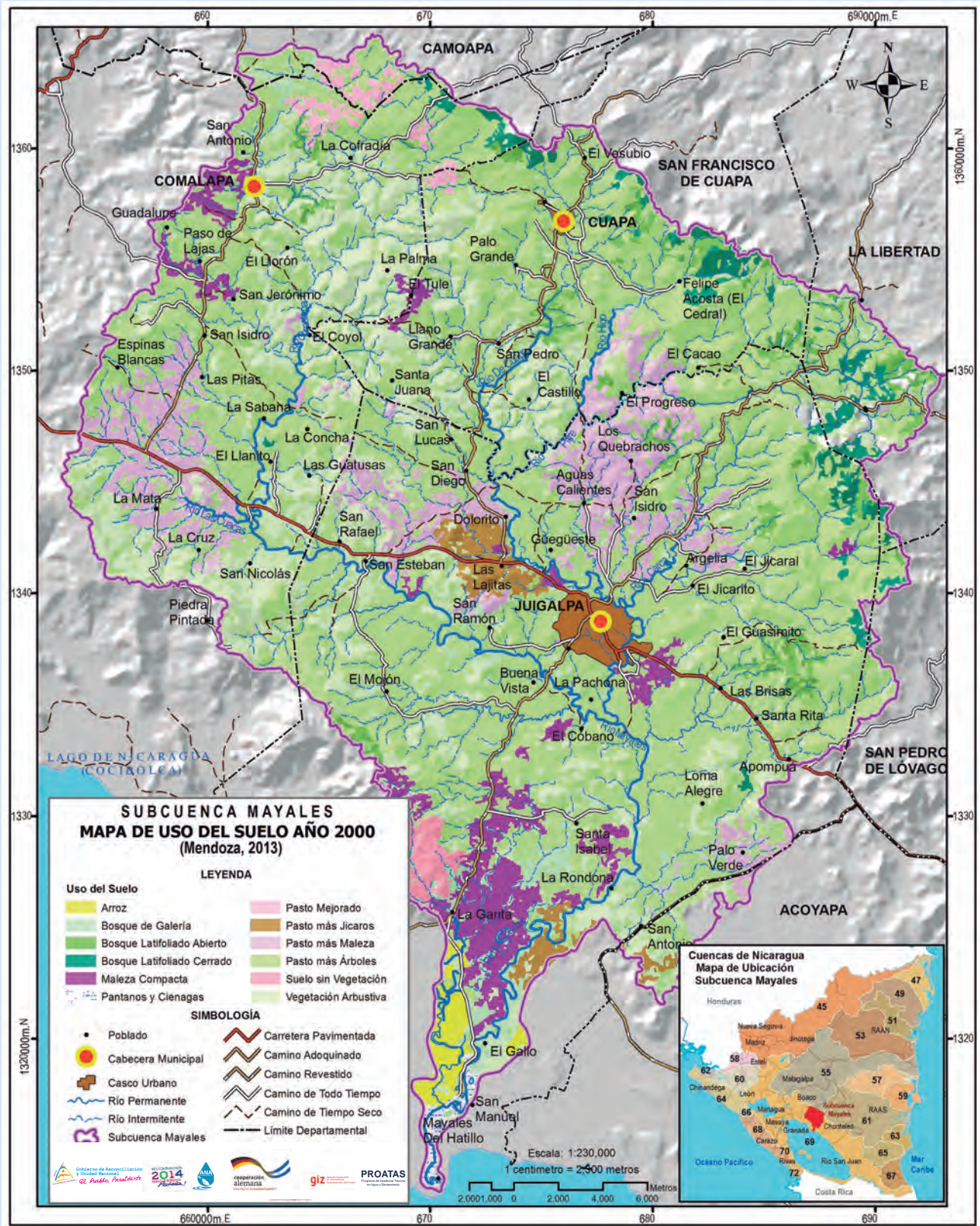
En la **tabla No.4, (pág No. 43)**, se presentan de forma resumida y en números los cambios observados durante los dos periodos de tiempo 1986 a 2000 y de 2000 a 2013. Cabe mencionar que la descripción de la clasificación utilizada por Mendoza (2013) se basa en la aplicada por INETER (2010) con algunas modificaciones. Se utilizó esta clasificación para poder comparar los resultados entre ambos estudios.

Mapa No.8:
 Uso del Suelo de la cuenca Mayales para el año 1986



Mapa No.9:

Uso del Suelo de la cuenca Mayales para el año 2000



Mapa No.10:
Uso del Suelo de la cuenca Mayales para el año 2013

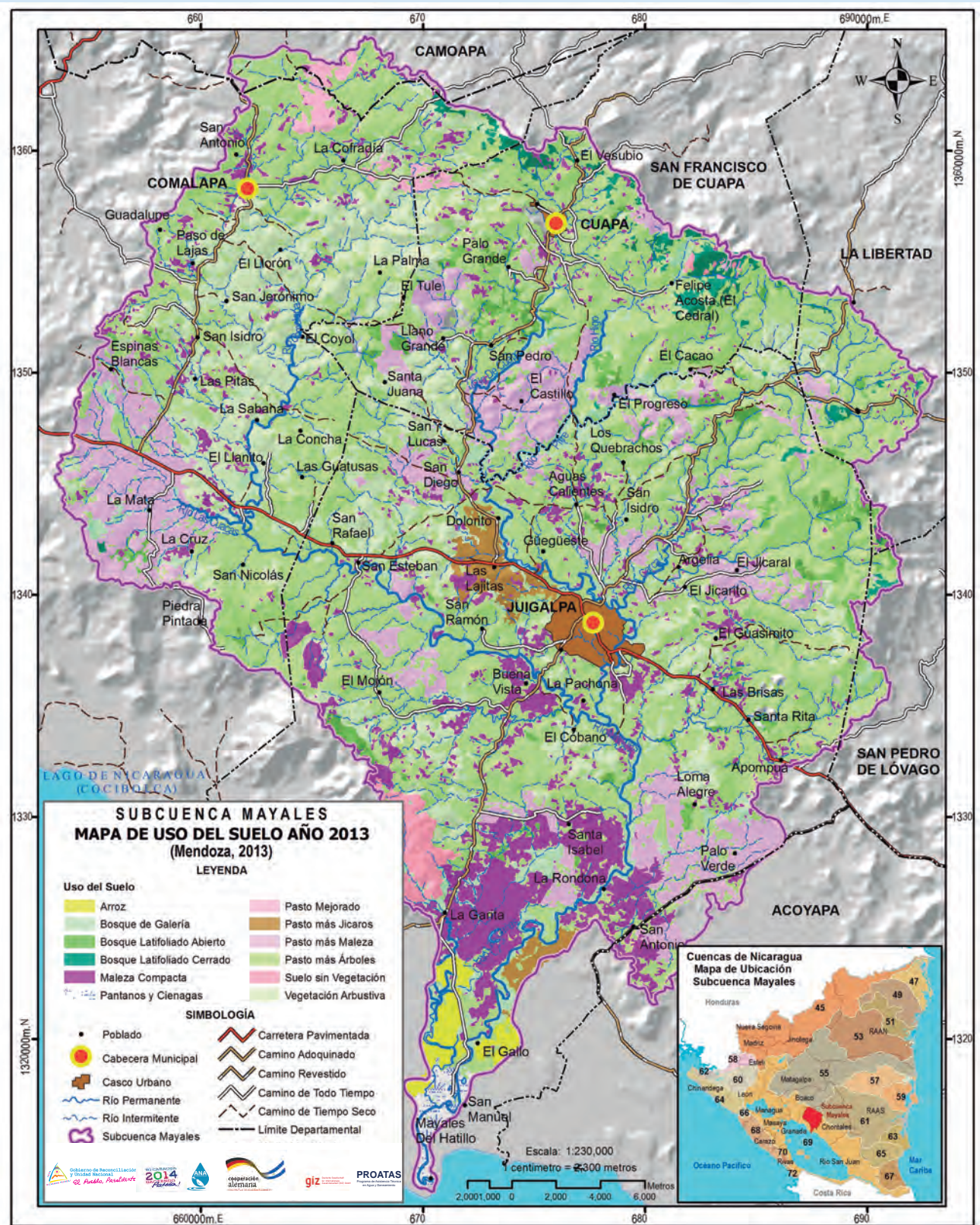


Tabla No.4:
Área en extensión total en km² y porcentaje del total en función de clase de uso de suelo

No.	Categorías de Uso	Año 1986 (km ²)	+/- (km ²)	Año 2000 (km ²)	+/- (km ²)	Año 2013 (km ²)	TAC % (1986-2000)	TAC % (2000-2013)	% del área total 1986	% del área total 2000	% del área total 2013
1	Arroz	3.55	6.38	9.93	-0.95	8.98	7.62	-0.77	0.34	0.95	0.85
2	Bosque de galería	22.74	18.11	40.85	5.71	46.56	4.27	1.01	2.16	3.90	4.43
3	Bosque latifoliado abierto	180.1	-154.7	25.42	-0.9	24.52	-13.05	-0.28	17.11	2.43	2.33
4	Bosquelatifoliado cerrado	41.26	-21.21	20.05	-7.15	12.9	-5.02	-3.33	3.92	1.92	1.23
5	Centro poblado	3.06	2.86	5.92	3.44	9.36	4.83	3.58	0.29	0.57	0.89
6	Huerto		0		2.56	2.56			0.00	0.00	0.24
7	Maleza compacta	88.82	-46.92	41.9	50.29	92.19	-5.23	6.25	8.44	4.00	8.78
8	Pasto más arboles	284.5	303.5	588	-52.23	535.7	5.32	-0.71	27.03	56.17	51.01
9	Pasto más jícara	12.69	1.59	14.28	-1.85	12.43	0.85	-1.06	1.21	1.36	1.18
10	Pasto más maleza	32.34	49.91	82.25	32.75	115	6.90	2.61	3.07	7.86	10.95
11	Pasto mejorado	3.36	5.3	8.66	-1.96	6.7	6.99	-1.95	0.32	0.83	0.64
12	Vegetación arbustiva	370.4	-174.2	196.1	-30.78	165.3	-4.44	-1.30	35.19	18.73	15.74
13	Pantanos y ciénagas	4.73	0.09	4.82	2.13	6.95	0.13	2.87	0.45	0.46	0.66
14	Suelo sin vegetación	5.08	3.6	8.68	2.44	11.12	3.90	1.92	0.48	0.83	1.06
Total Área		1,053		1,047		1,050			100.00	100.00	100.00

1.1.4.2. Interpretación de los resultados del estudio de INETER (2009) y del análisis multitemporal de cambio del suelo de PROATAS (2013):

En el período de 1986 hasta 2000, el área de la Subcuenca Mayales ha sufrido pérdidas muy impactantes en la cobertura de bosque latifoliado abierto y cerrado. Son las clases de uso de suelo con mayor pérdida entre 1986 y 2013 y se observa un proceso de conversión de bosques abiertos hacia áreas de pastos, lo que evidencia una expansión rápida y significativa del rubro de la ganadería extensiva, sobre todo en las partes medias y altas de la Subcuenca.

En solo 14 años se pierde casi por completo el bosque latifoliado abierto de 154 km² que ocupaba un área total de 180 km². Esto corresponde a una tasa anual de cambio de -13.05%, es decir en el transcurso de 14 años, de cada 100 hectáreas se deforestaron 13 hectáreas anualmente. Esta tasa de cambio TAC es muy elevada y revela una transformación dramática de los ecosistemas en la Subcuenca. Durante el siguiente período de análisis, entre 2000 y 2013, la tendencia de conversión del bosque latifoliado abierto continúa, pero a un nivel relativamente bajo. En estos 13 años, de las 2,542 hectáreas restantes en 2000, se pierden sólo 90 hectáreas hasta 2013 con una TAC de sólo -0.28%.

También fue significativo la conversión de la vegetación arbustiva en el período entre 1986 y 2000, con una pérdida neta de 174 km² (1,740 hectáreas) de un área total de 370 km² en 1986 a un remanente de 196 km² en 2000. Esto corresponde a una TAC de - 4,44% o la pérdida de 4,44 hectáreas por cada 100 hectáreas en un período de 14 años.

Entonces, observando el crecimiento en área de las clases de pasto, se permite la conclusión que el bosque latifoliado abierto ha sido transformado a pastos, lo que corresponde al observado proceso de avance de la frontera agrícola, el crecimiento del hato ganadero y por ende, a la producción agropecuaria característica para el Departamento de Chontales. Las otras clases de uso de suelo que contribuyen entre 1986 hasta 2000 al crecimiento de los pastos hasta un total de 360.29 km², son en primer instancia el bosque cerrado, vegetación arbustiva y suelos con maleza compactada.

Durante el período de 2000 y 2013 el cambio de uso de suelo pierde su dinámica comparado con los catorce años anteriores. El poco bosque cerrado que aún quedó en 2000 se reduce por unos 7.15 km², con una tasa anual de cambio de -3.33%. El bosque latifoliado abierto se reduce aun ligeramente por unos 0.9 km² a un restante de área en 2013, de 24.52 km².

A partir de 2000, con la desaparición de las áreas de bosque abierto y cerrado, se establece una dinámica de conversión de pastos con árboles, vegetación arbustiva y pastos mejorados hacia la clase "maleza compactada" y "pasto más maleza", lo que puede ser interpretado como una degradación paulatina de los suelos pastoreados.

Se observa además una dinámica muy moderada en los cultivos de arroz: entre 2000 y 2013 se reduce el área cultivada en unos 0.9 km², después de una fase de ampliación del área cultivada entre 1986 y 2000 por casi 6 km².

En resumen, los estudios de INETER (2010) y de Mendoza (2013) revelan datos similares en cuanto al área ocupada por las diferentes clases de pastos en la Subcuenca Mayales: INETER llega a un 94.25% de área ocupada por la actividad ganadera y Mendoza establece un área de 88.29%. Es importante señalar entonces que la actividad ganadera ha impactado de forma significativa en el área de la Subcuenca con impactos ambientales mayormente negativos tal como compactación de suelos y por ende, una reducida capacidad de absorción de las lluvias, mayor exposición del suelo a procesos erosivos, reducción de la biodiversidad en general y pérdida del efecto de intercepción en los diferentes estratos de un bosque natural.

A pesar que durante la época lluviosa el paisaje en general de la Subcuenca tiene un aspecto pintoresco de un ambiente sano con un color verde intenso, este paisaje vuelve a transformarse en el período seco (enero a abril), donde el ambiente de la Subcuenca cambia de forma dramática y el área tiene un aspecto desértico con un clima muy cálido y opresivo. Dicho período resulta en una sentida escasez de agua, lo cual provoca que los grandes ganaderos trasladen el ganado a sus fincas ubicadas en áreas del Atlántico Sur y Norte. Estas regiones tienen condiciones más húmedas y permiten al ganadero practicar una especie de trashumancia para evitar la muerte por deshidratación de su ganado.

1.1.4.3. Uso de suelo y cambio climático

El cambio del uso de los suelos en la cuenca, está comprobado por el análisis multitemporal, cuyos resultados fueron discutidos en los capítulos anteriores. Por sí mismos, estos cambios del uso provocarán y provoca desde ya, una degradación de la vegetación y en consecuencia, los suelos pierden su capacidad de retención de agua y son víctimas de la erosión. Los impactos a medio y largo plazo, con respecto a los recursos hídricos, son variados y graves. Se cambia la dinámica de la escorrentía y de la infiltración, y las aguas superficiales pierden su calidad por la turbidez provocada por la erosión. Este escenario va a desarrollarse independiente de cualquier influencia climática.

Hay que señalar que todavía no se sabe si el cambio climático provocará en la Subcuenca Mayales una subida o una disminución de pluviosidad y/o también un aumento de los eventos climáticos extremos. El promedio de la pluviosidad de los pasados 50 años muestra una tendencia creciente. En este caso, se tiene que contar con más episodios de fuertes lluvias. En este escenario, el cambio climático aumentaría los efectos negativos provocados por la degradación de la vegetación y del suelo.

- 💧 *En sólo 14 años (1986-2000) se perdió casi por completo el bosque latifoliado abierto (1986: 180 km²; 2000: 25.4 km²) para una tasa anual de deforestación de 13.05%; en la fase siguiente (2000-2013) la tasa de deforestación bajó hasta 0.28%.*
- 💧 *El bosque latifoliado abierto ha sido transformado a pastos. A partir de 2000, se establece una dinámica creciente de conversión de pastos con árboles, vegetación arbustiva y pastos mejorados hacia la clase "maleza compactada" y "pasto más maleza", lo que puede ser interpretado como una degradación paulatina de los suelos pastoreados.*
- 💧 *En el futuro escenario climático más probable (tendencia creciente de pluviosidad y episodios más frecuentes de fuertes lluvias alternando con fases secas), el cambio climático aumenta los efectos negativos provocados por la degradación de la vegetación y del suelo.*

1.2. Características administrativas y demográficas

Disponer de datos confiables sobre los cambios dinámicos en el crecimiento o decrecimiento de la población humana en el territorio de la Subcuenca Mayales es esencial para poder estimar con un cierto rango de confiabilidad la demanda de agua para consumo humano y de tal forma contribuir a establecer el balance hídrico.

Con el objetivo de disponer de datos confiables, se analizaron los informes del INIDE 2006 y los datos estadísticos de los tres municipios que las mismas autoridades municipales suministraron en base a levantamientos propios. Desde 2005 no se ha generado otro levantamiento oficial del estado de Nicaragua para actualizar los datos de este último censo.

Para la estimación confiable de datos poblacionales de una cuenca o sub-cuenca se necesita realizar un análisis cuidadoso de los límites comarcales (límites políticos - administrativos oficiales) del área de estudio, puesto que estos límites normalmente no coinciden con la divisoria de la cuenca. Por ende, se debe tener cuidado en contabilizar solamente la población del municipio que vive dentro de los límites naturales de la Subcuenca (**Ver Mapa No.11**).

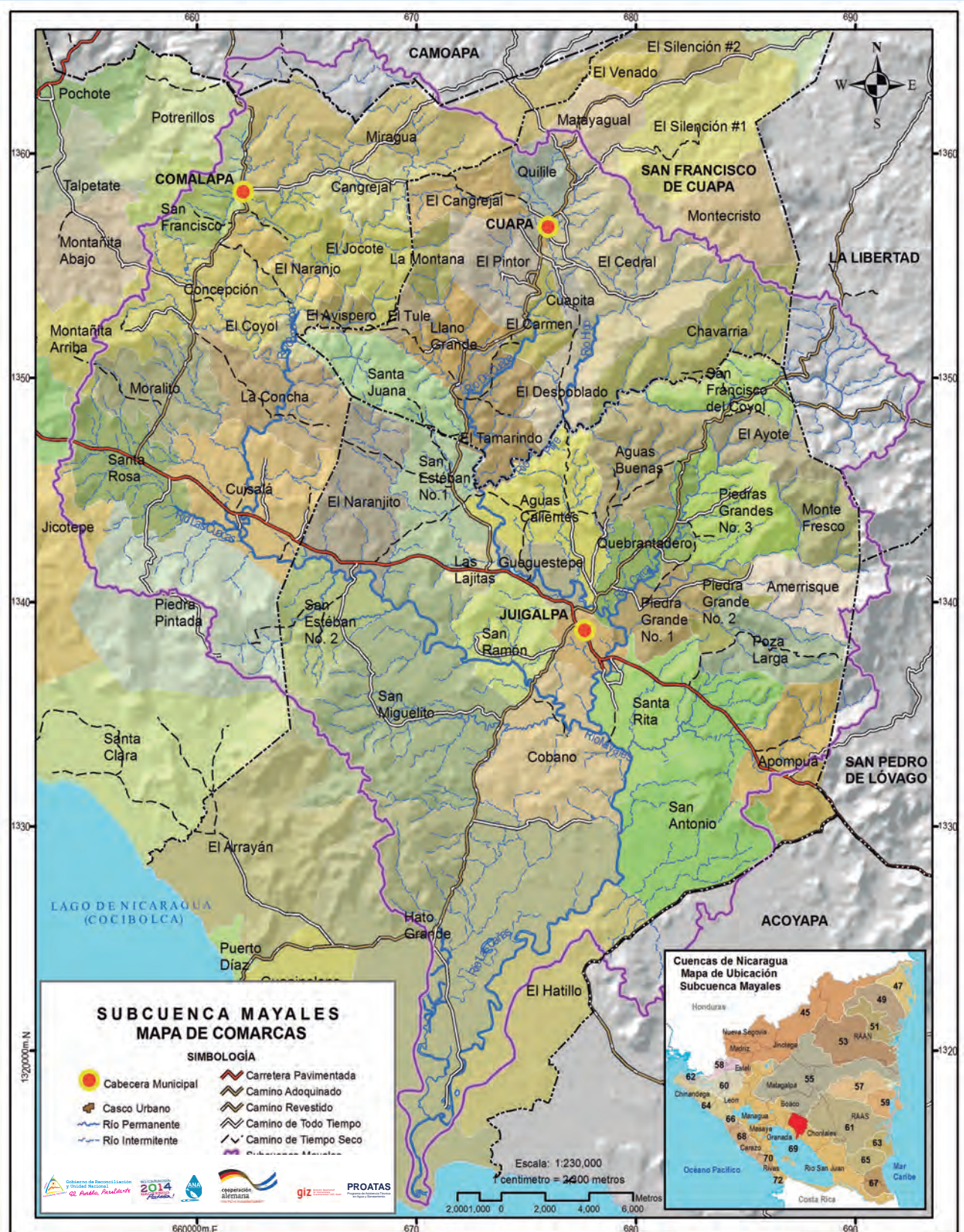
Esta tarea suele ser un poco complicada porque los datos del INIDE y de las encuestas propias de las alcaldías, se levantan a nivel de los límites políticos - administrativos oficiales y se sub-clasifican en parte urbana y rural. En el caso de levantamientos propios de los municipios a nivel de las comarcas, es decir sub-unidades territoriales, éstas son definidas por las Alcaldías para administrar y atender a su población.

En los mapas oficiales de INETER no figuran estas sub-divisiones internas de los municipios y en cierta forma son límites imaginarios establecidos solamente para fines administrativos propios de las Alcaldías. Existen sin embargo casos en Nicaragua que por solicitud de las municipalidades, el INETER ha apoyado en demarcar los límites comarcales a base de trabajo de campo para la geo-referenciación de los mismos.

En el marco de este diagnóstico, se ha recurrido al apoyo de los sistemas de información geográfica de la ANA y otras instituciones, con el propósito de traslapar los límites naturales de la cuenca con los límites municipales y los límites de las comarcas. Ésto con el objetivo de seleccionar solamente las comarcas y sus respectivos habitantes que caen dentro de la Subcuenca Mayales. Los límites comarcales fueron proporcionados por las unidades de catastro (Cuapa y Comalapa) y el SIG de la unidad de planificación (Juigalpa). Este procedimiento solamente se aplicó a los datos poblacionales manejados por las Alcaldías para el año 2013, debido al hecho que solamente contamos con los datos poblacionales por comarca para ese año. Ésto permitió disponer de una base estadística confiable en cuanto a la proyección de la población entre 2013 hasta 2023.

En el **Mapa No.11**, se presentan los límites comarcales con los respectivos nombres de las comarcas, los límites de la Subcuenca Mayales y los límites municipales.

Mapa No. 11:
Comarcas de la subcuenca Mayales



En los casos donde las comarcas fueron divididas por los límites naturales de la Subcuenca, se optó por contar solamente la mitad de la población contabilizada por las Alcaldías para dicha comarca. Es un método rápido y poco eficiente, pero en vista del poco peso que tiene en el área rural la población en relación con las partes urbanas, parece ser un enfoque pragmático que no produce grandes errores.

Otra opción hubiera sido calcular la proporción del terreno (comarca) dentro de la Subcuenca y aplicar según esta proporción territorial, el número de habitantes del total contabilizado. Un cálculo exacto de la población de las comarcas divididas por los límites de la Subcuenca, requería un levantamiento de campo propio con un cierto nivel de complejidad.

Parte del proceso de estimación de la población incluyó un análisis de información político administrativa de la Subcuenca, con el objetivo de determinar la participación municipal y departamental en dicha área. INETER (2010), propuso en una tabla los datos más importantes de porcentaje municipal dentro de la Subcuenca. Para efectos de este estudio dicha tabla fue adaptada con datos actualizados de INIFOM y SIG ANA 2013. En esta actualización de datos se incluyó el área protegida Los Amerriques y se calculó su porcentaje dentro de la Subcuenca.

La **Tabla No.5** muestra el porcentaje de los municipios dentro de la Subcuenca. Cada municipio se encuentra subdividido de acuerdo al departamento donde se localizan. La mayor participación corresponde a los municipios de Juigalpa, Comalapa y San Francisco de Cuapa, que pertenecen al Departamento de Chontales y cubren el 93.77% del área total de la Subcuenca. Otros municipios como La Libertad y San Pedro de Lóvago, también tienen una menor intervención dentro de la cuenca y estos 5 municipios cubren el 98.58% de la cuenca. Otra área de importancia corresponde al Área Protegida Los Amerisque con una extensión total de 156.59 Km² dentro de la cuenca, que cubre principalmente el Municipio de San Francisco de Cuapa.

Tabla No.5:
Porcentaje municipal en la Subcuenca Mayales

Subcuenca Mayales					
Participación Municipal y Departamental en Subcuenca					
	Área total en Km ²	En Subcuenca en Km ²	ha	mz	% del área en Subcuenca
Departamento Chontales		1,038.9	103,890	148,414.29	98.58
Juigalpa	726.75	543.8	54,380	77,685.71	51.6
Comalapa	643.86	266.09	26,609	38,012.86	25.25
Cuapa	277	178.3	17,830	25,471	16.92
La Libertad	32.58	32.58	3,258	4,654.29	3.09
San Pedro de Lóvago	18.13	18.13	1,813	2,590	1.72
Departamento Boaco	14.98	14.98	1,498	2,140	1.42
Camoapa	14.98	14.98	1,498	2,140	1.42
AP "Los Amerrisques"	193.68	156.59	15,658.96	20,814	14.86%
Subcuenca RÍO MAYALES		1,053.98	1,053.88	150,554.29	100.00
Tabla adaptado de INETER 2010 e INIFOM y completado con datos del SIG ANA 2013					

En la **tabla No.6** se presentan de forma sintetizada las informaciones recabadas de las fuentes INIDE 2006 y de los Gobiernos Municipales. Para el cálculo de la proyección del crecimiento de la población se aplicó la formula genérica usada también por INIDE:

$$P_f = P_i (R \times t_f - i)$$

$$R = 1 / t_f - i \times \ln (P_f / P_i)$$

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)

Tabla No.6:
Crecimiento poblacional de la Subcuenca Mayales

Municipios	INIDE Población 1995	INIDE Población 2005	Población 2013 (Datos propios Alcaldías)	Tasa crecimiento R 1995-2005	Tasa crecimiento R 2005-2013	Proyección 2013-2023
Juigalpa TOTAL Municipio	50,791	51,838	72,655	0.00204	0.0422	84,225
Tasa de crecimiento en %				0.20%	4.22%	
Juigalpa urbano			59,216			68,646
Juigalpa rural (sólo Subcuenca)			10,954			12,698
Total Juigalpa Rural y urbano sólo Comarcas Subcuenca			70,170	Promedio R	0.0148	81,344
Comalapa TOTAL Municipio	10,940	11,785	14,388	0.00744	0.024946	16,679
Tasa de crecimiento en %				0.74%	2.49%	
Comalapa Urbano			1,476			1,711
Comalapa Rural (sólo Subcuenca)			4,285			4,967
Total Comalapa Rural y urbano sólo Comarcas Subcuenca			5,761	Promedio R	0.0148	6,678
Cuapa TOTAL Municipio		5,507	5,951	No data	0.0097	6,899
Tasa de crecimiento en %					0.97%	
Cuapa Urbano			2,513			2,913
Cuapa Rural (sólo Subcuenca)			1,655			1,919
Total Rural y urbano sólo Comarcas Subcuenca			4,168	Promedio R	0.0148	4,832
Total municipios con todas comarcas	61,731	69,130	92,994	Promedio R	0.0148	107,803
Tasa de crecimiento en %					1.48%	
Total Rural y Urbanos in Juigalpa urbano y sólo comarcas subcuenca			20,883		0.0148	24,209
Total Rural y Urbano sólo con Comarcas Subcuenca Mayales			80,099		0.0148	92,854
Chontales	144,635	153,932	No data	0.00623		
Tasa de crecimiento en %				0.62%		

Del análisis de los datos poblacionales por Alcaldía de 2005 a 2013 y las proyecciones de 2013 a 2023, resalta que la población que se encuentra dentro de la Subcuenca Mayales es de aproximadamente 80,000 habitantes y dividida entre las municipalidades de Juigalpa, Comalapa y Cuapa. La gran mayoría (70,000) son de Juigalpa cuyo casco urbano ascienden a 59,000 habitantes.

El Municipio de Juigalpa ha sido caracterizado por una tasa de crecimiento significativamente más alta en comparación con Cuapa y Comalapa. Después de una tasa de crecimiento de solamente 0.2% entre 1995 y 2005, Juigalpa acelera su crecimiento entre 2005 a 2013 a una tasa de 4.22%. Este fenómeno también se muestra en el análisis multitemporal de las imágenes satelitales (**Véase sección 1.1.4.1**) de 2000 con la de 2013, en cuyo período el casco urbano de Juigalpa crece aproximadamente 3 km².

Las tasas de crecimiento de Comalapa y Cuapa son mucho más moderadas con un 0.97% para Cuapa y solo un 0.74% observada en el Municipio de Comalapa. Este comportamiento de las tasas de crecimiento de los municipios en la parte rural y de la sub-cuenca en su parte media y alta se debe a un fenómeno de emigración de habitantes hacia las partes urbanas en la cuenca baja, y/o una migración temporal de parte de la población por asuntos laborales hacia Costa Rica u otros países.

Para el cálculo del crecimiento poblacional proyectado, se tomó la decisión de promediar las tasas de crecimiento de las tres alcaldías, resultando en una tasa promedio de 1.48%. Esto posiblemente podría resultar en una ligera subestimación de la población total, debido al hecho que muy probablemente el Municipio de Juigalpa seguirá creciendo por encima de la tasa promedio de 1.48%. Sin embargo, para no caer en especulaciones se tomó la decisión de calcular con el promedio y queda a opción de los investigadores utilizar una tasa de crecimiento para Juigalpa urbano encima de este valor.

Finalmente, cabe señalar que en este cálculo no se tomó en cuenta la población en la parte territorial de los Municipios de La Libertad y de Acoyapa, que traslapan con la Subcuenca en la parte este y noreste, ya que los porcentajes de las comarcas pertenecientes a estos dos municipios no son representativas dentro del área de estudio.

- 💧 La Subcuenca Mayales tiene una población actual de 80,000 habitantes dividida entre las municipalidades de Juigalpa, Comalapa y Cuapa.**
- 💧 La gran mayoría (70,000) son de Juigalpa cuyo casco urbano ascienden a 59,000 habitantes.**
- 💧 Considerando un promedio de tasa de crecimiento de 1.48% entre 2013 y 2023 se puede pronosticar una población de 93,000 habitantes en 2023.**

2. Datos Meteorológicos

Las condiciones climáticas de la Subcuenca están definidas por las variables meteorológicas, las cuales juegan un rol de gran importancia en la caracterización del comportamiento meteorológico que acontece dentro de su área; para fines temáticos de este diagnóstico, se realiza el análisis del comportamiento de las principales variables meteorológicas, las cuales son descritas a continuación.

2.1. Precipitación

Este análisis, toma como referencia la base de la serie de datos de precipitación correspondiente al período comprendido entre el año 1970 al 2011, para las estaciones con influencia dentro de la Subcuenca (**Anexo No.3**). Dicho comportamiento fue ponderado en base al área de influencia aplicando el método de Thiessen, teniendo como resultado una precipitación media anual de 1,398 mm y distribuido a nivel mensual, siendo el mes de septiembre el de mayor acumulado de precipitaciones, y la estación seca marcada entre los meses de diciembre a abril. Los siguientes gráficos muestran la distribución areal y el comportamiento de esta variable dentro de la Subcuenca (**Gráficos No.1, 2 y 3**).

Gráfico No.1:

Precipitación media mensual no ponderada dentro de la Subcuenca (estaciones con influencia en la subcuenca, ver nombres abajo)

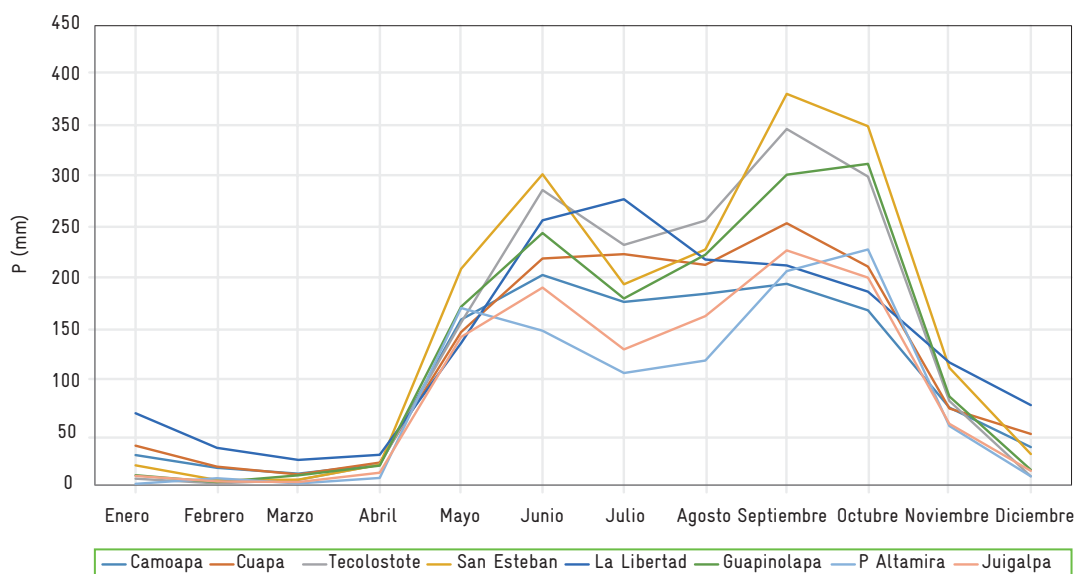
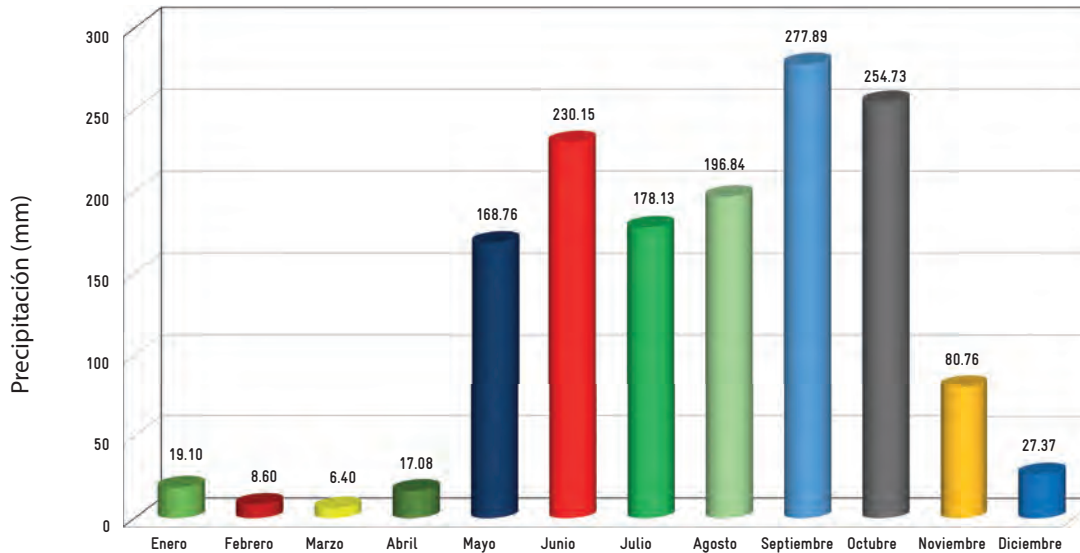
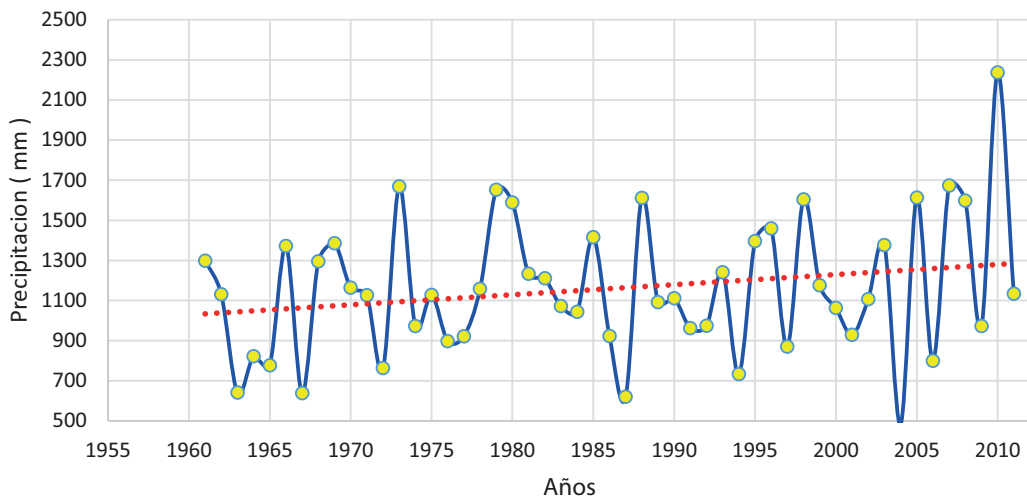


Gráfico No.2:
Precipitación media mensual Subcuenca Mayales



El análisis multianual de precipitación en la estación de Juigalpa muestra una tendencia muy interesante (**Gráfica No.3**), la cual demuestra que estamos en presencia de un verdadero cambio en el régimen de precipitaciones con tendencia ascendente. La precipitación media anual subió de 1,050 mm en la década de los años 60 hasta 1,300 mm en el año 2011.

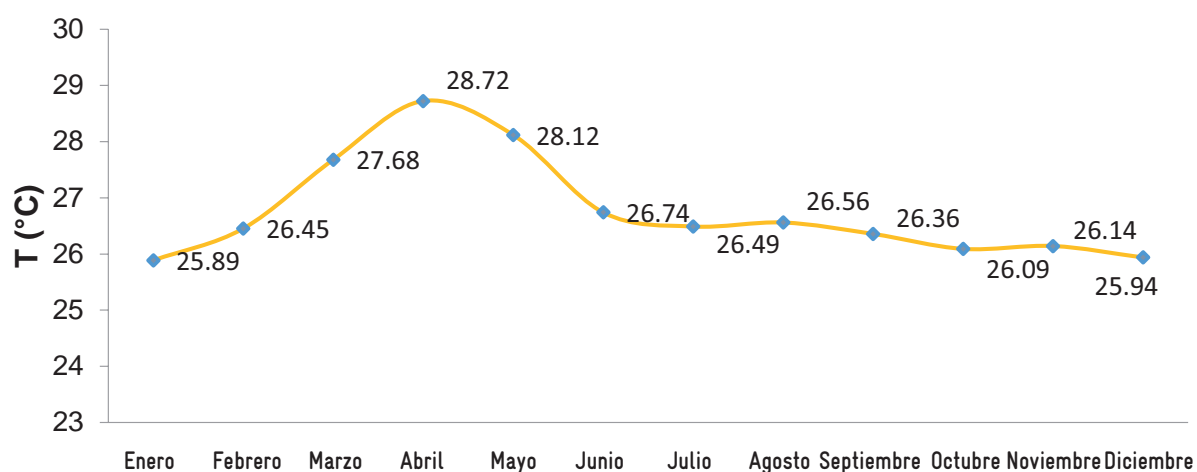
Gráfico No.3:
Precipitación en la estación de Juigalpa
(INETER 1961-2011)



2.2. Temperatura

La temperatura se obtuvo a partir de las estaciones que miden esta variable, para este caso se usó la serie de datos correspondiente a las estaciones de Juigalpa, La Libertad y Guapinolapa. De igual forma a nivel ponderado en base a su área de influencia, a partir de esto se obtuvo que la temperatura promedio anual dentro de la Subcuenca es de 26.8 °C, y distribuida como se muestra en la siguiente gráfica.

Gráfico No.4:
Temperatura media mensual Subcuenca Mayales



2.3. Evapotranspiración

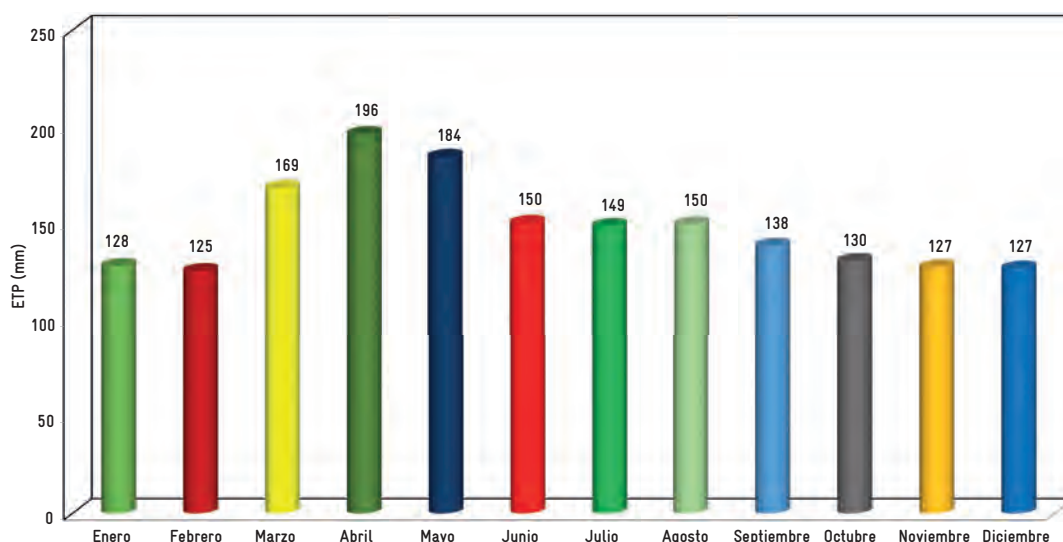
De acuerdo a los valores calculados por el INETER (Dirección General de Meteorología), para un período comprendido entre el año 2005 al 2011, los valores de ETP (mm) corresponden a los mostrados en la siguiente tabla.

**Tabla No.7:
Evapotranspiración Potencial Subcuenca Mayales**

Estación: JUIGALPA (Período: 2005 - 2011)												
Latitud: 12° 06´ 00" Longitud: 85° 02´ 00"						Altitud: 90 msnm						
Enero	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
128	125	169	196	184	150	149	150	138	130	127	127	1,774

La evapotranspiración real (ET_{real}) es claramente más baja y tiene un valor de 786 mm (año medio), 730 mm (año seco) y 898 mm (año lluvioso). En el cálculo del balance hídrico se considera exclusivamente la evapotranspiración real.

**Gráfico No.5:
Evapotranspiración Potencial Subcuenca Mayales**



Como se puede apreciar en el gráfico, los valores de ETP obtienen su máxima expresión en el período mensual de marzo a mayo. Sin embargo, al comparar el valor máximo que ocurre en el mes de abril, este guarda relación con el déficit de lluvia existente, lo cual es indicativo que este mes es el crítico del año en cuanto al déficit de agua dentro de la cuenca.

- 💧 **La precipitación media anual en la Subcuenca Mayales subió de 1050 mm en la década del 60 a 1300 mm en el año 2011.**
- 💧 **La evapotranspiración real (ET_{real}) asciende a 786 (año medio), 730 mm (año seco) y 898 mm (año lluvioso). En el cálculo del balance hídrico se considera exclusivamente la evapotranspiración real.**

3. Agua Superficial

3.1. Red hidrológica

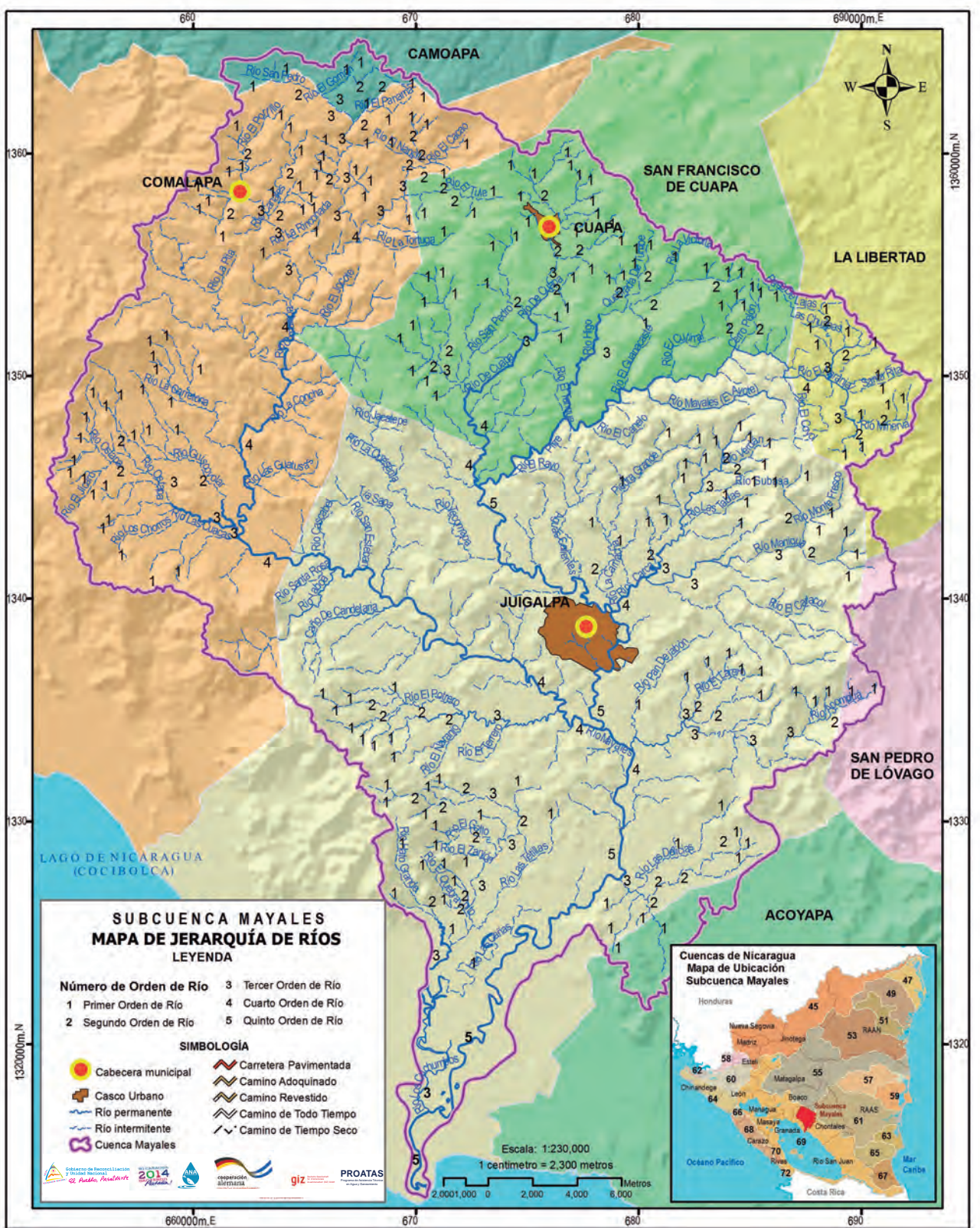
Una de las características de la Subcuenca es la densidad de drenaje, la cual corresponde a 1.18 km de cauce por cada km². Esta densidad se ve reflejada en la clasificación del orden de río que posee, siendo de orden 5 (**Ver Mapa No.12**). También indica que la Subcuenca posee una importante red de drenaje que incide directamente en el tránsito de caudales que escurren en todos sus afluentes, desde los ríos primarios o de orden uno hasta su cauce principal, logrando con ello la evacuación rápida de los mismos (**Foto 6**).



Foto 6: Río Cuisalá

El **Mapa No.12**, muestra la distribución del drenaje y el orden hidrológico de los ríos de acuerdo con la clasificación "Strahler" (Arthur Newell Strahler (1952, 1957)). Según el mapa el orden de predominancia es 1, sin embargo, los ríos más importantes según su densidad y tamaño corresponde al orden 5.

Mapa No. 12:
Jerarquía de ríos

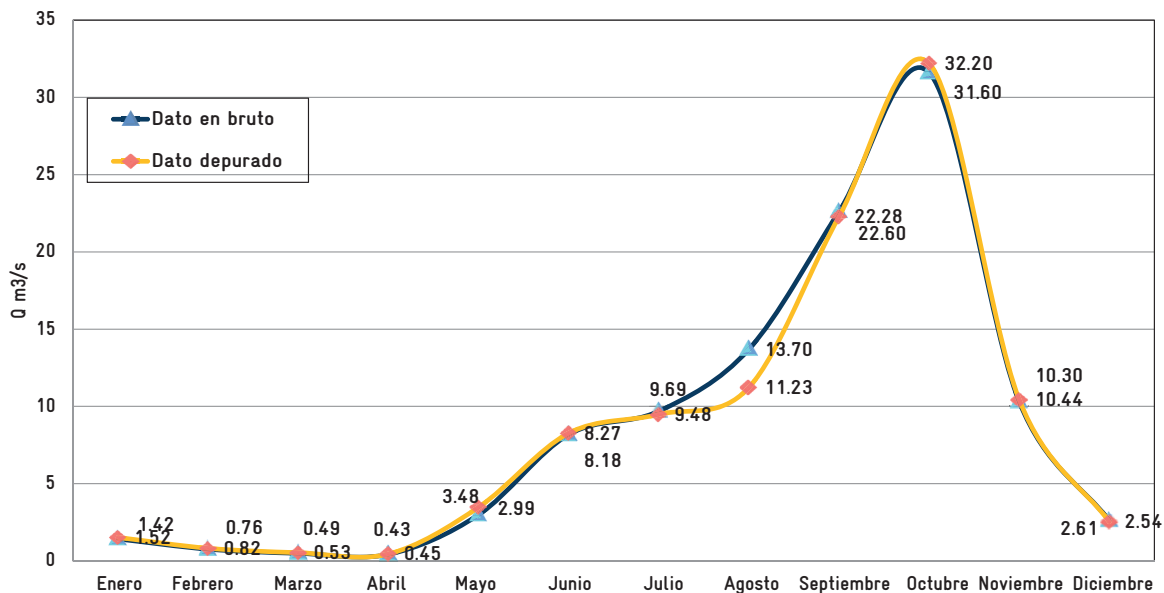


3.2. Estado actual cuantitativo y cualitativo

3.2.1. Estado actual cuantitativo

La estación hidrométrica Mayales en el Jicaral posee registro de caudales medios mensuales para el período 1970 al 2012 cuya distribución se muestra a continuación (Ver Anexo 3.1).

Gráfico No.6:
Distribución del caudal medio mensual en la Subcuenca del Río Mayales (Serie 1970-2012)



Como se observa en el gráfico, la subcuenca comienza su producción de agua superficial a partir del mes de mayo, guardando relación con el inicio del período lluvioso. A partir de este momento y en correspondencia con la precipitación distribuida dentro de la subcuenca, se da el aumento de los caudales en el tiempo, hasta llegar a obtener los valores máximos promedios que corresponden a 22.28 y 31.06 m³/s. Esta ocurrencia máxima se presenta en los meses de septiembre y octubre; estos períodos pueden ser los de mayor aprovechamiento de escorrentía superficial por parte de los diferentes usos dentro de la Subcuenca. La media mensual de los caudales del Río Mayales entre 1970 y 2011 es 8.6 m³/s que corresponde a 271.2 millones m³ por año. Así mismo, el análisis de los valores de caudales promedios anuales, agrupados de acuerdo a los regímenes de pluviosidad, tienen los siguientes

Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Subcuenca Mayales

valores: para los años, secos 6.4 m³/s (202 MMC/A), medios 10.3 m³/s (325 MMC/A) y lluviosos 14.9 m³/s (470 MMC/A).

Es importante citar que el Lago Cocibolca tiene una influencia directa en la parte baja de la Subcuenca (**Foto 7**). Esta influencia puede estar marcada en el comportamiento del flujo; el cual producto del oleaje, el aumento de nivel y el efecto hidrodinámico del mismo, provoca efectos de remanso en el tramo de río ubicado en la salida de la Subcuenca; lo que a su vez consigue el incremento de niveles del río dentro del mismo. Esta situación puede provocar inundaciones al momento de generarse caudales máximos producto de fenómenos meteorológicos extremos.

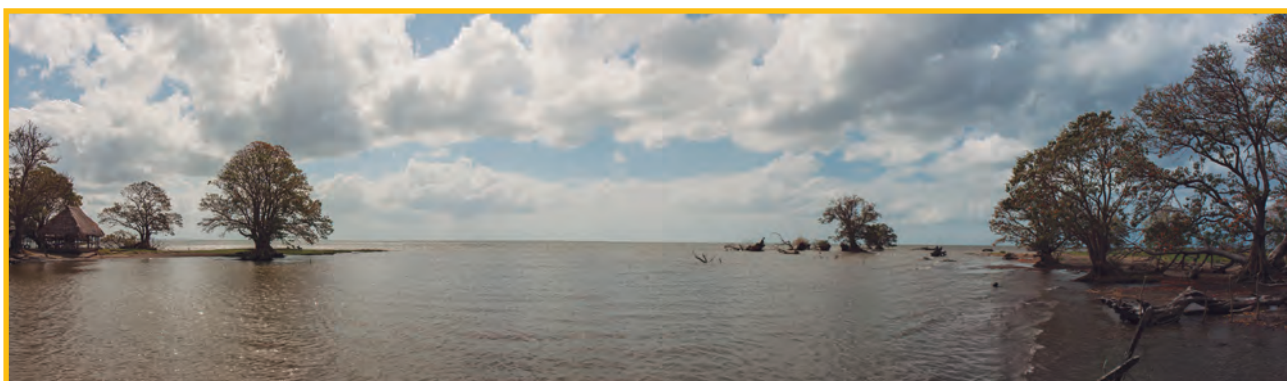
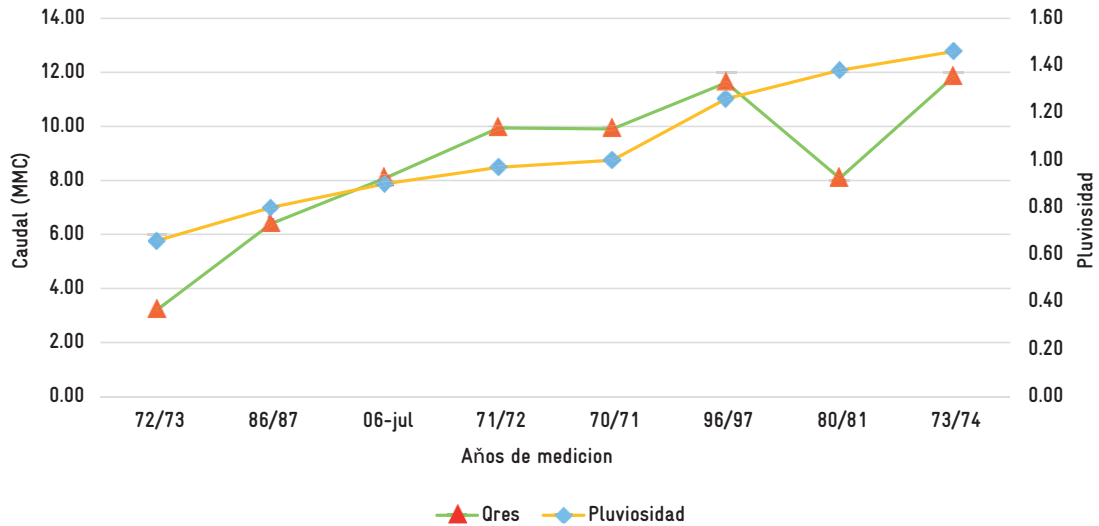


Foto 7: Zona de confluencia entre río Mayales y Lago Cocibolca

La pérdida casi completa de la cobertura de bosques, con su facultad amortiguadora sobre el agua superficial, ha cambiado profundamente el régimen de escorrentías en la estación lluviosa. Las mediciones en la estación de aforo de Juigalpa (INETER) han sido registradas desde 1970 hasta 2008 y demuestran claramente que la frecuencia de crecidas es cada vez más frecuente y por ende su caudal es cada vez más alto. Este fenómeno es acompañado por un aumento de la erosión.

En la gráfica (7), se muestra el comportamiento del flujo base del Río Mayales, también llamado caudal residual, y de la pluviosidad de la estación meteorológica de Juigalpa para diferentes años dentro de un ciclo hidrológico. Existe una relación entre el comportamiento del caudal residual con respecto a la pluviosidad, ya que cuando la precipitación del año anterior ha sido significativamente más baja que la precipitación anual para un año de pluviosidad media, el Río Mayales se seca. Cuando el año anterior fue muy lluvioso, el caudal del río se mantuvo hasta que las primeras lluvias provocaban nuevamente la escorrentía superficial.

Gráfico No.7:
Comportamiento de caudales residuales * del Río Mayales versus
pluviosidad **



* Caudal residual o flujo base = recarga de los acuíferos aguas arriba de la estación de aforo durante un año.

** La Pluviosidad es el cociente entre la precipitación anual y medio anual

- El promedio de caudal del Río Mayales entre 1970 y 2011 es 8.6 m³/s que corresponde a 271.2 MMC/A.**
- De acuerdo con el régimen de pluviosidad los promedios de caudales se representan de forma siguiente:**
En los años medios: 10.3 m³/s (=325 MMC/A)
En los años secos: 6.4 m³/s (= 202 MMC/A)
En los años lluviosos: 14.9 m³/s (= 479 MMC/A).
- Independiente del régimen de pluviosidad los afluentes del Río Mayales, especialmente en la parte alta de la cuenca, pueden quedar temporalmente secos.**
- La pérdida casi completa de la cobertura de bosque húmedo con su facultad amortiguadora sobre el agua superficial ha cambiado profundamente el régimen de escorrentías en la estación lluviosa. Las mediciones en la estación de aforo de Juigalpa (INETER) han sido registradas desde 1970 hasta 2008 y demuestran claramente que la frecuencia de crecidas es cada vez más frecuente y por ende su caudal es cada vez más alto. Este fenómeno es acompañado por un aumento de la erosión.**

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

La calidad de las aguas superficiales en la Subcuenca Mayales 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 la Subcuenca.

La determinación del estado cualitativo de las aguas superficiales de la Subcuenca Mayales, fue realizada por el laboratorio PIENSA - UNI³ a través de un muestreo químico de 21 sitios en noviembre del 2012. Posteriormente el laboratorio CIRA - UNAN⁴ hizo un segundo y tercer muestreo en 5 sitios en abril y otros 27 puntos en noviembre del 2013. Las tres campañas de muestreos fueron levantadas en diferentes fechas con el objetivo de determinar posibles cambios químicos en las aguas superficiales durante un ciclo hidrológico.

En todos los sitios, se tomaron muestras para análisis de diferentes parámetros químicos (**Foto 8 y 9**). Para las dos primeras campañas 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 (**Anexo 4.2**).

También se analizaron 26 muestras de carga bacteriológica, así como demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO). Mientras que para análisis de contaminantes pesados y plaguicidas sólo fueron considerados 9 sitios de muestreo. En el último muestreo se consideraron los mismos sitios del primer y segundo muestreo para análisis químico, bacteriológico y aguas residuales. También se analizó un sitio para plaguicidas.



Foto 8: Levantamiento de muestras de agua superficial para análisis químico.



Foto 9: Muestra química para análisis bacteriológico.

³ Programa de Investigación Estudios Nacionales y Servicios Ambientales, Universidad Nacional de Ingeniería.

⁴ Centro de Investigaciones de Recursos Acuáticos, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

Para la interpretación de los análisis bacteriológicos y de la demanda bioquímica del oxígeno, se utilizó una clasificación basadas en 4 diferentes grados de contaminación y diferentes tipos de calidades. Esta clasificación fue utilizada para el análisis de los recursos hídricos en otros países tales como México e incluido en el "Diagnóstico Hídrico de las Américas" (FCCyT⁵, 2012)

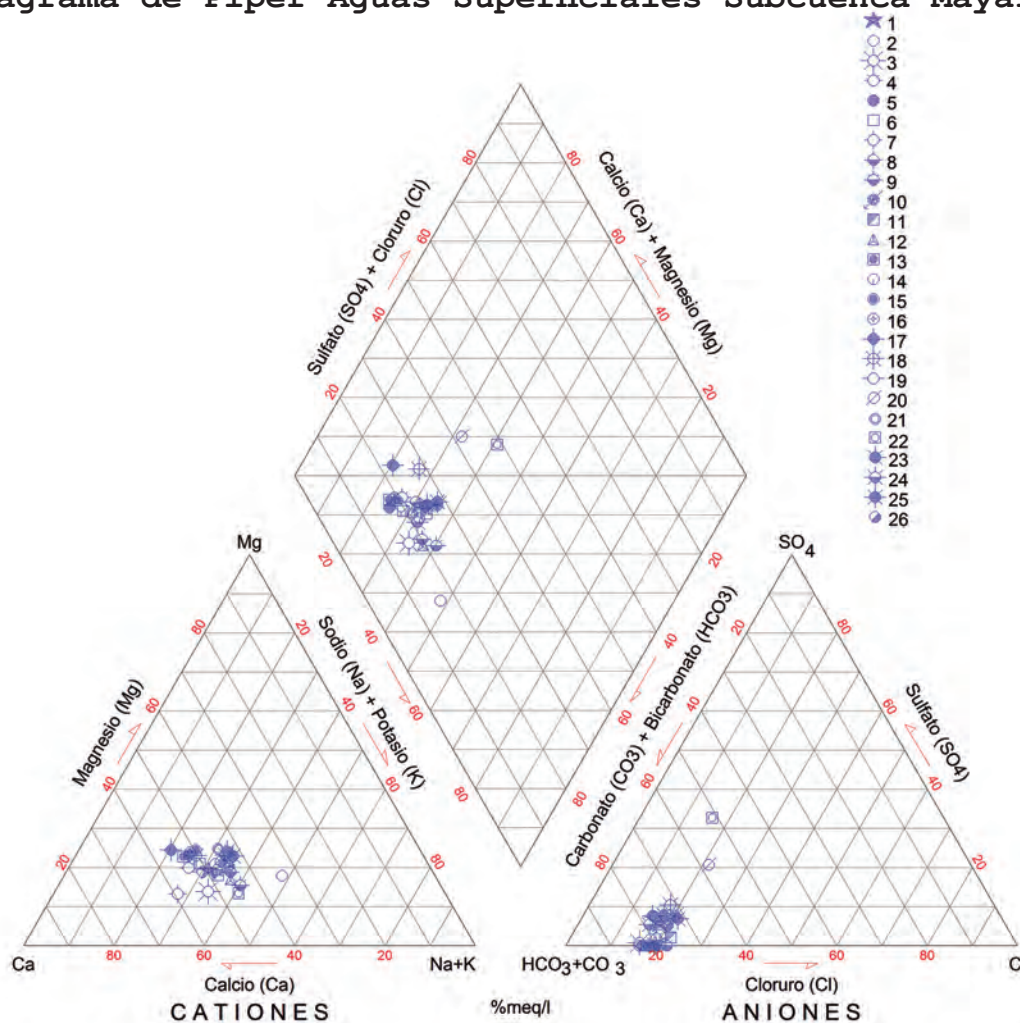
3.2.2.1. Análisis Físico - Químicos

3.2.2.1.1. Carácter hidroquímico del agua superficial

Se determinó el perfil hidroquímico de las aguas a través del contenido de los iones mayores disueltos en el agua (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^-).

Figura No.8:

Diagrama de Piper Aguas Superficiales Subcuenca Mayales



⁵ Foro Consultivo Científico y Tecnológico

El diagrama Piper muestra la composición química de las aguas superficiales en la Subcuenca Mayales, la cual consiste en el tipo bicarbonatada-cálcica-magnésica correspondiente a aguas de ciclo corto. Los resultados completos de todos los análisis físico - químicos realizados en la Subcuenca se muestran en **Anexo 4.3**.

3.2.2.1.2. Parámetros físico - químicos

El análisis de los parámetros físicos químicos de las aguas superficiales proporciona información sobre la calidad química natural de las aguas. Estos análisis también se realizan para determinar algunos valores importantes de potabilidad de las aguas, basados en parámetros 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 no mostraron cambios significativos entre los dos períodos de medición, 7.95 y 8.57 en noviembre 2012 y para noviembre 2013 entre 7.71 y 8.46. La conductividad eléctrica reflejó valores entre 247 y 867 ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) para el primer muestreo y valores entre 210- 690 ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) para el tercer muestreo (**Anexo 4.2**)

La temperatura de las aguas superficiales de la Subcuenca tiene un rango variable de 22.9 y 32.5°C en noviembre 2012 y valores similares en el año siguiente (25.6-29.5°C). En ambas fechas, los valores más bajos de temperatura se encuentran localizados en Cuapa (sitio 10 y 27) y el valor más alto en Río Mayales (**Anexo 4.1 y 4.2**).

El muestreo que presentó las mayores temperaturas de agua superficial fue el de Noviembre 2012, con valor máximo de 32.5°C y un mínimo de 22.9°C. En noviembre 2013 el valor mínimo fue 25.6 y el máximo 29.5°C. Los resultados de SDT se encuentran entre los 279 y 582 mg/L, por debajo de los valores máximos permisibles. Los valores de sólidos disueltos totales para noviembre 2013 fueron más bajos que en noviembre 2012 con un rango entre 148.05 y 472.73 mg/L. Los análisis de nitratos y nitritos indicaron valores por debajo de los máximos permisibles, siendo para los nitratos valores de 1.21 a 1.78 mg/L y para los nitritos 0.007-0.486 mg/L.

La turbidez medida en noviembre del 2012, es el único parámetro que presentó valores altos en algunos sitios de muestreo. Si bien la mayoría de los puntos analizados (17 de 26) se encuentran con valores entre 0.076 y 4.39 UNT (unidades de turbidez nefelométricas) por debajo del máximo permisible (5 UNT)*. Existen 4 lugares del primer muestreo (noviembre 2012) que indican resultados variables (5.67-9.67 UNT).

Estos resultados corresponden a los sitios 15 (Río Carca), 16 (naciente Río Pirré), 17 (cerca del empalme carretera Juigalpa-Cuapa) y 19 (confluencia Río Cuapa y Pirré - inicio de Río Mayales) (**Anexo 4.1**). Los cinco sitios muestreados (sitios del 22 al 26) en abril 2013 tienen valores entre 10.5 y 32.4 UNT. Todos estos lugares analizados se encuentran en la ciudad de Juigalpa y sus alrededores.

En las mediciones de noviembre 2013, 16 de los 27 puntos tienen valores de turbidez por encima del máximo permisible con datos más altos que en noviembre 2012, el rango es entre 7.5 y 198 UNT. Los resultados entre ambos muestreados varían considerablemente y esto puede deberse en parte a las condiciones de muestra utilizados por cada laboratorio.

Las altas tasas de deforestación en la partes media y alta de la cuenca entre los años 1986 y 2013 han provocado erosión de suelos y por ende se detectan altos valores de turbidez y sedimentación de las aguas superficiales.

3.2.2.1.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno:

En el muestreo de noviembre 2012, se analizaron 26 puntos que incluyeron dos parámetros principales: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y Demanda química de oxígeno (DQO). La mayoría de los resultados (25 de 26) demuestran aguas de buena calidad con valores menos a 20 mg/L (**Mapa No.13**). Un sitio cercano a la ciudad de Comalapa indica valores mayores a 20 mg/l, más específicamente, resultó en 25.6 mg/l, que de acuerdo a la clasificación equivale a una calidad aceptable.

En el segundo muestreo de noviembre 2013, se analizaron 21 sitios donde se obtuvo una mejor calidad del agua con respecto al DBO, en comparación con el primer muestreo (**Mapa No.13**). De los 21 puntos, solo un punto tiene calidad aceptable, también se muestran mejores resultados con buena calidad de agua en las confluencias del Río Pirré y Cuapa y confluencias de Río Cuisalá y Mayales, así como la desembocadura del Río Mayales. En todos estos sitios, durante el primer análisis, se obtuvo una calidad aceptable. Estos bajos valores de DBO pueden deberse a la circulación de las aguas de los ríos durante la época lluviosa donde todavía en el mes de noviembre hubo precipitaciones considerables.

* Valor máximo admisible 5 UNT Norma CAPRE (Comité Coordinador Regulador de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centro America, Panamá y República Dominicana) y OMS (Organización Mundial de la Salud).

3.2.2.2. Análisis Bacteriológicos

Como indicadores microbiológicos se realizaron análisis de coliformes totales, coliformes termotolerantes (también conocidos como coliformes fecales) y *Escherichia coli*. Para efectos del diagnóstico se describió la calidad microbiológica basada en los coliformes totales (**Mapa No.14**). Los resultados de los otros indicadores se muestran en (**Anexos 4.4**).

Los resultados de los análisis bacteriológicos de noviembre 2012 muestran altas concentraciones de coliformes totales (**Mapa No.14**). Los valores más altos de toda la Subcuenca se encuentran en Comalapa ($>16,000$ NMP¹/100 mL) y Juigalpa (13,000 NMP/100 mL). La mayoría de los sitios (cinco de seis puntos) analizados en Comalapa indican fuerte contaminación por coliformes, entre 1,600 y 16,000 NMP/100 mL, sólo un sitio contiene un valor bajo menor a 10 NMP/100 mL.

Juigalpa es la segunda ciudad con mayor contaminación por coliformes (**Mapa No.14**). Puntos analizados aguas abajo del Río Mayales también reflejan altos valores de coliformes totales, entre 1,400 - 13,000 NMP/ 100 mL, equivalente a una fuerte contaminación. Los sitios analizados aguas arriba de la ciudad muestran valores menores en comparación con los resultados obtenidos aguas abajo, aunque siempre existe evidencia de contaminación debido a que estos valores superan los 100 NMP por 100 mL. Existen dos lugares cerca de la ciudad de Juigalpa con diferentes grados de contaminación. El primer lugar ubicado en la confluencia del Río Cuapa y el Río Pirré con altos valores de coliformes (1,600 NMP/100 mL). El segundo sitio reflejó valores de 5.4 NMP/100 mL que corresponden al rango de buena calidad. Sin embargo, otro punto de análisis localizado en los nacientes del Río Pirré, aproximadamente 8 km del lugar de la confluencia, también presentaba altos valores de coliformes. Un sitio de análisis dentro del Río Cuisalá demostró valores mayores a 920 NMP/100 mL equivalente a un agua muy contaminada.

En la ciudad de San Francisco de Cuapa y sus alrededores, los resultados fueron variables. Un punto analizado dentro de la ciudad indica bajos valores de coliformes (4.7 NMP/100 mL), sin embargo las muestras tomadas en el poblado el Guegüense demostraron resultados entre 540 y 1,600 NMP/100 mL. Finalmente un análisis realizado en la desembocadura del Río Mayales mostró bajos valores correspondiente a buena calidad.



Foto 10: Práctica de lavado de ropa en los ríos de la Subcuenca Mayales que contribuyen a la mala calidad de las aguas

¹NMP= Números más probable.

Todos los análisis del segundo muestreo realizado en noviembre 2013 proporcionaron resultados con altos valores de contaminación por coliformes en comparación con el primer muestreo. Incluso sitios en Cuapa, Comalapa y la desembocadura del Río Mayales (Sitios 5, 10 y 20 en **(Anexo 4.1)** donde en el primer muestreo resultaron con bajos valores, en este segundo muestreo aparecen valores muy altos que corresponden a aguas fuertemente contaminadas.

Asimismo, análisis de sitios con valores de contaminación entre 10-1,000 (NMP/100mL) ahora tienen valores mayores a 1,300 (NMP/100mL) siendo este último valor, el mínimo encontrado en toda la Subcuenca. Los lugares con la contaminación más alta siguen siendo Comalapa (350,000 (NMP/100mL), Juigalpa (21,000 NMP/100mL) y para este segundo muestreo se incluyen dos nuevos sitios: la ciudad de Cuapa (130,000 NMP/100mL) y la desembocadura del Río Mayales (23,000 NMP/100mL). Un nuevo punto de análisis en la comarca Llano Grande hecho en noviembre 2013 también refleja fuerte contaminación con valores de 49,000 (NMP/100mL)

Estos resultados indican contaminación con material fecal que puede provenir de diferentes fuentes como aguas residuales domésticas, defecación directa en los ríos (heces fecales de humanos) y desechos de animales (heces fecales, estiércol, guano) dentro de los que se incluye al ganado y otros animales domésticos (**Foto 10,**

11, 12 y 13). Los resultados de ambos análisis demuestran que la calidad bacteriológica de las aguas superficiales de la Subcuenca Mayales no son aptas para consumo humano directo, ya que basado en el muestreo más actual, todos los puntos analizados están fuertemente contaminados por coliformes totales.



Foto 11: Actividades de lavado cerca de fuentes hídricas

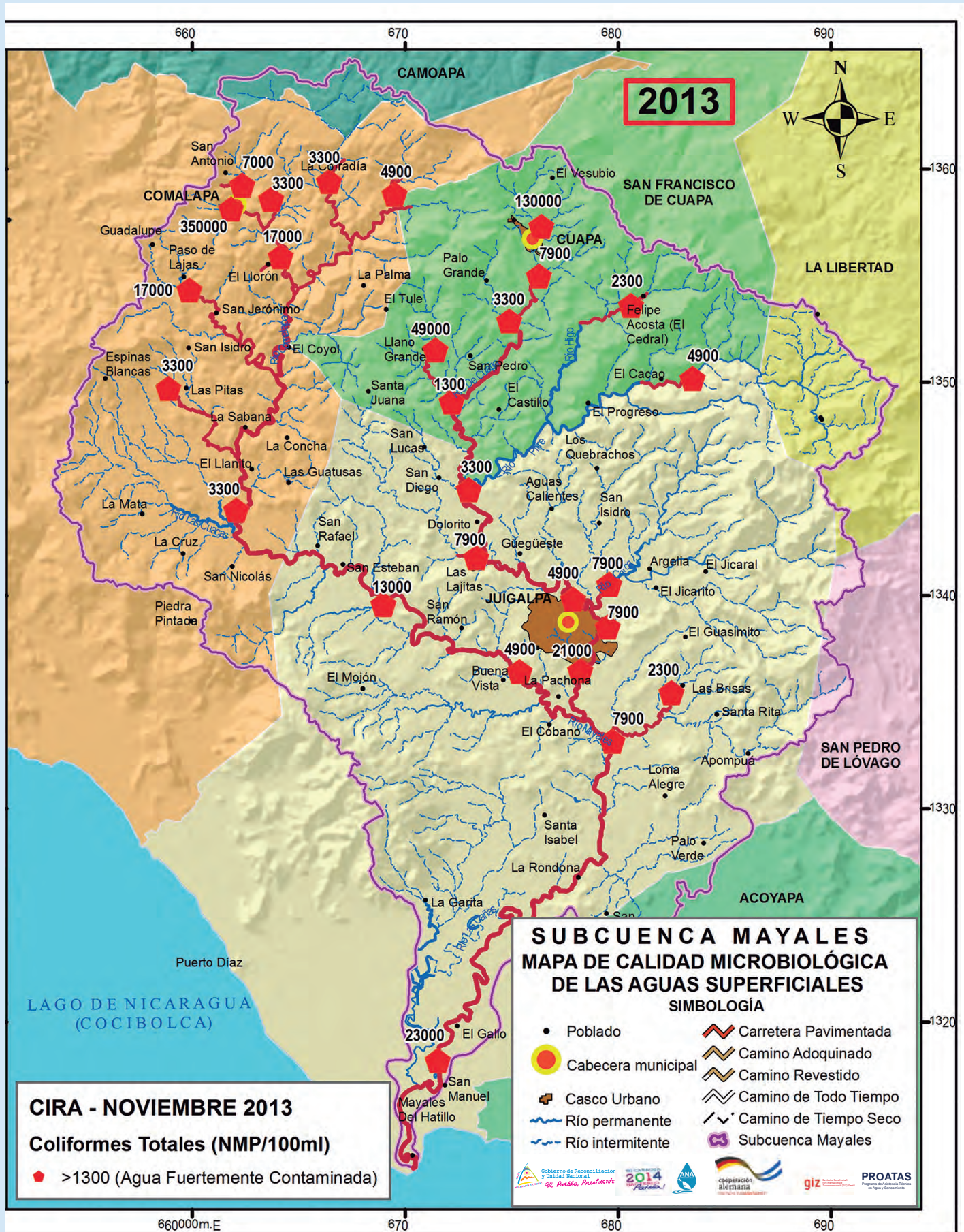


Foto 12: Se muestra color turbio de las aguas producto de la contaminación por contacto con ganado.



Fotos 13: Puntos de contaminación por aguas residuales domesticas

aguas superficiales de la subcuenca Mayales



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

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la calidad de los ríos de acuerdo a los análisis de contaminantes orgánicos en noviembre 2012. En total se analizaron 9 puntos, los cuales fueron seleccionados en lugares estratégicos dentro de la Subcuenca (**Anexo 4.1**). Dentro de los análisis de contaminantes orgánicos, también se incluyeron análisis complementarios de hidrocarburos aromáticos y bifenilos policlorados, nueve en total. Los resultados demuestran que ninguno de los sitios analizados mostró valores anómalos.

**Tabla No.8:
Resultados de contaminantes orgánicos de las aguas superficiales de la Subcuenca Mayales**

ID	ID Lab	X	Y	Fecha	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (ng/l) HAP's	Plaguicidas Clorados (ng/l)	Plaguicidas fosforados (ng/l)	Bifenilos Policlorados (µg/l) PCB
16	0858	679607	1340518	23/11/2012	<0.18	ND	ND	ND
20	0859	673072	1344832	23/11/2012	<0.18	ND	ND	ND
21	0855	671559	1318174	23/11/2012	<0.18	ND	ND	ND
22	0856	675383	1336409	23/11/2012	<0.18	ND	ND	ND
23	CO-115	679630	1340536	10/04/2013	ND1	NR	NR	ND
24	CO-116	678046	1339815	10/04/2013	ND	NR	NR	ND
25	CO-117	679557	1338487	10/04/2013	ND	NR	NR	ND
26	CO-120	678263	1336397	10/04/2013	ND	NR	NR	ND
27	CO-119	679741	1333215	10/04/2013	ND	NR	NR	ND
5	AN-1044	679749	1333157	06/11/2013	NR	ND	ND	NR

NR= No realizado / ND¹= No detectado

En noviembre 2013 sólo se realizó un punto de muestreo para plaguicidas organoclorados y organofosforados. Este punto se hizo complementario y como sitio de control; ya que en los análisis anteriores no se detectaron valores de plaguicidas. Cabe mencionar que existen grandes cultivos de arroz en la parte baja de la cuenca, y el uso de plaguicidas en estos cultivos pueden representar en un futuro fuentes potenciales de contaminación.

3.2.2.4. Análisis Inorgánicos: Metales Pesados

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos de los análisis de contaminantes metálicos para noviembre 2012 y abril 2013. Dentro de estos análisis se determinaron los siguientes elementos químicos: Arsénico, Cobre, Plomo, Mercurio y Cadmio. Todos los resultados son dados en ($\mu\text{g.l}^{-1}$).

Los sitios analizados se concentraron dentro de la ciudad de Juigalpa y zonas aledañas, entre los cuales destacan la confluencia del Río Pirré y Río Cuapa, Río Carca, Río Mayales aguas arriba y aguas abajo, Río Cuisalá y el último sitio analizado cerca de la desembocadura del Río Mayales. Los valores de todos los análisis de contaminantes metálicos realizados en las aguas superficiales de la Subcuenca del Río Mayales están por debajo de los rangos máximos permisibles de acuerdo a las normas CAPRE y OMS. Los valores de Arsénico varían a menos de 0.001 y 2.37 $\mu\text{g/L}$. El sitio que presentó el valor más alto se encuentra ubicado en el Río Carca, sin embargo este valor no representa peligro ya que está por debajo de las normas.

Tabla No.9:
Resultados de análisis de los contaminantes pesados de las aguas superficiales de la Subcuenca Mayales

ID	ID-Lab	X	Y	Fecha	Arsénico ¹ ($\mu\text{g/L}$)	Cobre ² ($\mu\text{g/L}$)	Plomo ¹ ($\mu\text{g/L}$)	Mercurio ¹ ($\mu\text{g/L}$)	Cadmio ¹ ($\mu\text{g/L}$)
16	0858	679607	1340518	23/11/2012	0.004	0.00253	<0.00096	<0.00009	0.00029
20	0859	673072	1344832	23/11/2012	0.003	0.00381	<0.00096	0.00012	0.00618
21	0855	671559	1318174	23/11/2012	<0.001	0.00206	<0.00096	<0.00009	0.00302
22	0856	675383	1336409	23/11/2012	0.008	0.00428	<0.00096	0.00022	0.00476
23	211	679630	1340536	10/04/2013	2.37	<LD	<LD	<LD	
24	212	678046	1339815	10/04/2013	<LD	4.69	0.11	<LD	
25	213	679557	1338487	10/04/2013	<LD	<LD	<LD	<LD	
26	214	678263	1336397	10/04/2013	<LD	4.24	0.17	<LD	
27	216	679741	1333215	10/04/2013	<LD	4.47	0.15	<LD	

¹ El Valor Limite según la norma CAPRE¹ para Arsénico, Plomo, Mercurio y Cadmio: 10 $\mu\text{g/L}$.

² El Valor Limite según la norma OMS para Cobre: 20 $\mu\text{g/L}$.

LD= limite de detección

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

OMS=Organización Mundial de Salud.

3.2.2.5. Análisis Ecológicos

La sección descrita a continuación fue suministrada por Naymí Zamora (Informe sobre resultados macroinvertebrados Mayales, sin publicar, 2013).

3.2.2.5.1. Macroinvertebrados Acuáticos

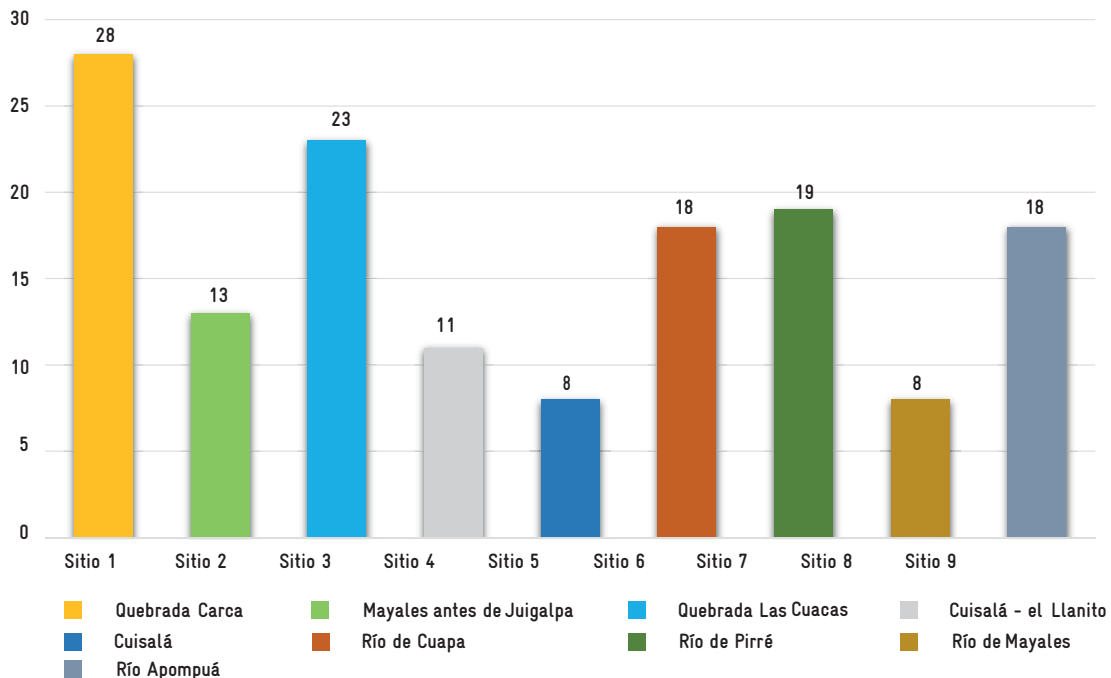
El estudio de los macroinvertebrados acuáticos se realizó en 9 sitios de muestreo de la Subcuenca Mayales, los sitios corresponden a los principales tributarios del Río Mayales (7 sitios) y al propio Río Mayales, en donde se ubicaron dos puntos de muestreos (aguas arribas y desembocadura del río) (**Mapa No.15**). La época de muestreo seleccionada para la primera campaña fue el período canicular (Agosto) debido a que los ríos en estación de verano (época seca) tienden a cercarse o estancarse en algunos puntos, lo cual arrojaría datos erróneos para la aplicación de índices bióticos de calidad del agua. Por consiguiente se decidió esperar a que se dieran las primeras lluvias del año y a que se alcanzara el tiempo de canícula.

El muestreo se realizó utilizando un método cualitativo, el cual corresponde a un muestreo multi hábitat, a través del lavado de piedras, hojas, utilización de redes (triangular y de patada), las cuales se utilizan en las orillas y en rápidos. A la vez se instalaron sustratos artificiales en cada punto de muestreo dejándolos durante un mes (Septiembre) correspondiente al mes más lluvioso.

3.2.2.5.2. Riqueza Taxonómica en período canicular

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos identificada durante el período canicular en los 9 sitios de muestreo, estuvo conformada por 4 Phylum: Arthropoda, Mollusca, Annelida y Nematoda. El Phylum Arthropoda es el que más predominó en todos los sitios, aportando riqueza de familia principalmente con la Clase Insecta. El Phylum Annelida fue el segundo más predominante, seguido del Mollusca y Nematoda respectivamente.

**Gráfico No.8:
Riqueza de Familias de Macroinvertebrados Acuáticos en Período
Canicular**



En el gráfico se pueden observar los puntos que tuvieron mayor riqueza de familias, los cuales son: Sitio 1 - Quebrada Carca, seguido de Sitio 3 - Quebrada Las Cuacas y Sitio 7 - Río Pirré.

Los órdenes que más aportaron a la riqueza de familias en estos sitios fueron Díptera (Chironomidae y Simuliidae) y Ephemeroptera (Baetidae y Leptohyphidae). También fueron encontrados macroinvertebrados de los órdenes Trichoptera (Hydroptilidae e Hydropsychidae), Acari (Hidracarina), Odonata, Hemiptera, Coleoptera, entre otros.

Las mayores diversidades de familias encontradas en el muestreo multi hábitat desarrollado en período canicular, fue en los sitios: Sitio 1 - Quebrada Carca (28 familias). Sitio 3 - Quebrada Las Cuacas (23 familias) y Sitio 7 - Río Pirré (19 familias). El orden que mayor variedad de familias obtuvo fue Díptera con 6 familias.

3.2.2.5.3. Estado de la calidad del agua a través del Índice Biótico (IBF-SV-2010)

En los sitios muestreados se encontró diversidad de individuos del Phylum Arthropoda, de gran importancia para la aplicación de este índice. Dentro de este Phylum fueron identificadas las siguientes categorías taxonómicas: Orden Díptera y Ephemeroptera, que fueron encontrados en los 9 sitios de muestreo, el Orden Odonata presente en siete sitios, Trichoptera en ocho sitios, y los Ordenes Coleoptera Plecoptera, Megaloptera, Hemiptera, entre otros que no se encontraron en todos los sitios de estudio. También la subclase Acari (ácaros acuáticos) con Hidracarina (Hydrachnida) y subphylum Crustácea (clase Ostracoda) y Clase Malacostracoda (Orden Decápoda/Palaemonidae conocido comúnmente como camarón de río).

Igualmente se encontró el Phylum Annelida representado por la clase Oligochaeta. Este grupo es común en aguas con contaminación orgánica, producto de la actividad antropogénica, con mucha frecuencia se les encuentra en sitios urbanizados por lo que su presencia indica aguas de mala calidad ambiental.

El orden Díptera representado por las familias Chironomidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tipulidae, Empididae, Tabanidae y Psychodidae, los cuales son indicadores de aguas de mala calidad, ya que soportan altos niveles de contaminación debido a sus diversos hábitos alimenticios y por sus diferentes estructuras desarrolladas para respirar (Roback, 1974)

En el Orden Ephemeroptera fueron identificadas cuatro familias: Baetidae, Caenidae, Leptohiphidae y Leptophlebiidae; estas familias son típicas de aguas claras y limpias, este orden es muy abundante en sistemas fluviales y son una fuente de alimentación para los peces.

En el Orden Odonata fueron identificadas tres familias: Gomphidae, Libellulidae y Coenagrionidae. Se caracterizan por tener régimen alimenticio carnívoro, por lo que la presencia de este orden es de vital importancia en la cadena alimenticia de los macroinvertebrados acuáticos. Estas familias se encuentran en lagos, charcos y en márgenes de ríos con mucha vegetación y de lecho limoso. Son representantes de aguas entre limpias y moderadamente contaminadas.

El Orden Coleoptera se encontró en 8 de los 9 sitios muestreados, con un total de cuatro familias: Elmidae, Scirtidae, Psephenidae y Staphylinidae; los cuales habitan en ecosistemas similares a los del Orden Odonata, pero este grupo tiene un nivel de dispersión alto por lo que tiene familias que representan aguas de calidad limpia y otras que representan aguas contaminadas (Margalef, 1983).

Orden Trichoptera, es un grupo que al igual que los coleópteros cuentan con familias representativas de ambientes de buena calidad; al mismo tiempo que cuentan con familias cuyos miembros presentan resistencia a altos niveles de contaminación orgánica. Dentro de este orden fueron identificadas cinco familias: Hydroptilidae, Hydropsychidae, Polycentropodidae, Philopotamidae y Leptoceridae.

Orden Hemíptera presente en 7 de los 9 sitios muestreados, con las siguientes cuatro familias: Veliidae, Gerridae, Naucoridae y Corixidae. Habitan en aguas con similares condiciones físico químicas que el orden Odonata por lo que se les puede considerar que son indicadores del mismo tipo de agua, pero normalmente están en aguas de baja corriente. A los miembros de este Orden se les conoce como patinadores y se les clasifica como acuáticos y semiacuáticos porque están mucho tiempo sobre la película de agua en su estado adulto (Pujante 1997).

El Orden Plecóptera tiene muy pocas familias representadas, hasta el momento sólo se registra para la región la familia Perlidae. En este orden hay familias poco tolerantes por lo que son indicadores de buena calidad (Hynes, 1984) esta familia fue encontrada únicamente en "Sitio 3 - Quebrada Las Cuacas".

El Phylum Mollusca (Caracoles de Agua) fue representado por la clase Gastropoda con la familia Hydrobiidae; son indicadores de aguas contaminadas con abundante materia orgánica. También fueron identificados individuos de la Clase Bivalva con la familia Sphaeriidae y con familias aún sin identificar.

El Phylum Annelida con la clase Oligochaeta con familias aún sin identificar. Sin embargo la clase Oligochaeta se consideran indicadores de aguas contaminadas, según IBF-SV-2010 indica máxima contaminación acuática.

Con los resultados del IBF-SV-2010 de los sitios muestreados durante el período canicular las aguas califican con calidad entre regular pobre y pobre (6.14 a 7.14) (**Tabla 10 y 11**). Los sitios que presentaron calidad de agua regular pobre fueron: Sitio 1 - Quebrada Carca, Sitio 2 - Mayales antes de Juigalpa, Sitio 3 - Quebrada Las Cuacas, Sitio 4 - Cuisalá - El Llanito, Sitio 5 - Cuisalá, Sitio 6 - Río de Cuapa, Sitio 8 - Río Mayales. El Sitio 9 - Río Apompuá y Sitio 7 - Pirré con calidad de agua pobre, consecuencia de una contaminación sustancial de materia orgánica.

Tabla No.10:
Guía para interpretación de calidad de agua de acuerdo al grado de contaminación orgánica

Categorías	Calidad del Agua	Interpretación del grado de contaminación orgánica	Color
VI	Pobre	Contaminación muy sustancial probable	
V	Regular Pobre	Contaminación sustancial probable	

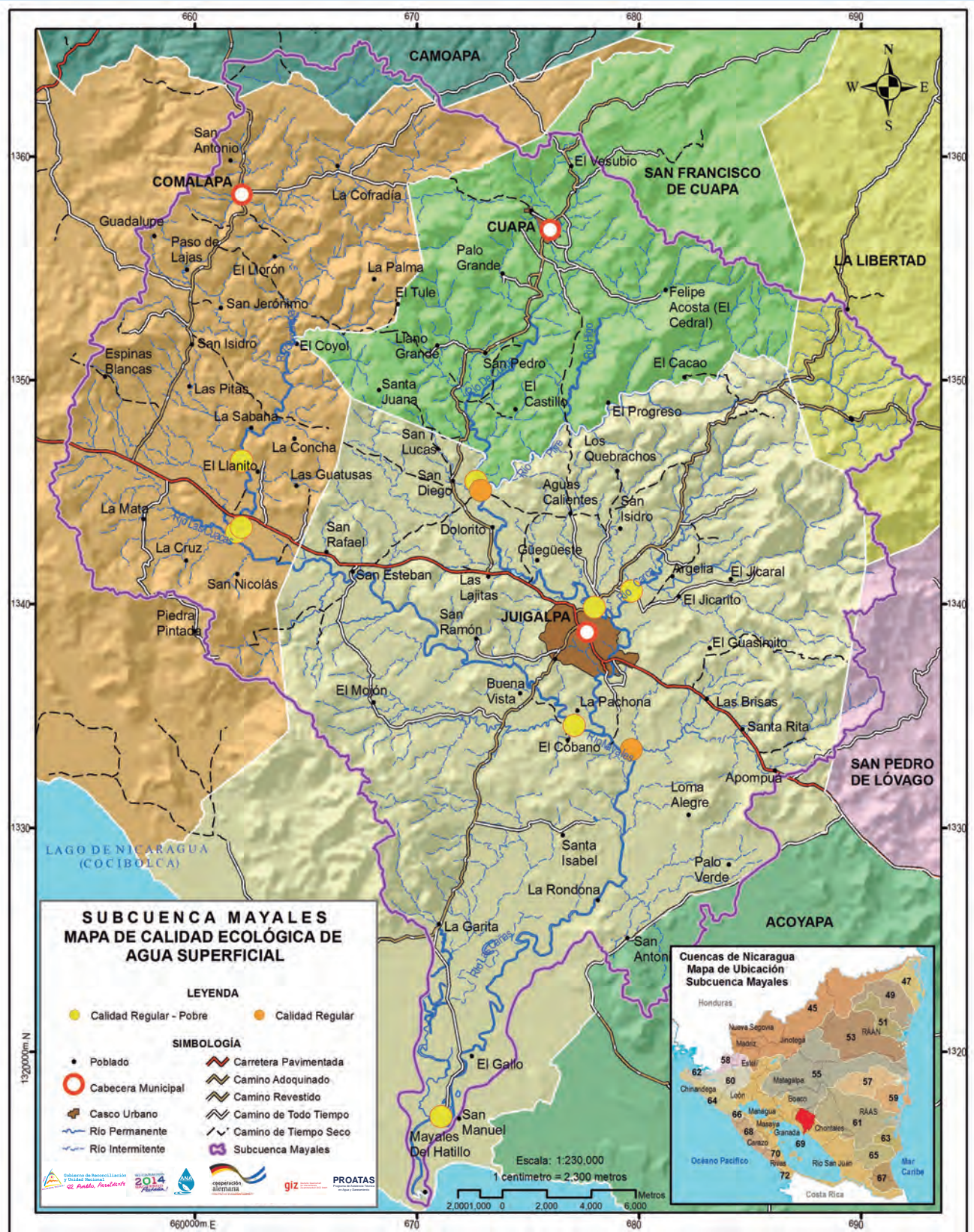
Tabla No.11:
Resultados obtenidos en el cálculo del IBF-SV-2010 en los sitios analizados en la Subcuenca Mayales con la técnica de muestreo multi hábitat para el período canicular.

Sitios	Valor Obtenido	Rango Valores del IBF-SV-2010	Categoría	Calidad del agua	Interpretación de Grado de Contaminación Orgánica	Color
Sitio 1 – Quebrada Carca	6.42	5.76 – 6.50	V	Regular Pobre	Contaminación sustancial probable	
Sitio 2 – Mayales antes de Juigalpa	6.42	5.76 – 6.50	V	Regular Pobre	Contaminación sustancial probable	
Sitio 3 – Quebrada Las Cuacas	6.37	5.76 – 6.50	V	Regular Pobre	Contaminación sustancial probable	
Sitio 4 – Cuisalá – El Llanito	6.14	5.76 – 6.50	V	Regular Pobre	Contaminación sustancial probable	
Sitio 5 – Cuisalá	6.17	5.76 – 6.50	V	Regular Pobre	Contaminación sustancial probable	
Sitio 6 – Río de Cuapa	6.20	5.76 – 6.50	V	Regular Pobre	Contaminación sustancial probable	
Sitio 7 – Río Pirré	7.14	6.51 – 7.25	VI	Pobre	Contaminación muy sustancial probable	
Sitio 8 – Río Mayales	6.38	5.76 – 6.50	V	Regular Pobre	Contaminación sustancial probable	
Río Apompuá	6.80	6.51 – 7.25	VI	Pobre	Contaminación muy sustancial probable	

En el período canicular el 77.77% de los sitios presentó calidad regular pobre y el 22.22% calidad pobre.

En el **Mapa No.15** se muestra el resultado obtenido del muestreo realizado en el período canicular (agosto) con la técnica cualitativa (muestreo multi hábitat) con el Índice Biótico de Familias con macroinvertebrados acuáticos, para obtener el valor de la calidad del agua en los sitios analizados en la Subcuenca Mayales.

Mapa No. 15:
 Calidad ecológica del agua superficial en la Subcuenca Mayales



- 💧 **Actualmente la mayoría de las aguas superficiales de la Subcuenca Mayales no tienen la calidad deseada y necesitan tratamiento para ser usadas como agua potable.**
- 💧 **Se trata casi exclusivamente de contaminaciones bacteriológicas provocados por coliformes totales y fecales que en algunos puntos fueron comprobadas en altas concentraciones.**
- 💧 **Generalmente y considerando los análisis ecológicos del agua la calidad puede ser clasificada como "regular - pobre".**
- 💧 **Las fuentes principales de contaminación identificadas son: aguas residuales de los cascos urbanos y de las comunidades rurales especialmente de letrinas precarias y la ganadería.**

3.3. Monitoreo de Aguas superficiales

En la Subcuenca Mayales, el monitoreo de la calidad y cantidad de los ríos, previo a la elaboración del plan de GIRH Mayales no ha sido constante. El monitoreo de calidad de los ríos en la Subcuenca es prácticamente nulo, ya que no existen períodos de monitoreo continuo en dicha área que permitan realizar comparaciones con la línea base de calidad levantada en este estudio. INETER (2010) realizó un muestreo químico puntual durante este mismo año, en doce sitios (1 sitio para agua superficial y el resto de análisis fueron para aguas subterráneas). En este muestreo sólo se menciona un punto de análisis para aguas superficiales ubicado en la desembocadura del río Mayales. En este mismo estudio también se hace referencia a 'Mapificación Hidrogeológica e Hidroquímica de la Región Central de Nicaragua', realizado del 2000 a 2004 por el INETER, dentro del cual se mencionan dos puntos de muestreo químico realizados en dos sitios dentro de la cuenca. Según los anexos del estudio, estos análisis son de 1989 y se localizaron cerca de la estación El Jicaral, Juigalpa y en la comarca Cuisalá, Comalapa. Ninguno de los tres sitios antes mencionados son representativos de un monitoreo cualitativo de las aguas superficiales para la Subcuenca.

Respecto al monitoreo de la cantidad de las superficiales de la Subcuenca, la situación es diferente, ya que en dicha área existe una estación hidrométrica llamada Mayales, localizada en el Jicaral, la cual pertenece al INETER. Dicha estación ha registrado caudales medios mensuales para el período 1970 al 2012. Cabe mencionar que actualmente la estación tiene problemas de calibración y necesita rehabilitarse; ya que durante las crecidas del Río Mayales (por ejemplo crecidas durante el Huracán Mitch en 1998) ha sufrido modificaciones en algunos de los estándares de medición. También existen datos de precipitación registrados por 7 siete estaciones

pluviométricas, dentro de las cuales la estación Juigalpa tiene período de 50 años (**ver sección 2.1 y gráfico 3**).

4. Agua Subterránea

4.1. Acuíferos y su potencial

La información sobre el agua subterránea en la Subcuenca se debe al inventario de INETER (Nov. 2009), que reúne 181 pozos y otro de la ANA GIZ (Feb. y Sept. 2013), con 89 pozos y publicaciones de ENACAL. Tenemos información sobre el nivel estático del agua (NEA), el espesor de agua, la extracción, y la composición química del agua subterránea, pero casi ninguna información sobre la litología de los acuíferos (4 pozos con datos litológicos) y sobre su permeabilidad (1 prueba de bombeo). Como consecuencia de falta de monitoreo continuo, tampoco hay datos sobre la variación del nivel estático, o sobre el nivel dinámico y en consecuencia sobre capacidad específica. Lo que sabemos respecto a los dos últimos términos ya fue mencionado en el capítulo de geología.

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

La caracterización hidrogeológica de la Subcuenca ha sido definida en base a la delimitación de perfiles, tomando en cuenta el inventario obtenido durante el estudio realizado por INETER en el 2010 y el reconocimiento de campo llevado a cabo en el transcurso del 2012 para la ejecución de la línea base del diagnóstico.

Para la caracterización hidrogeológica de la Subcuenca se han categorizado tres medios o dominios hidrogeológicos: Fluvial, Coluvio - Aluvial, y Fracturado (Mapa 16 y Secciones transversales A, B, C1, C2, C3, 1, 2 de Anexo No.5).

4.1.1. Dominio de aguas subterráneas someras

Este dominio ha sido definido considerando la distribución de las fuentes de agua de flujo superficial permanente. Por lo tanto se encuentra gobernado por los cauces de flujo superficial es decir que se encuentra localizado a lo largo o en las cercanías de los ríos principales y sus afluentes.

Se encuentra constituido principalmente de material transportado y depositado por el agua y constituye el lecho de los ríos. Su espesor se encuentra delimitado por el área de interacción con la zona de recarga sub-

superficial. Es decir que el potencial de este medio hidrogeológico está definido en función del flujo base superficial.

De acuerdo al estudio realizado por INETER-INIFOM -AECID (2010), en las zonas elevadas (**Mapa 4 y 16 y secciones B, C1 de Anexos**) el dominio hidrogeológico superficial sobreyace los depósitos de lavas félsicas, breccias piroclásticas, andesitas - basálticas, andesitas - dacíticas, Ignimbritas, lahar y riolita bien fracturada, tobas y sedimentos tobáceos. Mientras que en las zona media y baja (**Mapa 16 y Secciones 1, C3 de Anexo 5**) se encuentra subyacido por depósitos constituidos de material clástico que se encuentra rellenando las depresiones.

La permeabilidad depende de la granulometría y generalmente presentan un nivel freático alto. A como puede apreciarse en las secciones transversales, el nivel freático del agua subterránea se encuentra a pocos metros de profundidad.

💧 Este dominio tiene dependencia directa con las aguas superficiales, su extensión y grosor, lo cual determina los límites de los acuíferos. Dicho dominio muestra grandes fluctuaciones del nivel freático y los pozos explotados pueden estar temporalmente secos y en consecuencia, sus potenciales son generalmente bajos.

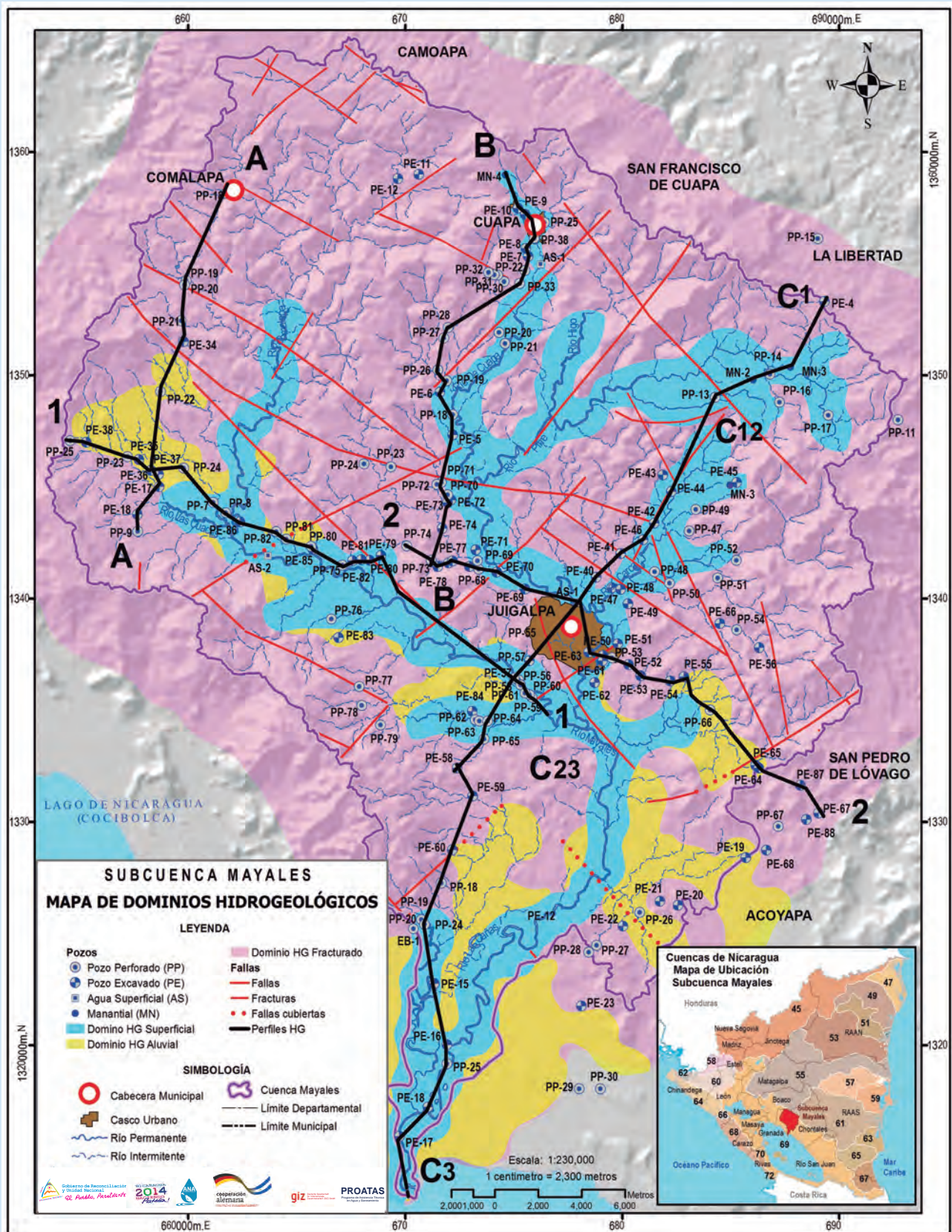
4.1.2. Dominio Hidrogeológico Aluvio - Coluvial

En base al mapa geológico presentado por el estudio de INETER (2010) (**Mapa No.5**), este dominio corresponde a suelos y depósitos aluviales y coluviales del Cuaternario. Los cuales se encuentran localizados principalmente en la parte media y baja de la Subcuenca (**Mapa No.16**).

Está constituido por partículas gruesas de grava, arena y suelos arcillo-arenoso de distinta coloración y poco espesor. En los valles intramontañas y las terrazas que acompañan los arroyos y ríos, el agua circula en los poros de sedimentos sueltos del Cuaternario. Al sur de Juigalpa al borde del Río Cuisalá, los depósitos del Cuaternario pueden alcanzar un espesor de 20 m. La descripción de los registros litológicos es a veces difícil de interpretar: "una aglomeración dacítica de grano grueso con limo la cual puede corresponder al Cuaternario, pero también, al Terciario volcánico por la presencia de dacita.

Los 10 pozos perforados por ENACAL que constituyen este acuífero se encuentran en formaciones Cuaternarias de sedimentos volcánicos (ver sección 1.1.3). Otros 6 pozos que se sitúan al borde del Río Cuisalá tienen profundidades entre 45 y 66 m y un rendimiento específico entre 0.114-0.522 m³/min/m. Asimismo 4 pozos situados al lado del Río Potrero son más profundos (90

Mapa No.16:
 Mapa de dominios hidrogeológicos



- 122 m), y su rendimiento es más bajo (0.2 - 0.8 l/s x m). Estos pozos también se encuentran localizados en formaciones volcánicas.

Según los datos de ENACAL, el caudal máximo, que se ha bombeado de un pozo en la Subcuenca de Mayales, es de 12 litros por segundo, es decir 43,200 ltrs /hora. (Limas 2, profundidad 45,7 m, NEA 14,7 m).

Los acuíferos de este dominio se destacan generalmente por un grosor y extensión más grande y una conductividad hidráulica favorable. Son los acuíferos más productivos (hasta 68 m³/h) y se encuentran en la parte media y baja de la cuenca.

4.1.3. Dominio Hidrogeológico Fracturado

Este dominio hidrogeológico se conforma en 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. En las zonas elevadas sobresale a nivel superficial, mientras que en las zonas medias y bajas subyacen a los dominios hidrogeológicos fluvial y Coluvio - Aluvial (**Mapa 16 y Sección A, C₂, y sección 2 del Anexos No.5**). Para penetrar estas rocas duras y masivas es necesaria la utilización de una perforadora rotativa.

Las permeabilidades son muy bajas, lo cual es comprobado en los bajos rendimientos de estos acuíferos. Algunos pozos perforados podrían estar ubicados sobre una falla, lo que proporciona un área de drenaje más amplio. En este caso se nota un caudal más alto y más estable.

La productividad de acuíferos de este dominio pueden oscilar mucho. Su potencialidad depende del sistema de brechas y fracturas de la roca. Los pozos instalados en la parte alta de la Subcuenca Mayales disponen una conductividad hidráulica baja y son poco productivos.

4.1.4. Parámetros hidráulicos

El análisis de los parámetros hidráulicos se realizó mediante la evaluación de la información recopilada de los pozos de ENACAL (**Tabla No.12**). Los parámetros obtenidos fueron: Capacidad específica de extracción (q), transmisividad (T) y conductividad hidráulica (K). La capacidad específica no es más que la relación que existe entre el caudal de explotación del pozo y el descenso (abatimiento) del nivel del agua subterránea en el mismo, cuyo valor tiende a disminuir a medida que se incrementa el abatimiento con el tiempo. Por otro lado, la transmisividad es la

función que relaciona las propiedades de un líquido (en este caso el agua), el medio (poroso) en el cual circula; y su espesor. Por lo tanto, la conductividad hidráulica es el coeficiente de proporcionalidad que describe la velocidad a la cual el agua circula a través de un medio permeable.

Así mismo se incluyeron los datos presentados en el estudio realizado por INETER (2010). En la siguiente tabla se muestran los valores recopilados.

Tabla No.12:
Parámetros hidráulicos de la Subcuenca Mayales

Estudio	ID	X	Y	Profundidad (m)	b (m)	Q (m ³ /hr)	s (m)	q (m ³ /hr/m)	T (m ² /d)	K (m/d)
ENACAL	F-1-94	673400	1334430	91.4	86.8	34.07	12.1	2.82	89	1.03
ENACAL	Potrero 4	673580	1334550	122	114.4	18.17	30.1	0.6		
ENACAL	0-1-93	674000	1334200	91.4	82.7	18.17	15.9	1.14	84.5	1.01
ENACAL	N-1-94	674300	1334250	91.4	86.8	34.07	11.4	2.99	848	9.77
ENACAL	A-2-89	674300	1335850	87.8	75	41.79	26	1.61		
ENACAL	A-3-83	675250	1336400	44.8	38.1	28.16	0.9	31.29		
ENACAL	A-4-80	675450	1336000	45.7	31.3	45.42	4.8	9.46		
ENACAL	A-1-80	675600	1335500	60.4	52.2	36.34	5.4	6.73	0.36	0.01
ENACAL	C-8-73	676000	1335550	59.4	46.4	34.07	2.7	12.62		
ENACAL	CP/476/5	699550	1351350	70.12	54.88	4.54	11.1	0.41		
ENACAL	A-1-80	675950	1335450	60.37	52.13	45.42	5.38	8.45	356	6.83
ENACAL	Los Mangos El Consuelo			91.46	82.32	5.68	15.73	0.36		
ENACAL	A-4-87	678000	1337850	45.73	30.49	68.13			2.35	0.08
ENACAL	C-3-75	EL Consuelo		38.41	30.41	68.13	2.49	27.36	1117	36.73
ENACAL	I-3*	675860	1356680	58.2	55.6	7.95	19	0.42		
ENACAL	I-3**	661740	1358160	19.82	17.07	12.49	1.86	6.72		
INETER	65	660250	1348800	61	53.9	1.1	7	0.16	6	0.1
INETER	64	662000	1350000	61	51.8	13.6	9.1	1.49	56	1.1
INETER	14	675300	1336250	33.8	26.6	53.4	3.1	17.23	638	23.9
INETER	26	675300	1336400	47.5	34.2	40.4	4.2	9.62	360	10.5
INETER	19	675350	1336300	45.7	31.3	45.4	4.6	9.87	370	11.8
INETER	21	675360	1335780	90.58	80.8	13.6	7.2	1.89	282	3.5
INETER	28	675500	1336100	68	51.9	13.6	10.4	1.31	49	0.9
INETER	33	675900	1335050	38.4	30.5	68.1	2.5	27.24	1105	36.3
INETER	31	676100	1335200	61	48	34.1	2.7	12.63	467	9.7
INETER	40	677350	1337850	41.1	37.2	11.4	4.4	2.59	16	0.4

Fuente: INETER-INIFOM-AECID (2010) y datos proporcionados por ENACAL (2013).

Los datos de la tabla anterior han sido en su totalidad de los pozos que se encuentran localizados hacia el sur de la Ciudad de Juigalpa en el campo de pozos del Potrero, Las Limas y El Consuelo. El rango de variación puede deberse a la convergencia de los medios hidrogeológicos en esa zona. Es decir que algunos pozos se encuentran extrayendo agua de los depósitos cuaternarios recientes mientras que otros extraen de los depósitos más consolidados o incluso de una combinación entre ambos.

ENACAL ejecutó una prueba de bombeo de 24 horas en el pozo "Hacienda El Consuelo". Mediante el procesamiento de los datos, a través del método de Cooper-Jacob (1946), se obtuvo una transmisividad de 121 (m²/día); para los 33 m de acuífero captado, resulta una conductividad hidráulica de 3.6 (m/día) (3.6×10^{-5} m/seg.). Ambos valores corresponden a valores de acuíferos poco permeables.

Adicionalmente se realizaron tres pruebas de bombeo en 2 pozos de ENACAL llamados COMALAPA, CUAPA 2 y un pozo de la Alcaldía de Comalapa MABE Cuisalá. Aplicando el análisis de los métodos propuestos por Theis (1935) y Cooper-Jacob (1946) se obtuvieron valores de transmisividad entre los 30 y los 50 m²/día, y la conductividad hidráulica de 0.88 m/d (1.02×10^{-5} m/seg). Estos resultados se correlacionan con el medio hidrogeológico con el mayor grado de consolidación.

4.2. Estado actual cuantitativo y cualitativo

4.2.1. Inventario de pozos

Para garantizar una línea de base actualizada tanto de calidad como de los niveles freáticos, los equipos técnicos de la ANA, GIZ y de las Alcaldías, realizaron una campaña de de campo en 2013 para inventariar los pozos más importantes y accesibles en la cuenca. Durante este proceso 67 pozos perforados y 20 pozos excavados fueron inventariados (**Fotos: 14, 15 y 16**). Cada pozo fue investigado y documentado de la siguiente manera:



Foto 14: Técnica municipal de Comalapa midiendo parámetros físico - químico de pozo excavado

- 💧 Tipo de pozo
- 💧 Coordenadas
- 💧 Nivel freático
- 💧 Parámetros físico químicos

Aparte de eso se ejecutaron 3 pruebas de bombeo. (Ver sección 4.2.1 para más detalles)



Foto 15: Técnica municipal de Comalapa midiendo nivel de agua subterránea en pozo excavado

En las zonas medias y bajas la profundidad del nivel del agua subterránea se encuentra a menos de 10 metros de profundidad, mientras que en las zonas elevadas varía entre los 10 y los 35 metros de profundidad. Cabe destacar que este aspecto se ve directamente influenciado por la profundidad que presentan los pozos, ya que los pozos excavados solo extraen agua de los depósitos más superficiales, mientras que los perforados penetran hasta los depósitos donde el acuífero se forma en un medio fracturado.

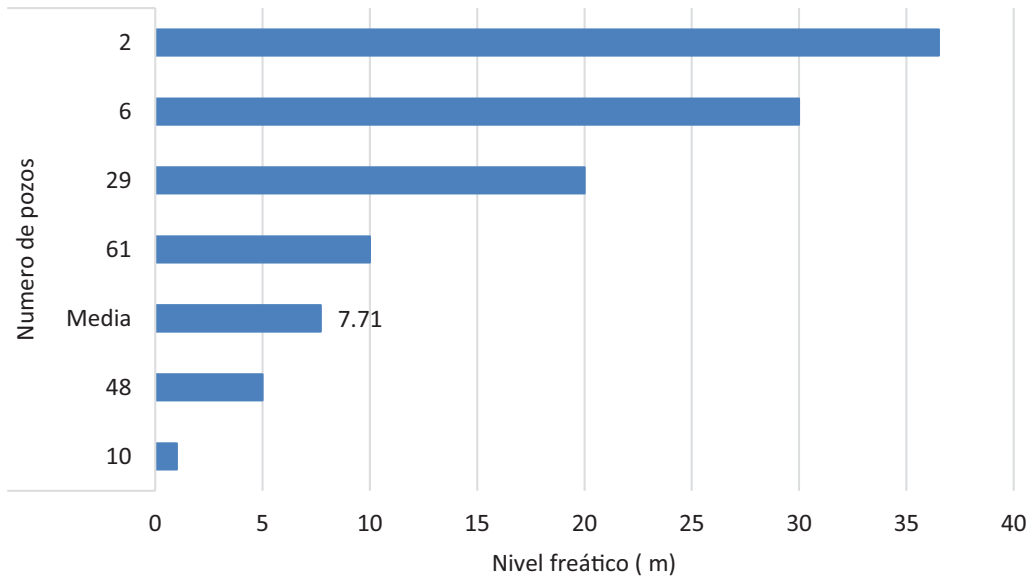


Foto 16: Técnicos municipales de Juigalpa midiendo nivel de agua subterránea en pozo perforado con bomba de mecate

La mayoría de los pozos tienen un nivel freático somero. La media de la muestra de 156 pozos con datos se sitúa a 7.71 m bajo la superficie del terreno (**Gráfico No.9**). La mayoría de los pozos se encuentran próximos a un cauce de agua con el cual tienen contacto hidráulico.

Gráfico No.9:

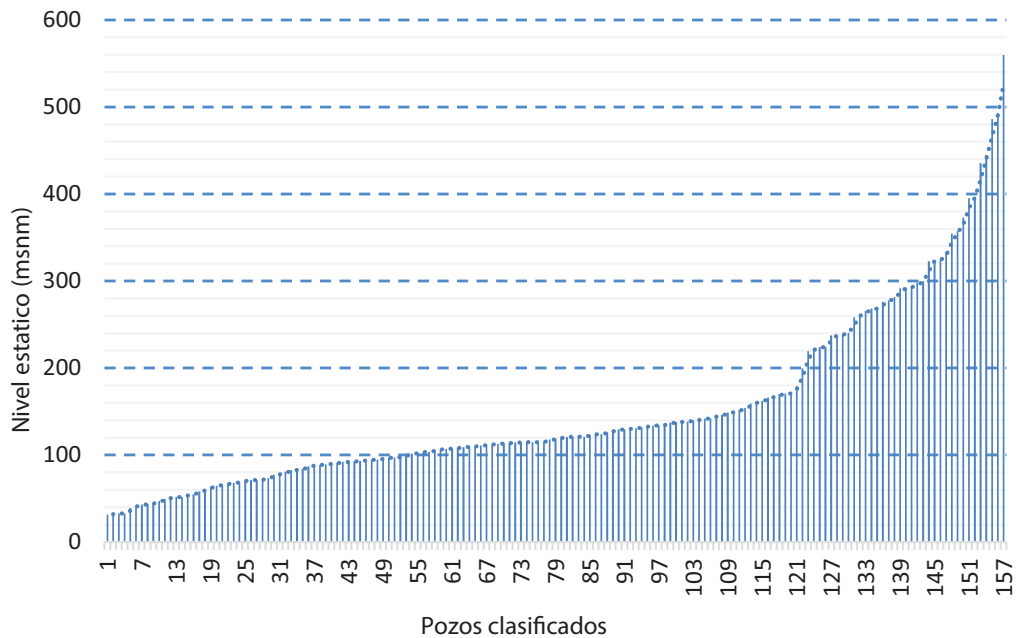
Distribución del nivel freático de los pozos en Subcuenca Mayales



La siguiente gráfica muestra el nivel estático del agua subterránea a través de la Subcuenca, medido en "metros sobre nivel del mar". Los pozos de la parte alta (Cuapa y Comalapa) se sitúan a la derecha de la gráfica (157-120 msnm). Los pozos de Juigalpa (120 - 60 msnm) en el medio y los pozos de la parte baja del valle de Mayales (60 -30 msnm) al margen izquierdo.

La gráfica ilustra además la situación hidrogeológica de la Subcuenca que está caracterizada por diferentes dominios hidrogeológicos, así como sus acuíferos sin conexiones hidráulicas. La curva de los niveles estáticos muestra hipotéticamente un gradiente hidráulico extremo que no puede existir en la realidad, pero si existe flujo en cada una de las pequeñas unidades acuíferas, representado por cada raya de la gráfica que equivaldría a cada pozo que atraviesa la curva.

Gráfico No.10:
Clasificación del nivel estático del agua subterránea en
Subcuenca Mayales

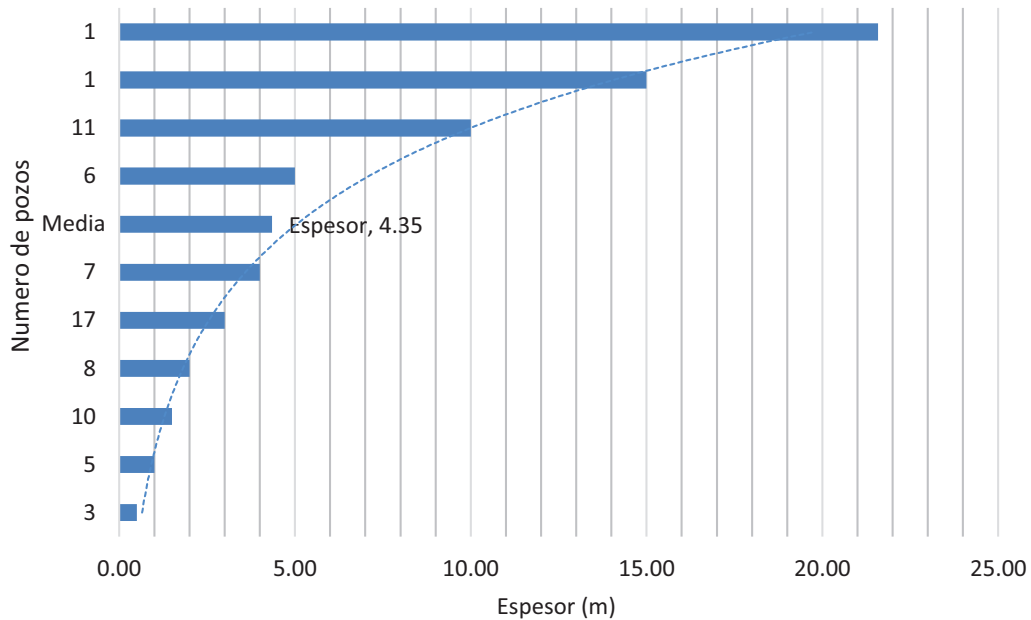


4.2.1.1. Espesor del Agua

La columna de agua en los pozos es poco profunda, con un promedio de 4.35 m para una cantidad de 69 pozos con datos. El escaso espesor de agua en los pozos es una de las razones por qué muchos de ellos se secan al finalizar la estación seca (**Gráfico No.11**).

Los pozos con pequeños espesores de agua son en su mayoría sistemas de suministro rurales que abastecen a familias o comunidades ubicadas dentro de la subcuenca. La cantidad de pozos con esta característica es aproximadamente de 180. Por otro lado en la subcuenca existen 14 pozos de ENACAL generalmente tiene un espesor de agua mayor, pero los datos son desconocidos.

Gráfico No.11:
Distribución del espesor del agua subterránea en la Subcuenca Mayales

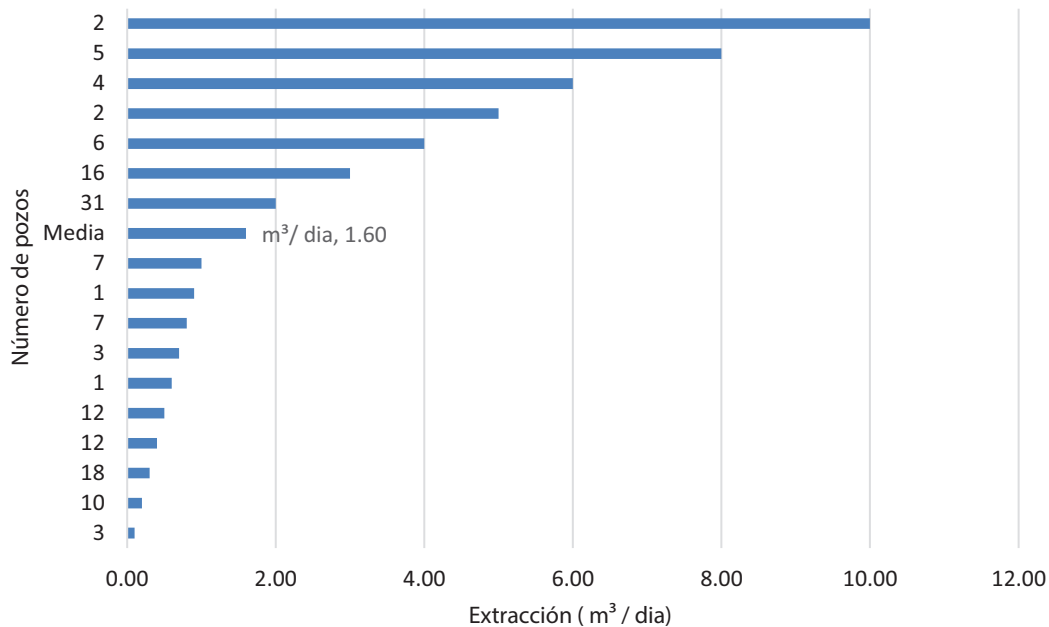


4.2.1.1. Extracción

De una muestra de 151 pozos con datos, 140 proporcionan una extracción menor a 10 m³ /día. El promedio se sitúa a solamente 1.6 m³/día. La extracción total de los 140 pozos equivale a **224.8 m³/día**. Esta cantidad incluye los pozos de ENACAL en Cuapa y Comalapa (**Gráfico No.12**).

Once pozos de la muestra de 151 del inventario INETER tienen una extracción de más de 10 m³/día, con un promedio de 509 m³/día. La capacidad de explotación total de este grupo de pozos es de 5,595 m³/día y se trata de pozos de ENACAL ubicados al sur de Juigalpa.

Gráfico No.12:
Distribución de la extracción de agua subterránea por rangos en m³/día



- 💧 *La mayoría de los 156 pozos investigados explotan acuíferos someros. El promedio del nivel freático es 7.71 m bajo la superficie del terreno.*
- 💧 *La falta de conexiones hidráulicas entre los acuíferos de los diferentes dominios, impiden la elaboración de un mapa de superficie piezométrica respecto al nivel del mar.*
- 💧 *El escaso espesor de agua en los pozos (promedio de 69 pozos = 4.35 m) y la baja productividad de la mayoría de los pozos (promedio de 140 pozos = 1.6 m³/día) subrayan el débil potencial de los acuíferos en la Subcuenca Mayales.*

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 de la Subcuenca Mayales se basó en los resultados de los muestreos correspondientes a los análisis químicos realizados, llevados a cabo en el CIRA UNAN en el períodos comprendido entre abril y noviembre 2013 (Ver Fotos 17 y 18).



Foto 17: Muestreo de parámetros físico - químico en pozo cercano a desembocadura Mayales



Foto 18: Lectura directa de equipo multiparámetro utilizado para medición cualitativa in situ

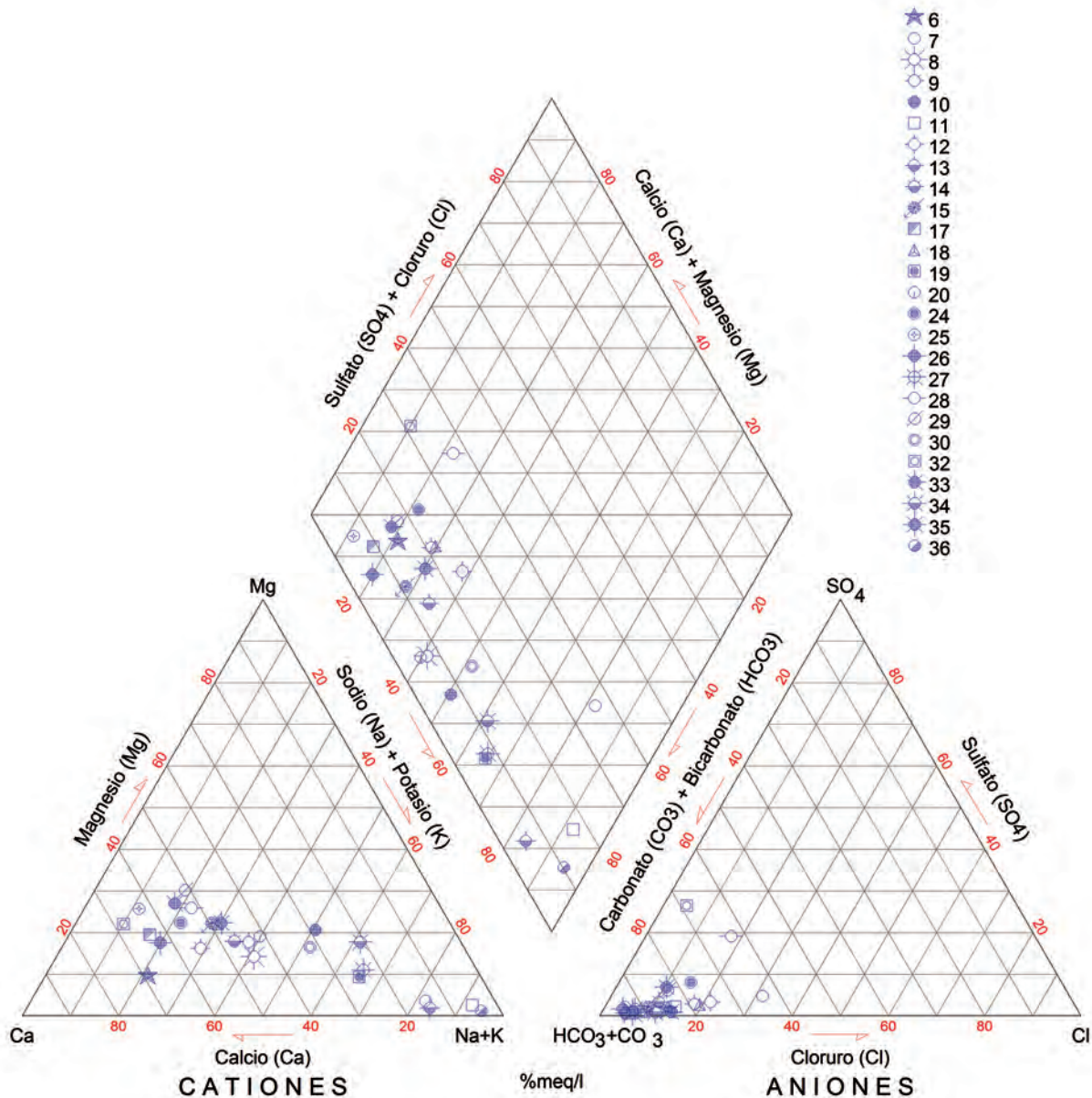
Los parámetros físico - químicos más importantes para evaluar la calidad de las aguas de los pozos en la Subcuenca fueron: nitritos, nitratos, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (SDT) y turbidez (**Anexo 6.2**). En total, para los dos períodos se realizaron análisis físico - químicos y bacteriológicos en 26 puntos de muestreo, con el propósito de evaluar el carácter hidroquímico y bacteriológico de la Subcuenca. Así mismo se tomaron 14 muestras para análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), con el objetivo de determinar posibles puntos de contaminación por aguas residuales. Los contaminantes orgánicos y metálicos también fueron analizados en sitios estratégicos dentro de la Subcuenca, donde se realizaron 21 pruebas para contaminantes metálicos y 9 para determinación por contaminación por plaguicidas.

4.2.2.1. Análisis Físico - Químicos:

4.2.2.1.1. Carácter hidroquímico del agua subterránea

La composición hidroquímica del agua subterránea, de acuerdo a los resultados de los análisis de los muestreos realizados en abril y noviembre 2013, es mostrada en el siguiente diagrama. Esta composición determina un carácter hidroquímico bicarbonatado-cálcico-sódico (**Figura No.9**).

Figura No.9:
Diagrama de Piper de las aguas subterráneas de la Subcuenca
Mayales



El carácter hidroquímico confirma lo antes dicho sobre la recarga de los acuíferos (ver sección 4.1). La recarga es directa, y el ciclo de renovación de agua es corto. Esta agua tiene poco tiempo de recorrido en el subsuelo y conserva su perfil hidroquímico obtenido por la dilución de los suelos. Predominan aguas del tipo Calcio-Bicarbonatadas. Es conocido que las rocas volcánicas tienen alta capacidad de intercambio de Calcio y Magnesio contra Sodio y Potasio y algunos análisis muestran el tipo de "agua intercambiada" que es $\text{HCO}_3^- \text{Na}$. Los resultados completos de los análisis físico - químicos de las aguas subterráneas se muestran en el **Anexo 6.3**.

4.2.2.1.2. Parámetros físico - químicos

Los valores de Sólidos Disueltos Totales (SDT) de todos los sitios analizados en los dos muestreos varían entre 41.3 y 690 mg/L con un promedio de 439 que corresponde a un agua dulce. La conductividad eléctrica de las aguas subterráneas para ambos años varía de 58.6 a 1,290 ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$), el valor más alto cerca de la comunidad El Gallo en la desembocadura del Río Mayales y el segundo valor más alto se localiza en Cuapa (**Anexo 6.2**).

El agua subterránea conserva la temperatura que existe en el área de recarga (26 a 30.8°C). El promedio de la temperatura (29.21°C) del agua subterránea está dentro del rango recomendable para consumo humano y es similar a la temperatura media anual en la Subcuenca, otro indicador de una infiltración directa. Los resultados para los valores de PH varían de 7.04 y 8.51, indicador de aguas de acidez intermedia.

La turbidez de las aguas subterráneas tiene valores entre 0.3 a 51.2. De los 26 sitios muestreados, 22 resultaron con valores inferiores a los permisibles en la norma (5 NTU), sin embargo 4 sitios en el primer muestreo obtuvieron valores por encima del límite, el valor más alto se encontró en un pozo localizado en la comarca Cuisalá.

Los análisis de nitrato para ambos años muestran concentraciones por debajo del límite permisible según la norma CAPRE, los valores encontrados varían de 0.22 a 40.2 mg/L.

4.2.2.1.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Los 14 análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) no reflejaron contaminación por aguas residuales, ya que los análisis resultaron con valores menores a 10mg/L, lo cual corresponde a una buena calidad respecto a este parámetro (**Mapa No.17**).

4.2.2.2. Análisis Bacteriológicos

Para ilustrar los resultados de los análisis bacteriológicos realizados en abril y noviembre 2013, se elaboró un mapa donde se muestra los valores de los coliformes totales presentes en 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 No.18**).

Los resultados de los dos muestreos indican que la mayoría de los pozos se encuentran contaminados por coliformes tanto totales como termotolerantes, aunque con distintos grados de contaminación. En abril 2013 se encontraron ocho pozos con valores menores a 10 NMP/ 100 mL, los cuales todavía se

Mapa No.17:

Demanda Bioquímica de Oxígeno de las aguas subterráneas de la subcuenca Mayales



pueden considerar aguas de buena calidad para consumo humano, ya que los valores obtenidos son bajos. Sin embargo el resto de los pozos analizados, que equivalen a la mayoría (18), muestran valores de medios a muy altos de contaminación por coliformes. Los sitios analizados localizados dentro de las ciudades más importantes dentro de la Subcuenca (Juigalpa, Comalapa y San Francisco de Cuapa) también resultaron con una contaminación que va de media a fuertemente contaminado. Los valores más altos destacan en un pozo ubicado en la ciudad de Juigalpa ($> 160,000$ NMP/ 100 mL) y otros en la comunidad de San Esteban, jurisdicción de la municipalidad de Juigalpa con (160,000 NMP/100mL) y en la comarca de Cuisalá - El Llanito (13,000 NMP/ 100 mL). Un tercer pozo en los alrededores de la ciudad de San Francisco de Cuapa reflejó valores hasta de (35,000 NMP/100mL). Un pozo localizado en la desembocadura del Río Mayales también resultó con altos valores de coliformes (2,300 NMP/ 100 mL) que según su valor equivaldría a fuerte contaminación.

La mayoría de los resultados de los análisis de noviembre 2013 reflejan que las aguas subterráneas tienen indicadores microbiológicos de contaminación, en total 22 de 29 puntos (normas CAPRE y OMS: 0 presencia de coliformes totales en 100 mL). Específicamente para este análisis se tomó en cuenta el indicador de coliformes totales (**Mapa No.18**).

Los pozos libres de contaminación son pozos entre perforados y excavados. Entre ellos están el pozo de ENACAL en Comalapa, un pozo excavado en la comarca La Montañita, Comalapa; tres pozos excavados en Piedra Pintada y La Concepción, Comalapa, un pozo perforado comunitario en la comarca El Pintar, Cuapa. También, el pozo perforado del Instituto Técnico Agropecuario (ITA) presentó valores ligeramente mayores al límite de detección (< 1.8 NMP/100 mL), sin embargo el valor de coliformes termotolerantes es menor a 1.8.

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, por que no cuentan con ningún tipo de protección o alguna medida de tratamiento de agua. Los valores más altos de coliformes totales (23,000 y 24,000 NMP/100 mL) equivalentes a fuerte contaminación según la clasificación, son en dos pozos excavados privados que están localizados en fincas de Comalapa y Juigalpa.

Las fuentes de contaminación de los pozos son la concentración de población (humana y vacuna) y la defecación al aire libre realizada por la población y el ganado que habitan cerca o en los alrededores de los pozos.

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

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los contaminantes orgánicos realizados a las aguas subterráneas de la Subcuenca Mayales en los dos muestreos. En total se analizaron nueve puntos en abril 2013 y en noviembre 2013 se repitió el muestreo de un sitio (ID 28 en la tabla) para comparar resultados durante abril y noviembre (**Anexo 6.1**). Como se observa en la **tabla No.13**, los resultados de los pozos analizados demuestran que no existe contaminación por compuestos químicos orgánicos en la Subcuenca. Algunos pozos (puntos con ID 28, 29 y 30) seleccionados para este tipo de análisis se sitúan en la desembocadura del Río Mayales donde existen extensos cultivos de arroz y es frecuente el uso de plaguicidas. Sin embargo los resultados de los análisis demuestran que no se detectó ningún tipo de contaminante. Dentro de los análisis de contaminantes orgánicos se incluyó estudios de hidrocarburos aromáticos y bifenilos policlorados, para este tipo de análisis tampoco se detectaron valores.

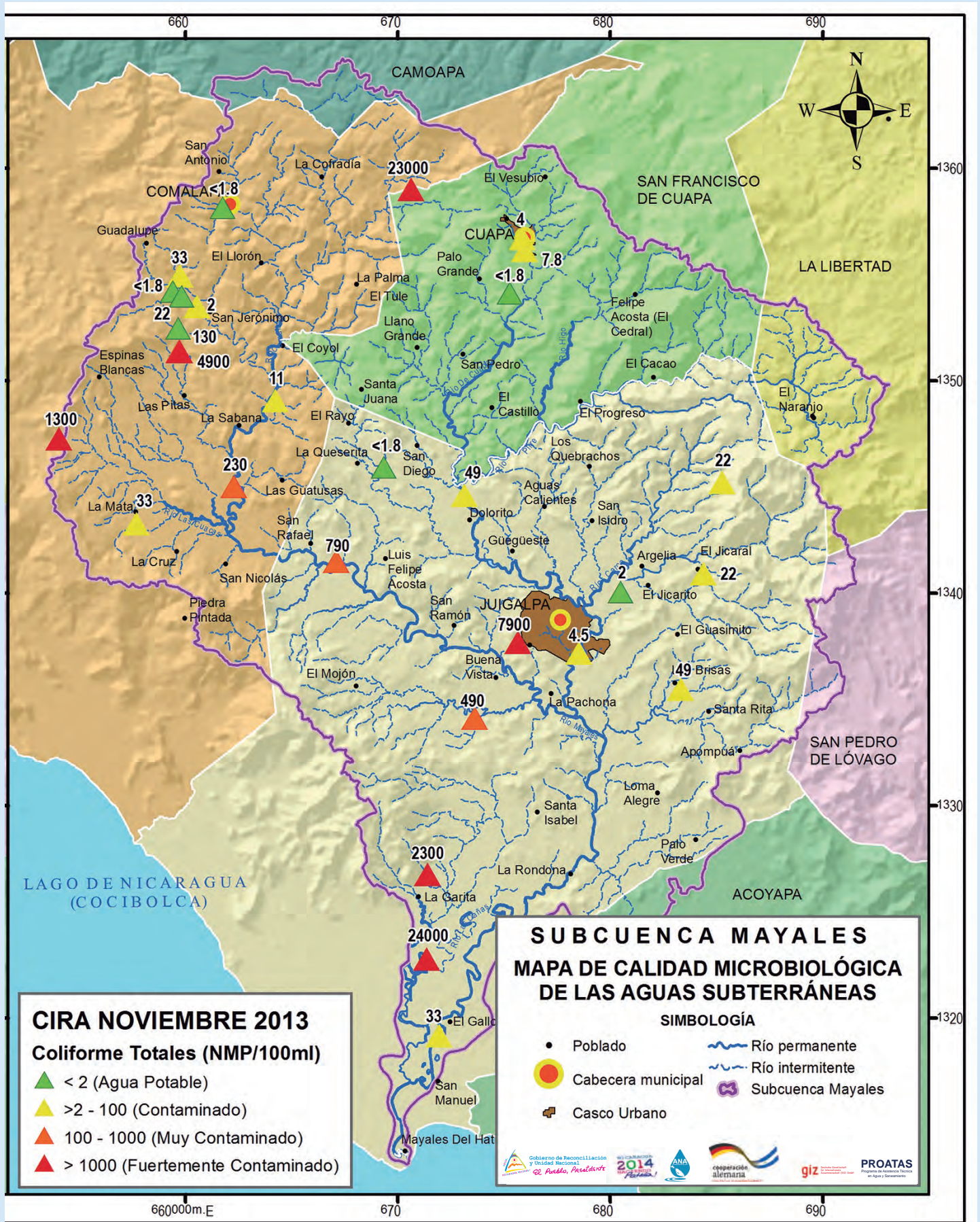
Como se mencionó en la sección 3.2.2.3 (ver pág. 72) el uso de plaguicidas en la parte baja de la cuenca pueden representar fuentes potenciales de contaminación tanto para las aguas superficiales como para las aguas subterráneas.

**Tabla No.13:
Resultados de los análisis orgánicos de las aguas subterráneas de la Subcuenca Mayales**

ID	ID Lab	X	Y	Fecha	Hidrocarburos Aromaticos Policíclicos (ng/l) HAP's	Plaguicidas clorados (ng/l)	Plaguicidas fosforados (ng/l)	Bifenilos Policlorados (µg/l) PCB
9	CO-124	661746	1358153	12/04/2013	ND	ND	ND	ND
11	CO-123	675864	1356690	11/04/2013	ND	ND	ND	ND
12	CO-122	675975	1356129	11/04/2013	ND	ND	ND	ND
24	CO-118	678518	1337188	10/04/2013	ND	ND	ND	ND
25	CO-121	675645	1337692	11/04/2013	ND	ND	ND	ND
26	CO-114	673610	1334121	09/04/2013	ND	ND	ND	ND
28	CO-113	671363	1322770	09/04/2013	ND	ND	ND	ND
29	CO-112	671940	1319170	09/04/2013	ND	ND	ND	ND
30	CO-111	670206	1313450	09/04/2013	ND	ND	ND	ND

ND¹= No detectado

aguas subterráneas de la subcuenca Mayales.



4.2.2.4. Análisis Inorgánicos: Metales Pesados

Los análisis para metales pesados comprendieron 21 puntos de medición en total. En abril 2013 se analizaron 15 puntos y en noviembre 2013 se muestrearon 12 puntos. Del segundo muestreo, siete sitios se volvieron a analizar debido a los resultados obtenidos y su localización (**ver tabla No.14**, ID CM-223, CM 222, CM-221, CM-219, CM-218 y CM 209). Los sitios de muestreo con doble análisis están ubicados en Comalapa y San Francisco de Cuapa donde anteriormente ya habían indicios de presencia de arsénico en aguas subterráneas, aunque todos los resultados se encontraban por debajo de la normas (INETER, 2009).

Así mismo, el análisis realizado en noviembre 2013 comprendió, además de los seis puntos con doble análisis, un muestreo complementario de otros siete pozos. En este segundo muestreo existen dos pozos con valores de arsénico por encima de las normas establecidas (ver en tabla ID CM-223 y CM-587). El valor más alto corresponde al pozo con **ID CM- 587 con 14.82 (µg.l-1)**. Los dos pozos se encuentran ubicados en el municipio de Comalapa y son pozos comunitarios utilizados para abastecimiento de aguas potable a las poblaciones aledañas a los pozos (**ver en anexo 6.1 sitios de muestreo pozos con ID 8 en primer muestreo y ID 9 en segundo muestreo**). El agua de estos pozos comunitarios por lo general no tiene tratamiento previo de potabilización

Cabe mencionar que el pozo con ID CM-223 en abril 2013 obtuvo un valor en el límite de la norma (9.69 µg.l-1) y en noviembre del 2013 el valor sobrepasó las normas permitidas (11.82 µg.l-1), el incremento del valor de arsénico en noviembre puede deberse al intercambio y contacto con el agua de lluvia.

El pozo con ID CM-586 obtuvo valor de arsénico en el límite admisible de la norma OMS (1995). Los sitios de muestreo con ID CM-215 CM-217 CM-208 se encuentran en la ciudad de Juigalpa y la comunidad de San Gregorio, todos los valores para detección de contaminantes metálicos reflejan estar por debajo de los límites establecidos por las normas CAPRE y OMS.

Tabla No.14:
Resultados de análisis de los metales pesados de las aguas subterráneas de la Subcuenca Mayales

ID	ID-Lab	X	Y	Arsénico ¹ (µg/L)		Cobre ² (µg/L)	Plomo ¹ (µg/L)	Mercurio ¹ (µg/L)
				Abril 2013	Noviembre 2013	(Abril 2013)		
8	CM-223	659743	1354945	9.69	11.82	<ld	0.19	<ld
9	CM-222	661746	1358153	4.39	4.95	<ld	0.15	<ld
10	CM-221	670628	1359011	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld
11	CM-219	675864	1356690	6.62	7.15	<ld	<ld	<ld
12	CM-218	675975	1356129	2.33	2.22	<ld	0.21	<ld
13	CM-220	675278	1354116	ld	No se hizo	ld	ld	<ld
24	CM-215	678518	1337188	<ld		<ld	<ld	<ld
25	CM-217	675645	1337692	<ld		<ld	<ld	<ld
26	CM-208	673610	1334121	<ld		13.43	<ld	<ld
28	CM-207	671363	1322770	<ld		<ld	<ld	<ld
29	CM-206	671940	1319170	<ld		8.89	<ld	<ld
30	CM-205	670206	1313450	2.52		<ld	<ld	<ld
33	CM-209	685277	1345205	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld
34	CM-210	684396	1340922	<ld	No se hizo	<ld	<ld	<ld
1	CM-604	654036	1347258	No se hizo	3.67			
2	CM-588	659709	1351385		2.27			
5	CM-589	659664	1352457		2.25			
6	CM-591	659715	1351383		<ld			
7	CM-586	660529	1353496		9.85			
8	CM-585	659409	1354195		7.47			
9	CM-587	659819	1353975		14.82			
Todos los análisis están medidos en (µg.l-1)								
<ld = menor al límite de detección				1 El Valor Límite según la norma CAPRE y OMS: 10µg/L, LD= límite de detección 2 El Valor Límite según la norma OMS 20µg/L				

- 💧 *Las aguas subterráneas poco profundas en los alrededores de las aldeas, cascos urbanos y de los ríos contaminados no son aptas para el consumo humano sin tratamiento previo.*
- 💧 *También muestran las mismas contaminaciones bacteriológicas provocadas por coliformes fecales al igual que las aguas superficiales.*
- 💧 *Las aguas subterráneas procedentes de los acuíferos más profundos muestra una buena calidad.*
- 💧 *Dos pozos en Comalapa muestran concentraciones de 11 y 14 microgramos de arsénico. Estos valores pasan ligeramente el valor límite de la OMS.*
- 💧 *El arsénico muy probablemente se origina en las rocas volcánicas que forman el acuífero.*
- 💧 *Para los acuíferos poco profundos, las principales fuentes de contaminación identificadas son: Aguas residuales de los cascos y de las comunidades rurales, especialmente de aguas que provienen de letrinas precarias y ganadería.*

4.3. Monitoreo de aguas subterráneas

En la subcuenca Mayales 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 ocasionales realizados por INETER en diferentes años. La situación del monitoreo de los pozos respecto a los ríos es diferente en la Subcuenca, ya que el poco monitoreo que existe para las aguas subterráneas contiene más datos de calidad en relación a la cantidad.

Los datos de análisis de calidad más recientes, como ya se mencionó en la sección de monitoreo de ríos, fueron realizados por INETER en 2009 dentro del contexto del estudio "Caracterización biofísica de la Subcuenca del Río Mayales" (ver sección 3.3). En este estudio se analizaron sólo 11 pozos dentro de la cuenca y además de este muestreo, INETER tiene archivos de 56 pozos localizados dentro de la Subcuenca con información química básica (parámetros físico - químicos). Sin embargo las fechas de muestreo de estos sitios fueron en diferentes años, predominando un muestreo realizado en 1968 en 31 puntos. En el período de 1988-1989 se analizaron 11 sitios y finalmente en el año 2001 se analizaron 11 zonas. Sólo 10 de los 56 pozos mencionados se hizo doble muestreo y éstos fueron realizados en períodos de tiempo muy prolongados, lo que dificulta su comparación para efectos del monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas.

El monitoreo de la cantidad de agua subterránea en la Subcuenca sólo fue medida una vez en 176 pozos (excavados y perforados) por INETER en 2009 y comprendió únicamente mediciones de agua subterránea y datos de parámetros físicos - químicos.

5. Consumo y Demanda

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

5.1. Consumo y demanda de agua potable

El análisis de consumo actual de la Subcuenca se hizo en base al consumo urbano y rural de cada una de las municipalidades: Cuapa, Comalapa y Juigalpa.

Según datos de ENACAL, hasta el año 2010 la oferta de agua potable en toda la Subcuenca estaba limitada alrededor de 2 MMC/A y se cubría únicamente de manera descentralizada a través de las fuentes de agua subterránea. El consumidor más grande de la Subcuenca era y es, el área metropolitana de Juigalpa. Actualmente su consumo es satisfecho gracias a la importación de agua desde el lago Cocibolca. Sin embargo, para las dos ciudades de Cuapa y Comalapa el consumo es satisfecho por medio de extracción de aguas subterráneas de acuíferos aislados lo que actualmente no resuelve el problema de suministro.

En la **tabla No.15** se indica la demanda actual real versus demanda óptima de la Subcuenca Mayales. Dichas demandas han sido subdivididas de acuerdo al tipo de población en la Subcuenca: urbana y rural, ya que para cada tipo de población se utilizaron diferentes valores de dotaciones. La dotación real 2013 de las zonas urbanas es el resultado de la división entre la producción de ENACAL y los datos de población. Todos los valores de dotación presentados en las tablas están dados en litros/día/persona. Cabe mencionar que para la demanda real se utilizaron los datos de producción de ENACAL y no de consumo debido a que el primer parámetro es el que determina el valor total de agua extraída superficial o subterránea y para efectos del balance hídrico se necesita conocer la cantidad de agua extraída y no la cantidad consumida.

La dotación real para la parte rural y el valor de dotación óptima para población urbana y rural se proponen en base a los resultados obtenidos de la dotación real urbana.

También se analizaron las normas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de INAA (adaptado a partir de 1989). Dicha norma establece una dotación de acuerdo a rangos de población, es decir a mayor población mayor dotación y no aplican un valor por persona independiente de la cantidad poblacional. Sin embargo, no se consideró la norma en los demás valores propuestos, ya que tampoco fueron considerados estrictamente por ENACAL.

Específicamente la norma recomienda que la dotación para todas las ciudades de Nicaragua, con excepción de Managua, con una población menor a 50,000 debe consumir 75 litros diarios. No obstante, la población de la ciudad de Comalapa (aproximadamente 1,500 habitantes) tiene una dotación diaria de 147 y la ciudad de Cuapa (2,513 habitantes) que cuenta con el doble de la población de Comalapa cuenta con apenas 74 litros diarios. Así mismo sucede para la ciudad de Juigalpa que cuenta con casi 60,000 habitantes y según la norma la dotación debería ser 189 litros diarios y reciben dotación de 289 litros.

Por otro lado, si consideramos que los resultados de dotación presentados son basados en la producción y no al consumo medido de la población conectada, entonces la dotación es todavía más baja para las tres ciudades; puesto que el consumo considera las pérdidas por fugas de tubería y conexiones ilegales.

Entre los datos más importantes destaca la producción de agua en la ciudad de Juigalpa con más de 6 MMC/A. Cabe mencionar que si bien se sabe que la demanda de agua en esta ciudad está casi totalmente abastecida por el lago Cocibolca, se han incorporado los datos de producción, porque no está claro si este abastecimiento será continuo a largo plazo. Para las ciudades (parte urbana) de Cuapa y de Comalapa, la producción 2013 es de 0.07 y 0.08 MMC/A respectivamente. Se tiene como resultado una demanda óptima de 7.38 MMC/A para toda la Subcuenca para un déficit aproximado de 0.07 MMC/A. También destacan los valores más bajos de dotación en la ciudad de Cuapa comparado con el resto de las ciudades; lo que coincide con datos de escasez expuesto por las autoridades municipales de esta ciudad. La diferencia entre la demanda actual y la óptima de Cuapa para zonas rurales y urbanas es de 0.23 MMC/A siendo la segunda más grande después de Juigalpa con 0.27 MMC/A.

Tabla No.15:
Consumo de agua potable/doméstica actual real versus demanda óptima de la Subcuenca Mayales

Municipio	Población 2013 (Datos propios Alcaldías)	Dotación diaria real (ltrs.)	Producción 2013 (MMC/A)	Dotación diaria óptima (ltrs)	Demanda óptima 2013 (MMC/A) ^a	Diferencia entre demanda óptima y producción total 2013 por municipio (MMC/A) ^b
Juigalpa urbano(ENACAL2013)	59,216	276	5.98	280	6.05	0.07
Juigalpa rural (sólo Subcuenca)	10,954	100	0.40	150	0.60	0.20
Total Juigalpa Rural y urbano sólo Comarcas Subcuenca	70,170		6.38		6.65	0.27
Comalapa Urbano (ENACAL 2013)	1,476	147	0.08	280	0.15	0.07
Comalapa Rural (sólo Subcuenca)	4,285	70	0.11	150	0.23	0.13
Total Comalapa Rural y urbano sólo Comarcas Subcuenca	5,761		0.19		0.38	0.20
Cuapa Urbano (ENACAL 2013)	2,513	74	0.07	280	0.26	0.19
Cuapa Rural (sólo Subcuenca)	1,655	70	0.04	150	0.09	0.05
Total Rural y urbano sólo Comarcas Subcuenca	4,168		0.11		0.35	0.24
Total Rural y Urbano sólo con Comarcas Subcuenca Mayales	80,099		6.68		7.38	0.70
	Resultado de división entre producción ENACAL (sólo parte urbana) y población					
	Estimación de dotación rural (70 y 100 ltrs/día) para población rural ya que no se tienen datos.					

^a En la tabla 15, los valores en color verde dentro de la columna "Demanda óptima 2013" se refieren a la suma de la demanda rural y urbana por municipio y también a la suma para los tres municipios.

^b Los valores en color rojo representan la diferencia (déficit) entre demanda óptima 2013 y la producción total 2013 de cada municipio (parte urbana y rural, la última celda en la parte inferior derecha es el total de los tres municipios (Juigalpa, Cuapa y Comalapa).

5.2. Consumo del sector agrario e industrial

El área de producción de las dos empresas productoras de arroz (Esteros S. A. y Fertimar), se sitúa aguas abajo de la estación de aforo de Juigalpa. El aprovechamiento del recurso hídrico que hacen estas dos empresas se realiza a través de las tomas directas desde el lago Cocibolca. Según las informaciones obtenidas de la empresa Agropecuaria Los Esteros, el caudal bombeado y la dotación por manzana es 35,000 gal/día en un ciclo de 8 meses y utilizada en un plazo de 25 días. La extracción actual resultante es más de 14 MMC/A, proyecciones a 2015 indican un incremento del 53% con más de 26 MMC/A (Tabla No.16).

Tabla No.16:

Datos de consumo de agua utilizada por Hanon

Agropecuaria Los Esteros SA (Corporación de Hanon)						
Año	Área finca	Área cultivo de arroz	Ciclo	Dotación		
	Manzana (Mz)	(Mz)	(meses)	(MMC/mes/Mz)	(MMC/mes/ha)	(MMC/año/ha)*
				0	0.0002	0.0015
2013	1,161.60	774.40	8	2.5	1.80	14.36
2014	1,668.60	1,112.40	8	3.68	2.58	20.63
2015	2,118.60	1,412.40	8	4.68	3.27	26.20
*Resultados son para el área total de cultivo de arroz (Mz y el equivalente en ha)						

La empresa Fertimar también bombea agua del lago, porque el rendimiento de sus pozos no basta para el riego de las parcelas, de FERTIMAR se obtuvieron datos de explotación de (Tabla No.17). El valor para la dotación en MMC/A (0.01) es propuesto como valor promedio de agua utilizado en el cultivo de arroz.

Tabla No.17:

Datos de consumo (FERTIMAR)

FERTIMAR							
Año	Area Cultivo de arroz		Ciclo	Dotación			
	Período lluvioso	Período seco	(meses)	(gal/día/Mz)	gal/día/ha	m ³ /día/	MMC/A
	mz	mz	2 x 6	10,274	14,678	56	0.01
2013	1007	800	12	10,346,397	14,795,347	56,000	20,16

Macesa es la única empresa industrial de importancia en la Subcuenca Mayales. Este complejo agroindustrial produce carne, piel, glicerina, harina de hueso y otros, no tiene concesión de aprovechamiento de agua. Para su producción se abastece de un pozo perforado en su propiedad. Las informaciones obtenidas

eran contradictorias y necesitaban correcciones, por lo cual se ha calculado extracción anual de 0.44 MMC/A, como se muestra a continuación.

Tabla No.18:
Datos de demanda MACESA

MACESA SA									
Ubicación			Bomba	Profundidad bomba	Horas bombeo	Extracción	Extracción (2013)		Tanque
Este	Norte	(msnm)	GPM	(m)	(hrs)	(GAL/hrs)	(m ³ /día)	(MMC/A)	volumen GAL
669585	1340387	103	300	72	18	18000	1,226	0.44	100,000

Finalmente se presenta la demanda total en la Subcuenca Mayales en la **tabla No.19** incluyendo todos los tipos de usos en la zona. Entre ellos destacan los diferentes usos de los recursos hídricos que existen en la Subcuenca según los datos de las **tabla No.18**. En el uso pecuario se propone un estimado en base a valores de consumo promedio de 60 litros diario para países tropicales; pues no se cuentan con datos confiables que puedan confirmar estos valores. Así que el cálculo de población vacuna se propone a una cabeza de ganado por manzana del área total de pasto de la Subcuenca, determinado en la sección de uso de suelo actual (**ver sección 1.1.4**). En total se tienen 101,843 manzanas de pasto y equivale a la misma cantidad de reces, dando como resultado un consumo de 2.23 MMC/A. Cabe señalar que esta cantidad no se consume durante todo el año; pues se conoce la práctica de los grandes ganaderos de trasladar el ganado, durante el período seco, a zonas mas húmedas con el objetivo de garantizarles el pasto durante este período. También se tiene conocimiento que la mayoría del ganado bebe agua de los ríos cercanos a los potreros, siendo el consumo de las aguas superficiales de la Subcuenca (**Foto No.19**).

Tabla No.19:
Total de demanda en la sub cuenca Mayales

USO	Demanda por (MMC/A)
Consumo Humano	7.4
Riego	34.23
Industria	0.45
Pecuario	2.23
TOTAL	44.6



Foto 19: Ganado bebiendo agua de las fuentes hídricas superficiales de la subcuenca

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 2023.

Los escenarios son construidos básicamente por diferentes estimaciones de crecimiento poblacional, el desarrollo de la industria y la producción agrícola.

5.3.1. Prospección de Agua Potable

Este escenario tendencial ha sido calculado con las proyecciones de la tasa de crecimiento poblacional (ver sección 1.2) multiplicado con el índice de dotación diaria. En la **tabla No.19** se muestran los resultados de la prospección de demanda para 2023 y también incluye datos de la demanda óptima 2013 para efectos de comparación para un período de diez años. Los cálculos de proyección de la población para toda la Subcuenca Mayales fueron hechos con una tasa promedio de crecimiento de 1.48%.

El aumento de la demanda de agua para consumo humano para el año 2023 en la Subcuenca es de 1.1 MMC/A, siendo el mayor crecimiento de demanda en la ciudad de Juigalpa (1 MMC/A) debido que para esta ciudad está proyectado el mayor incremento de población (casi 10,000 habitantes en 10 años). Cuapa urbano también muestra un valor de demanda alta para 2023 en comparación con la demanda óptima actual propuesta para 2013, teniéndose que cubrir para 2023 un aumento de 40,900 m³/anual.

El reto con respecto al aumento de la demanda de agua para consumo humano del casco urbano de Juigalpa es mantener la calidad de las aguas del Lago de Nicaragua, la fuente que suple esta demanda en la actualidad.

El incremento de la población del Municipio de Comalapa es relativamente bajo. Sin embargo, los datos de producción demostraron déficit en las demandas actuales debido a la disponibilidad de agua subterránea de la cuenca; siendo necesario planificar acciones encaminadas a la captación de agua superficial para poder dar cobertura a la demanda de agua de consumo humano. La situación del crecimiento poblacional en el Municipio de San Francisco de Cuapa es similar a la de Comalapa, el incremento de la población es pequeño, pero la falta de disponibilidad de agua subterránea hace que sea urgente una planificación hídrica que permita dar agua potable a esta población.

La situación de la demanda para las zonas rurales también está relacionada a la oferta de agua subterránea que es escasa, por lo tanto es imperante diseñar un plan de abastecimiento para las zonas rurales tomando en cuenta otras alternativas de oferta hídrica, tal como el aprovechamiento de las aguas superficiales, para dar así soluciones al aumento de la demanda del recurso hídrico, producto del aumento de la población.

Tabla No.20:
Prospección de demanda de la Subcuenca Mayales

Municipio	Proyección 2013-2023	Dotación diaria óptima (ltrs)	Demanda óptima 2013 (MMC/A) ^a	Demanda óptima 2023 (MMC/A) ^a	Diferencia entre demanda óptima 2013 y demanda óptima 2023 (MMC/A) ^b
Juigalpa urbano	68,646	280	6.05	7.7	0.96
Juigalpa rural (sólo Subcuenca)	12,698	150	0.60	0.70	0.10
Total Juigalpa Rural y urbano sólo Comarcas Subcuenca	81,344		6.65	7.71	1.06
Comalapa Urbano	1711	280	0.15	0.17	0.02
Comalapa Rural (sólo Subcuenca)	4967	150	0.23	0.27	0.04
Total Comalapa Rural y urbano sólo Comarcas Subcuenca	6,678		0.39	0.42	0.06
Cuapa Urbano	2913	280	0.26	0.30	0.04
Cuapa Rural (sólo Subcuenca)	1919	150	0.09	0.11	0.01
Total Rural y urbano sólo Comarcas Subcuenca	4,832		0.35	0.40	0.05
Total municipios con todas comarcas	107,803		7.38	8.54	1.15

^a En la tabla 20, los valores en color celeste de demanda óptima 2013 y 2023 representan los totales para cada municipio.

^b Los valores en color rojo representa los totales de la diferencia entre demanda óptima 2013 y 2023 para cada municipio (parte urbana y rural, la última celda en la parte inferior derecha es el total de los tres municipios (Juigalpa, Cuapa y Comalapa). Cada valor es cantidad de agua que se necesita adicionar para cubrir la demanda del 2023.

5.4. Gestión de la demanda de agua

En Nicaragua todavía no se ha implementado la gestión de demanda; puesto que las instituciones públicas, industrias, sector privado y la población en general están poco sensibles y conscientes respecto al valor y vulnerabilidad de los recursos hídricos.

En la Subcuenca Mayales tampoco existe aplicación de la ley respecto al uso o aprovechamiento del agua. Esta falta de aplicación forma parte de la no implementación de la gestión de demanda que tiene como objetivo implementar políticas, reglamentos y otras medidas que sirven para controlar el volumen de agua usado. La ley 620 dentro de este contexto tiene en sus objetivos el "Regular el otorgamiento de derechos de usos o aprovechamiento del recurso hídrico y de sus bienes".

Así mismo, no existe control de extracciones realizadas por las empresas arroceras, y otras pequeñas industrias en la Subcuenca. La mayor parte del agua del lago Cocibolca utilizada por estos sectores es manejada en grandes cantidades, mayores a los estándares según las normas de riego.

Actualmente ninguna de las grandes empresas tales como: Agropecuaria (Corporación HANON) Los Esteros S. A., Fertimar y MACESA cuenta con el otorgamiento de concesión para el aprovechamiento del recurso hídrico. Sin embargo, se sabe que estas empresas extraen grandes volúmenes de agua de la parte de baja de la Subcuenca. Por ejemplo, Los Esteros S. A. y Fertimar extraen más de 34 MMC/A, además la empresa MACESA cuenta con un pozo sin concesión con un volumen de extracción estimada de 447,000 m³ anuales. (Ver capítulo 5, para más detalle de extracción de cada empresa).

- 💧 A excepción del casco urbano de Juigalpa el suministro actual de agua en la Subcuenca Mayales, no satisface la demanda real.**
- 💧 En las zonas rurales el déficit también vale para la calidad de agua.**
- 💧 La situación más crítica está en la Municipalidad de Cuapa, donde la dotación actual es 74 litros por persona por día mientras en Juigalpa se dota 176 litros por persona por día.**
- 💧 Actualmente ninguna de las grandes empresas tales como: Agropecuaria (Corporación HANON) Los Esteros SA, Fertimar y MACESA cuenta con el otorgamiento de concesión para el aprovechamiento del recurso hídrico.**

6. Balance hídrico

6.1 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 subcuenca Mayales se utilizó la siguiente ecuación para la determinación del balance hídrico:

Los términos del balance hídrico:

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

$$P = E_s + E_{tr} + \Delta R$$

La precipitación (P) es conocida por medio de los registros de las estaciones de INETER de más de 50 años; así como datos de la escorrentía superficial (Es), los cuales también fueron obtenidos por medio de los registros de la estación El Jicaral de INETER (ver sección 3.2).

Cabe mencionar que en esta ecuación nos referimos a evapotranspiración real, esta variable fue posible determinarla ya que se conocían el resto de valores de la ecuación. Así, la Evapotranspiración Real (Etr) se obtuvo como diferencia de las demás variables de la ecuación:

$$E_{tr} = P - (E_s + \Delta R)$$

En el caso del método que hemos aplicado (vea más abajo) el término (ΔR) se convierte en cero, quiere decir, que la recarga equivale a la descarga de los acuíferos. El balance se escribe entonces:

$$E_{tr} = P - (E_s + \Delta R = 0)$$

Por otro lado la evapotranspiración se calcula como la diferencia entre precipitación y escorrentía.

La recarga de un acuífero se puede calcular ya sea:

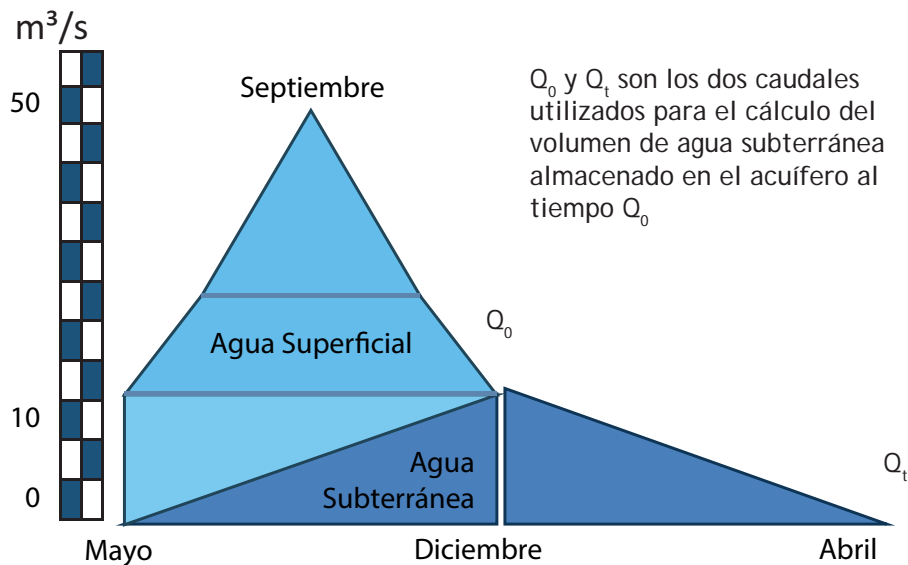
- 💧 **Por la medición directa de la recarga (pruebas de infiltración, mediciones de evapotranspiración utilizando lisímetros, análisis de variación del nivel estático entre otros).**
- 💧 **Por cálculo del flujo a través del acuífero.**
- 💧 **Por la determinación del caudal que sale del acuífero.**

En el caso de la Subcuenca Mayales, el único método aplicable en el último método facilitado por la estación de aforos de INETER, en la cual se han registrado datos de caudales de los ríos durante 38 años. La estación se sitúa en el curso inferior del sistema fluvial de la Subcuenca Mayales y controla 880 km² - equivalente al 83% - del total de 1,053 km² de su superficie. Todos los flujos que salen de la Subcuenca, tienen que pasar por esta "aguja de control", los 173 km² que se sitúan aguas abajo no están incluidos.

Cuando las precipitaciones cesan al fin de la estación lluviosa, el caudal en un río se alimenta únicamente por drenaje de los acuíferos, es decir, desde el agua subterránea. Sin lluvia, los acuíferos no reciben recarga y el drenaje hacia los ríos es a través de los reservas de agua subterránea, almacenada durante la estación lluviosa. Estas reservas siguen disminuyendo, hasta que el gradiente de flujo del acuífero hacia el lecho de río se convierte en cero. En este momento el flujo de los ríos desaparece y el río se seca. Esta situación se observó muchas veces en la estación de aforo de Juigalpa, ocurriendo la mayoría de las veces en los meses de Abril y Mayo. Este caso se presentó sobre todo, cuando en el año anterior a las mediciones, las precipitaciones eran inferiores al promedio anual. Cuando el año anterior fue muy lluvioso, el caudal del río se mantuvo hasta que las primeras lluvias provocaban nuevamente la esorrentía superficial.

La disminución de un flujo base en un río que drena a un acuífero durante la estación seca sigue una ley logarítmica, que permite calcular las reservas de agua subterráneas que se encuentran ubicadas en los acuíferos aguas arriba de una estación de aforo. En este caso los acuíferos localizados aguas arriba de la estación El Jicaral de la Subcuenca Mayales. Teóricamente el cálculo puede hacerse sin conocimiento ninguno del sistema de acuífero - o acuíferos - situado aguas arriba, que son entonces considerados como una caja negra. Los únicos datos que se necesitan son el caudal en el río y el registro de lluvias de una estación vecina (**Figura No.10**).

Figura No. 10:
Esquema de recarga y descarga en el ciclo anual



En la tabla de abajo, la integración del volumen de agua incluido por la función logarítmica entre $Q_t - Q_0$, da las reservas de agua subterránea (R_{recursos}), almacenadas en el/los acuífero(s), aguas arriba de la estación de aforo al fin de la estación lluviosa y al inicio de la estación seca. El volumen equivale a la recarga de los acuíferos durante la estación lluviosa anterior.

Análisis de las Curvas de Descenso

(recession curve analysis)

Durante un período de sequía el caudal del acuífero (o caudal de un manantial), disminuye de manera logarítmica de acuerdo a la fórmula:

$$Q_t = Q_0 \times e^{-\alpha t}$$

donde:

Q_t = caudal del manantial al final del período de sequía

Q_0 = caudal del manantial al principio del período de sequía al momento t_0

e = logaritmo natural

t = tiempo

α = coeficiente de agotamiento

La fórmula permite una determinación gráfica o analítica del coeficiente α según:

$$\log Q_t = \log Q_0 - (\alpha \lg e) t$$

$$\alpha = \frac{\log Q_0 - \log Q_t}{0.4343 \times t}$$

Los recursos hídricos (caudales residuales Q_{res}) al principio del período de sequía se calculan de acuerdo a la fórmula:

$$Q_{\text{recursos}} = \int_{t_0}^{\infty} Q t dt$$

y según integración:

$$Q_{\text{recursos}} = \frac{Q_0}{\alpha}$$

Se realizaron varios escenarios de acuerdo al período de datos, del total se verificaron 8 series de flujo base, desde los años 1970/71 hasta 2006/07.

El valor promedio por Q_{res} fue de 9 (MMC/A = millones de m^3 /año), el máximo de 12 (MMC/A) y el mínimo de 6 (MMC/A). El valor promedio se correlaciona con la precipitación media anual. Las recargas más altas ocurrieron cuando el año anterior fue lluvioso, las recargas más bajas fueron cuando la precipitación del año anterior fue baja (**Tabla No.22**).

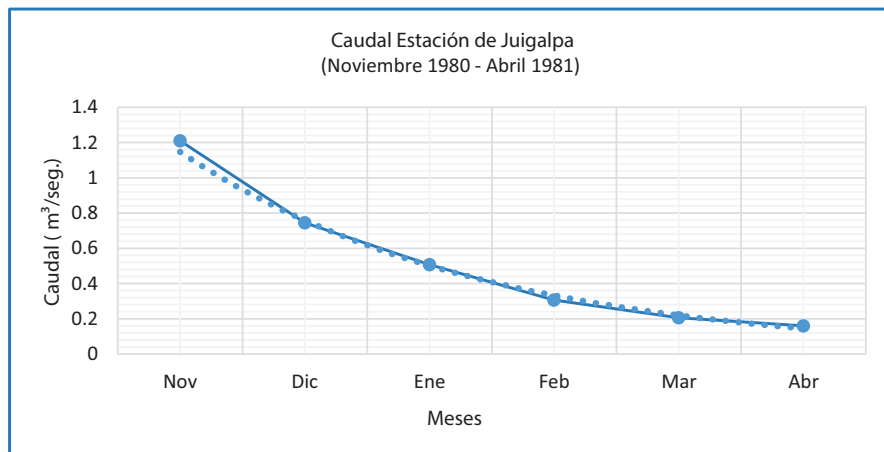
Para la disponibilidad del agua subterránea hemos seleccionado los tres valores siguientes: media 9 (MMC/A); seco 6 (MMC/A); lluvioso 12 (MMC/A).

Un ejemplo de cómo se hicieron los cálculos, es dado en la figura No 11. Dentro de este ejemplo se muestran dos gráficas, la primera corresponde a una curva resultante de los valores de caudales versus meses. La siguiente gráfica muestra el comportamiento lineal del coeficiente de agotamiento de los caudales de forma logarítmica hasta llegar al valor de flujo base (**Figura No.11**).

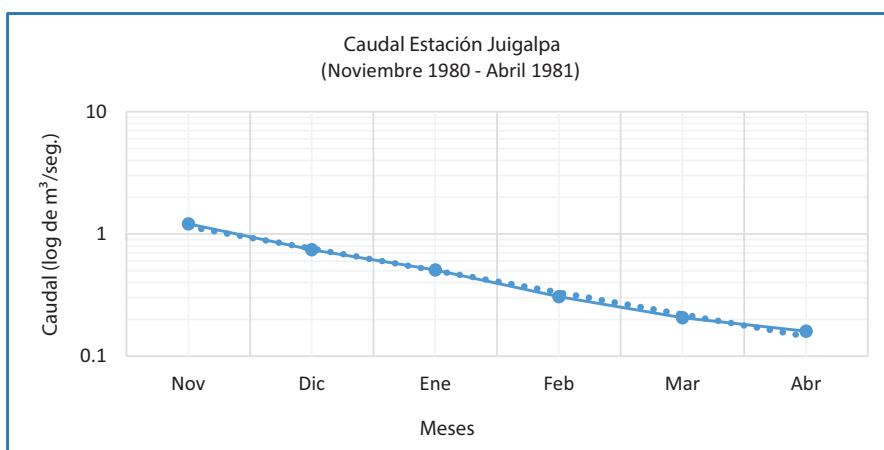
Figura No.11:
Esquema de ejemplo de cálculos de curvas de agotamiento
(1980-1981)

Flujo de base 1980-81. Coef. de pluviosidad = 1.38. Año lluvioso														
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DIC	MED
PREC:	1980	6	2	4	0	212	300	119	213	193	242	294	4	1589
(mm)	1981	0	6	8	6	187	361	86	221	138	152	55	13	1233
Escor:	1980					9.34	19.6	8.13	11.2	41.6	64.1	67.4	6.05	
(m³/s)	1981	2.87	1.28	0.386	0.009	0.03	29	10.6				3.64	1.89	

Meses	Caudal
Nov	1.21
Dic	0.744
Ene	0.507
Feb	0.307
Mar	0.206
Abr	0.16



Meses	Caudal
Nov	1.21
Dic	0.744
Ene	0.507
Feb	0.307
Mar	0.206
Abr	0.16



$$\alpha = \frac{\log Q_0 - \log Q_t}{0.4343 \times t} \quad \alpha = 0.388211734$$

$$Q_{\text{recursos}} = \frac{Q_0}{\alpha} \quad Q = 8078,890 \text{ m}^3$$

Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Subcuenca Mayales

Se presenta la disponibilidad del agua subterránea y superficial en base a la precipitación de año medio y después específicamente para cada uno de los tres escenarios del año medio, seco y lluvioso. El balance demuestra que el agua que cae como lluvia sobre la Subcuenca se transforma en:

- 💧 **evapotranspiración: 68 - 79%,**
- 💧 **en escorrentía superficial: 21 - 31%,**
- 💧 **y solamente 0.6 - 0.8% de las precipitaciones recargan los acuíferos.**

El balance confirma lo dicho anteriormente: los recursos de agua de la Subcuenca Mayales son de dominio superficial. Los recursos de agua subterránea son de poca importancia. Cabe mencionar que el cálculo de la disponibilidad del agua subterránea y superficial sólo fue posible gracias a los 39 años de datos acumulados de la estación de aforos Jicaral ubicada en Juigalpa, de esta manera es importante resaltar lo esencial del monitoreo del agua en todas sus formas.

**Tabla No.22:
Disponibilidad del agua subterránea y superficial de la Subcuenca Mayales.**

CUENCA	(km ²)	(m ³ /año)	(mm)	%
(arriba de la estación de aforo)	880			
PRECIPITACIÓN				
PRECIPITACIÓN año medio		1,230,240,000	1,398	100
PRECIPITACIÓN año seco		957,440,000	1,088	77.8
PRECIPITACIÓN año lluvioso		1,494,240,000	1,698	121.5
ESCORRENTÍA				
	m3/s			
ESCORRENTÍA año medio	10.3	324,820,800	370	26.4
ESCORRENTÍA año seco	6.4	201,830,400	230	21.08
ESCORRENTÍA año lluvioso	14.9	470,000,000	534	31.4
FLUJO BASE = RECARGA *				
	m3/s			
RECARGA (Flujo base), año medio	0.285	9,000,000	10.20	0.73
RECARGA (Flujo base), año seco	0.190	6,000,000	6.85	0.63
RECARGA (Flujo base), año lluvioso	0.381	12,000,000	13.58	0.8
EVAPOTRANSPIRACIÓN				
EVAPOTRANSPIRACIÓN año media		905,419,200	774	73.6
EVAPOTRANSPIRACIÓN año seco		755,909,600	720	78.9
EVAPOTRANSPIRACIÓN año lluvioso		1,024,240,000	884	68
*como parte de escorrentía				
** Subcuenca Mayales sin Juigalpa urbano				

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

La **tabla No.23**, presenta el balance para aguas superficiales y subterráneas. En este balance se incluyen todos los tipos de uso de agua que existen en la Subcuenca y la suma de la disponibilidad de agua subterránea y superficial en los diferentes escenarios (seco, medio y lluvioso).

Entre los resultados principales, destacan la oferta total con un promedio de 325 MMC/A para toda la Subcuenca, la suma de la demanda de acuerdo a todos los usos es de 44 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 172 MMC/A para un año seco. Contrario al balance de entrada y salida de aguas subterráneas que tiene un valor de apenas 4.2 MMC/A para un año de precipitación media y 1.2 MMC/A en un año seco (ver siguiente sección donde se aborda el balance sólo para aguas subterráneas).

Tabla No.23:
Balance hídrico de oferta
(agua subterránea y superficial) y demanda total

Oferta total	Demanda Total*	% Demanda de la Oferta Total	Demanda Consumo Humano	% Demanda de Consumo Humano en la Oferta Total
MMC/AÑO				
OFERTA año medio	325	44.6	7.4	2.3
OFERTA año seco	202	44.6	7.4	3.7
OFERTA año lluvioso	470	44.6	7.4	1.6

* Incluye todos los usos (ver tabla demanda total Subcuenca Mayales)

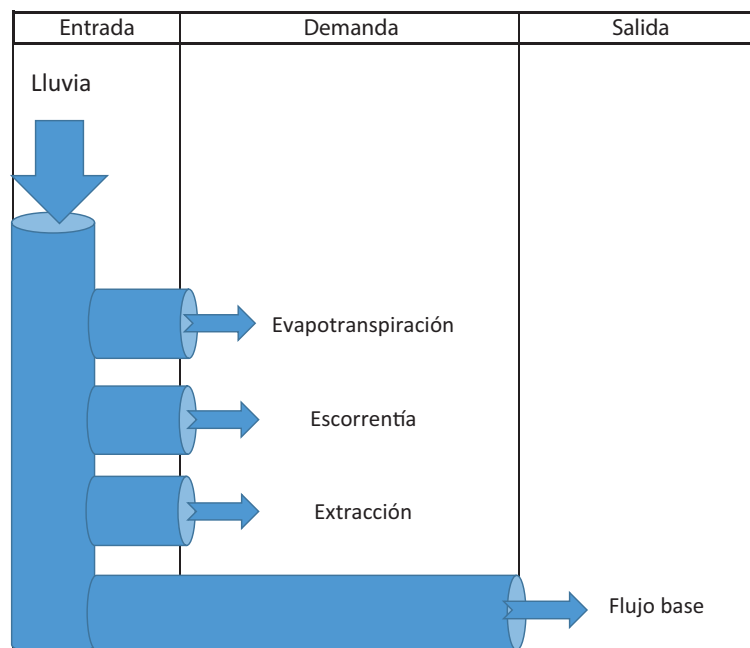
El resultado permite algunas conclusiones:

- 💧 *El flujo base representa la recarga anual de las aguas subterráneas y sus reservas para el uso sostenible. Su promedio fue calculado basado en datos de muchos años y diferenciado por distintos regímenes de precipitación (medio, seco, lluvioso).*
- 💧 *La recarga de los acuíferos en la Subcuenca Mayales es muy baja y asciende a 9 (MMC/A) en el régimen medio, 6 (MMC/A) en el régimen seco y 12 (MMC/A) en el régimen lluvioso.*
- 💧 *La capacidad de amortiguación de los acuíferos aguas arriba de la estación de aforo es baja. Cuando la entrada en el sistema es alta, la salida del sistema es alto también y vice versa.*
- 💧 *Cuando el flujo en el Río Mayales llega a ser cero, la recarga de los acuíferos aguas arriba de la estación de aforo ha sido consumida. Todas las demás extracciones de agua subterránea se hacen de las reservas estáticas.*
- 💧 *Cuando el Río Mayales tiene su caudal permanente (flujo base); aunque los segmentos en los demás ríos de la cuenca ya se han secado, el contacto hidráulico entre el flujo de base y el resto de la Subcuenca no existe. En este caso - cabe ser verificado - el flujo base en la estación de aforo proviene solamente del acuífero que alimenta a los pozos de ENACAL al sur de Juigalpa.*

6.3. Balance de Oferta y Demanda de las aguas subterráneas

El siguiente gráfico visualiza el concepto de balance hídrico:

Grafico No.11:
Concepto balance hídrico entrada y salida



Desde el punto de vista hidrológico, la Subcuenca Mayales es un sistema cerrado. La única entrada son las lluvias, y el volumen de agua que las lluvias ofrecen, es absorbido por 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, industrial, 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. restante 70% sale del sistema vía evapotranspiración y producción agraria. Las reservas disponibles de las aguas subterráneas (recarga) calculadas para 3 regímenes de precipitación son promedios de 50 años. La extracción de las aguas subterráneas durante este período naturalmente subió; sin embargo en el mismo período también aumentó el promedio de pluviosidad anual. Por tanto

se puede asumir los promedios de las reservas de las aguas subterráneas como reservas adicionales y constantes durante este período. Para calcular el balance oferta/demanda de la situación actual y para futuros escenarios se usaron los datos de 2013 de extracción/producción de ENACAL y de los otros sectores usuarios en la cuenca (**Tabla No.24**).

La siguiente tabla muestra la comparación entre oferta y demanda de las aguas subterráneas. El cálculo se basa en la situación del año 2013. Dado que se trata de una comparación de oferta y demanda, se incluyó la demanda de la zona urbana de Juigalpa a pesar que la población consume agua proveniente del lago Cocibolca y este cuerpo de agua no pertenece a los recursos hídricos de la Subcuenca. Sin embargo, como la ciudad de Juigalpa se localiza dentro de la Subcuenca, su demanda de agua debe de incorporarse dentro del balance, y así determinar si dicha demanda puede ser abastecida por la disponibilidad del agua en la cuenca.

Tabla No.24:
Balance oferta /demanda para las aguas subterráneas

Retrospección & Pronóstico	2013 (MMC/A)	2015 (MMC/A)	2023 (MMC/A)
OFERTA (neto) (año medio)	9.00	9.00	9.00
OFERTA (bruto) (año medio)	11.58		
OFERTA (neto) (año seco)	6.00	6.00	6.00
OFERTA (bruto) (año seco)	8.58		
DEMANDA		Aumento (2013-2015)	Aumento (2013-23)
Agua potable			
Juigalpa Urbana **	6.05	0.62	1.77
Comalapa Urbana	0.15	0.06	0.18
Cuapa Urbana	0.26	0.01	0.05
Cuenca rural	0.92	0.01	0.06
Agricultura e Industria			
Riego*	34.23		
Ganadería*	2.22	0.05	0.20
Industria	0.45	0.05	0.25
Balance oferta /demanda (año medio)	4.20	3.40	1.69
Balance oferta /demanda (año seco)	1.20	0.40	-1.31
*Los cultivos de arroz están situados fuera del área de estudio, la ganadería es mayormente de consumo de agua superficial.			
**Desde 2011 alimentado por agua del lago Cocibolca			

- 💧 *El potencial de agua subterránea disponible en la Subcuenca Mayales se ha determinado a 6 - 12 millones de metros cúbicos por año (MMC/A). Con una media de 325 (MMC/A), el potencial de agua superficial es 35 veces más grande.*
- 💧 *El flujo base que sale del sistema, equivale a la cantidad de agua disponible en la Subcuenca y es - en cierto modo - el saldo de entrada, demanda y salida.*
- 💧 *Los recursos subterráneos de la Subcuenca en sus partes altas y medias son aptos para suministros puntuales, que corresponden a una vivienda, una aldea o un abrevadero. No son aptos para el abastecimiento seguro y satisfactorio de las municipalidades o cascos urbanos de las ciudades que se encuentran dentro de la Subcuenca.*
- 💧 *Los recursos superficiales son abundantes y de buena calidad. Su aprovechamiento por gravedad sería a la vez económico y sostenible, cuando se reduzca su contaminación bacteriológica y se proteja la parte alta de la cuenca.*

7. Situación del Suministro de Agua Potable y Saneamiento

En este capítulo se aborda la situación del suministro de agua potable dentro de la Subcuenca 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. Por último se explica la situación sobre el saneamiento de las aguas residuales.

7.1. Suministro Rural

El suministro de agua potable en la zona rural de la Subcuenca es a través de pozos, perforados en su mayoría, por los gobiernos municipales en conjunto con instituciones estatales tales como el nuevo FISE y organismos no gubernamentales. En la Subcuenca la mayoría de pozos comunitarios ubicados en las zonas rurales fueron construidos por el ENACAL, nuevo FISE y organismos como UNICEF.

Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Subcuenca Mayales

Los pozos de la parte alta y media de la Subcuenca para abastecimiento rural, se encuentran por lo general cerca de los ríos y son de profundidad somera. Dentro de la zona rural hay pozos perforados y pozos excavados. Según la base de datos de SIASAR alimentada por el nuevo FISE, en la Subcuenca Mayales existen 4 tipos de sistema de suministro:

- 5 Mini Acueductos por Gravedad (MAG)
- 12 Mini Acueductos por Bombeo Eléctrico (MABE)
- 21 Pozos Excavados con Bomba Manual (PEEBM)
- 161 Pozos Perforado con Bomba Manual (PPEBM)

El total de viviendas abastecidas por estos sistemas de suministros es aproximadamente de 1,570. Cabe mencionar que de estos sistemas, 39 de ellos, entre mini acueductos y pozos, se encuentran en mal estado o regular y en muchas ocasiones los PPEBM y PEEBM no tienen datos de abastecimiento a viviendas, lo cual puede interpretarse como un mayor número de viviendas abastecidas por la falta de datos para algunos pozos.

La mayoría de los pozos perforados ubicados en la zona rural, están provistos con sistema de bombeo sencillos llamados bombas de mecates, para el suministro de agua potable de un hogar o un abrevadero; también existen pozos excavados con este tipo de bomba (**Foto No.20**). Y pozos excavados sin ningún sistema de bombeo en donde la extracción de agua se realiza de forma manual (**Foto No.21**).

Los pozos de las zonas rurales no se encuentran bien protegidos. Por ejemplo, los pozos perforados con bomba de mecate son fácilmente desmontables haciéndolos propensos a la contaminación antropogénica y animal.



Foto 20: Pozo excavado con bomba de mecate



Foto 21: Pozo excavado sin ningún tipo de protección

Los pozos excavados tienen una construcción más rudimentaria, con revestimiento de menos de un metro y gran diámetro (alrededor de un metro) se encuentran más expuestos a cualquier tipo de contaminación. Cabe mencionar que estos pozos para suministro rural, no cuentan con su debido mantenimiento y cuando se daña alguna parte del sistema de bombeo, las comunidades tienen que asumir los gastos o sino el pozo queda fuera de operación.

En el suministro rural también se encuentran pozos privados que generalmente

son perforados y cuenta con bomba eléctrica de gran capacidad como es el caso de empresas privadas como MACESA y FERTIMAR (foto 22).

En la parte baja de la Subcuenca también se encuentra pozos excavados que no necesitan sistema de bombeo; ya que el nivel del agua subterránea se encuentra muy somero.

7.2. Suministro Urbano

El suministro de agua potable de los cascos urbanos en la subcuenca se realiza de acuerdo con la situación local a través de pozos y de fuentes superficiales o en el caso de Juigalpa, a través del lago Cocibolca vía acueducto con estación de bombeo. En Comalapa un pozo perforado que pertenece a ENACAL y está equipado con bomba eléctrica, suministra agua a la zona urbana.

En Cuapa los acuíferos poco productivos no permiten el suministro de agua suficiente a través de los 3 pozos instalados. La productividad de estos pozos perforados y manejados por ENACAL en Cuapa, penetran y explotan formaciones de rocas volcánicas del tercer dominio (ver cap. 4.1) y su rendimiento específico de 0.0048 m³/min por metro de abatimiento (l/s x m), no satisface el volumen de agua requerido para el suministro de agua potable de la población de dicho municipio (ver cap. 5). Para satisfacer la demanda mínima se aprovecha también dos fuentes superficiales (La Mica y Oluma) (Foto 23 y 24).

De acuerdo con una investigación preliminar, estas fuentes muestran una productividad conjunta mínima (en la época seca) de 10 litros por segundo que corresponde a 864 m³/día. Equipada con una infraestructura (captación y acueducto) adecuada, esta productividad podría garantizar el suministro a la población total del Municipio. Además el suministro por gravedad es la forma más económica y limpia de suministro.

Para la ciudad de Juigalpa el suministro de agua potable solía hacerse a través de pozos perforados pertenecientes a ENACAL. Existe un campo de



Foto 22: Tanque de almacenamiento de Empresa MACESA

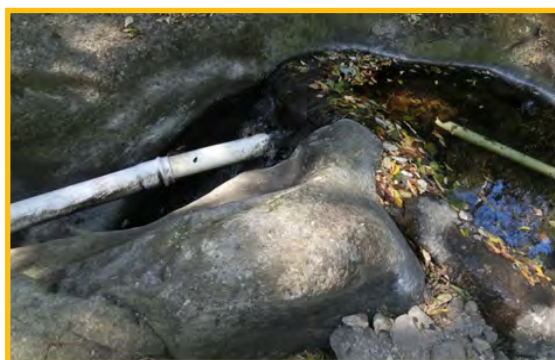


Foto 23: Captación de agua superficial en Cerro La Mica



Foto 24: Captación de agua superficial en Cerro Oluma

10 pozos en la comarca El Consuelo y sus alrededores que actualmente se encuentran en desuso; puesto que la ciudad ahora se abastece de agua del lago Cocibolca. Este nuevo abastecimiento se da desde el año 2010, ya que el campo de pozos de ENACAL no era suficiente para satisfacer la demanda de Juigalpa.

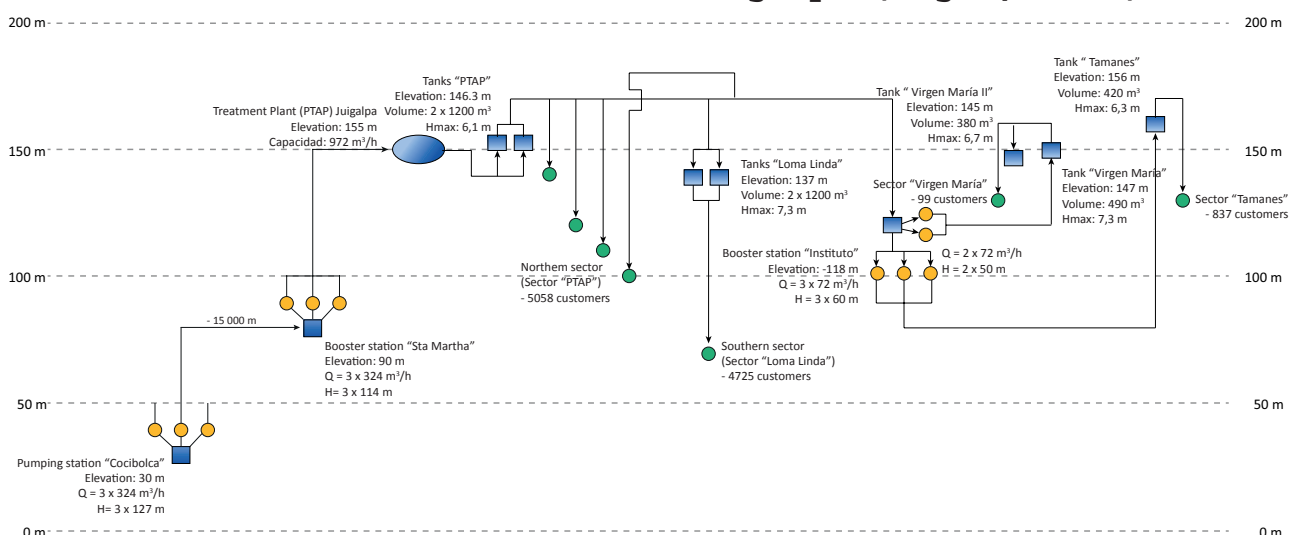
La sección descrita a continuación fue suministrada por Marion Vogel (2013) en una versión en inglés y se trató de adaptar la versión lo más fiel a la original.

El sistema de suministro de Juigalpa cubre una distancia de aproximadamente 35 km y una diferencia de altura de 125 m entre las dos estaciones de bombeo y las plantas de tratamiento. El agua ya tratada es almacenada en dos tanques de 1,200 m³ cada uno y desde ahí el agua es distribuida principalmente por gravedad. La parte norte de la ciudad es abastecida directamente por estos tanques. Dichos tanques también suministran agua a dos tanques de almacenamiento de donde el agua es enviada a los usuarios de la parte baja sur del pueblo. Finalmente, existe una pequeña estación de rebombeo que llena los tanques con mayor capacidad de almacenamiento y que actualmente solo suministran agua a una porción muy pequeña de la parte este de la ciudad de Juigalpa.

La red de suministro está dividida en 4 sectores abastecida por los tanques de almacenamiento arriba mencionados. La figura 12 muestra un esquema simplificado del sistema de suministro de agua de Juigalpa.

La situación respecto a la cantidad de pérdidas reales es alrededor de 410 litros por conexión al día. Las medidas para reducir estos valores están limitadas al reporte de reparación de tuberías rotas, provocando el corte del suministro de agua en la noche en la parte sur de la ciudad. También es necesario mencionar que alrededor de 21 km de longitud de tuberías de un total de 140 km, son tuberías cementadas con asbesto y tiene entre 50 y 60 años de uso, las que se encuentran mayormente localizadas en el centro de la ciudad.

Figura No. 12:
Sistema de suministro de Juigalpa (Vogel, 2013)



Actualmente se están tomando medidas para mejorar la operación de la red de distribución, reducir las pérdidas de agua y el consumo de energía.

- 💧 *Actualmente el suministro de agua en la zona alta de la subcuenca no satisface la demanda. Ésto vale especialmente para el Municipio de Cuapa.*
- 💧 *Esta escasez no se funda en la falta de recurso hídrico. Dos fuentes de agua superficial tienen una productividad de 10 litros por segundo; suficiente para satisfacer la demanda de la población y la demanda ecológica.*
- 💧 *El suministro por gravedad y a través de acueducto es la forma más económica y inofensiva para el medio ambiente.*
- 💧 *La zona urbana de Juigalpa actualmente está alimentada por agua de lago Cocibolca a través de acueducto y estación de bombeo.*
- 💧 *Considerando las inversiones altas de construcción, las pérdidas altas de agua y los costos de energía y mantenimiento, es poco probable que este sistema pueda ser sostenible.*
- 💧 *Una paralización de la instalación provocada por contaminaciones del lago Cocibolca, llevaría a problemas serios de abastecimiento de agua a esta zona urbana.*

7.3. Situación de las aguas residuales

En **Juigalpa** no existe alcantarillado sanitario. Los servicios sanitarios y letrinas se encuentran conectados a sumideros y pozos sépticos. En algunos casos, las fosas de las letrinas son calzadas y una vez llenas, se procede a solicitar el servicio de una empresa para extraer los residuos; luego que la fosa se llena, se procede a sellarla y en la vivienda se construye nueva letrina. Respecto a las aguas grises, estas son vertidas a las calles y luego a cauces. En el área rural, más del 50% de las viviendas usan letrinas.

Actualmente está previsto un proyecto para dotar de ese servicio a la población urbana, mismo que será financiado por la Cooperación de Corea y ejecutado por ENACAL en coordinación con la Alcaldía de Juigalpa.

En **San Francisco de Cuapa** no se cuenta con alcantarillado sanitario, ni con el drenaje de aguas pluviales; estas son encausadas de forma natural y caen en las quebradas y ríos. Los servicios sanitarios y letrinas están conectados a sumideros y pozos sépticos. Las aguas grises de las viviendas,

son captadas en una pila y luego son vertidas en los patios. En el área rural, hay comunidades que disponen de letrinas ecológicas.

En **Comalapa** no se cuenta con alcantarillado sanitario, ni con el drenaje de aguas pluviales, estas son encausadas de forma natural y caen en las quebradas y ríos. Los servicios sanitarios y letrinas están conectados a sumideros. Las aguas grises de las viviendas, son vertidas a las calles y luego a cauces naturales.

- 💧 *Se carece de alcantarillado sanitario.*
- 💧 *En Juigalpa está previsto un proyecto para dotar de ese servicio a la ciudad, que será ejecutado por ENACAL.*
- 💧 *Servicios sanitarios y letrinas están conectados a sumideros y pozos sépticos.*
- 💧 *Aguas grises de las viviendas, son vertidas a las calles y luego a cauces naturales.*

7.4. Situación de los desechos sólidos

En Juigalpa, el vertedero actual está localizado a 7 km de la ciudad, con una extensión de 6.98 ha. Es a cielo abierto y no hay tratamiento a lixiviados. Los residuos se depositan, luego se cubren con tierra y se compactan. Se utilizan 4 camiones recolectores, tres de ellos con capacidad de 8 m³ y uno con capacidad de 12 m³. La recolección se hace 2 veces por semana por zonas del núcleo urbano y hay un servicio especial para empresas, restaurantes y hoteles, de dos veces por día. El volumen diario que entra es de 93.15 m³.



Foto 25: Vista del Basurero público de la alcaldía de Juigalpa

No hay reciclaje formal, pero los operarios de los camiones seleccionan y comercializan, sin participación de la alcaldía, plástico y latas. Existe un control de acceso al vertedero a través de un vigilante, porque hay personas que llevan directamente desechos de construcción, cajas de cartón, etc. pagando por ello la cantidad de C\$ 20.00 (\$ 0.78). Se calcula el volumen de esta basura en 0.80 m³ por día (**Ver Foto 25**).

En **San Francisco de Cuapa**, existe un basurero municipal, ubicado a unos 3.2 kilómetros de la cabecera municipal, con una extensión de 0.70 ha. Es a cielo abierto, no hay tratamiento a lixiviados y no se tiene control de acceso. La basura es recolectada una vez por semana, por un camión con capacidad de 7 m³, el cual realiza 5 viajes. Cada semana entra un volumen de 35 m³. No hay reciclaje (**Ver Foto 26**).



Foto 26: Vista del Basurero público de la alcaldía de San Francisco de Cuapa

En **Comalapa** se cuenta con un basurero público, ubicado a 1.5 Km al sur del poblado, con una extensión de 1.88 ha. Es a cielo abierto, no hay tratamiento a lixiviados y no se tiene control de acceso. En la actualidad no existe ningún tipo de tratamiento para la basura recolectada, solamente se hace soterramiento. En el área urbana, una vez a la semana se recolecta la basura; el servicio se realiza con un camión con capacidad de 4 m³, el cual realiza tres viajes. El volumen semanal que entra es de 12 m³ (**Ver Foto 27**).

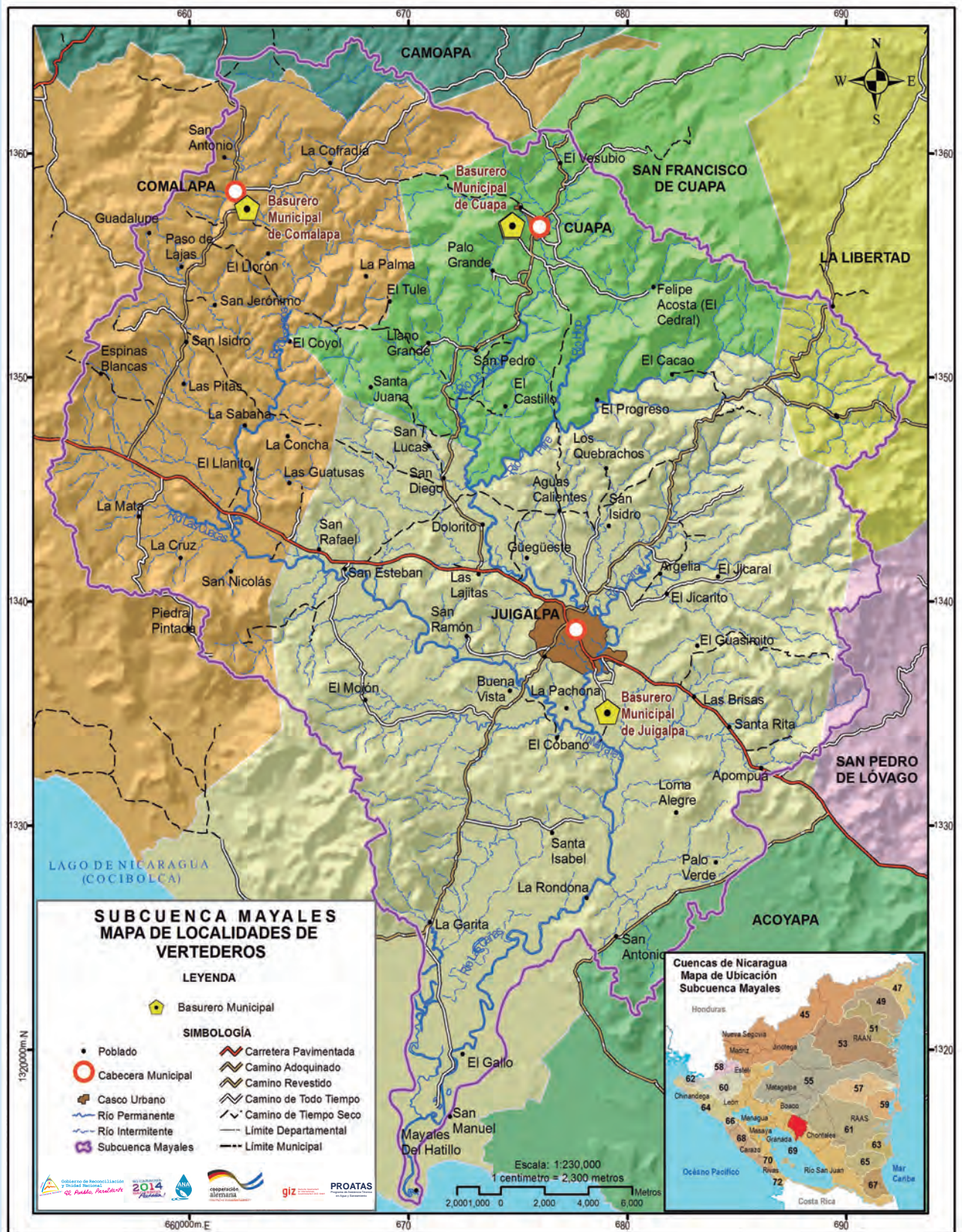


Foto 27: Vista del Basurero publico de la alcaldía de Comalapa

El servicio de recolección de basura se ha extendido a dos comunidades rurales: San Patricio y El Pochote, en ambas se hace la recolección una vez cada ocho días. Los desechos de San Patricio son depositados en el basurero de Comalapa y los del Pochote, son trasladados al basurero de Camoapa. Para ambas comunidades se utiliza un camión con capacidad de 4 m³. Faltan datos sobre la cantidad real de basura que es depositada en los vertederos de Comalapa y Camoapa.

La ubicación en la Subcuenca de los tres sitios que disponen los municipios para la disposición de desechos sólidos, se indica en el mapa siguiente:

Mapa No. 19:
Localización de vertederos de la subcuenca Mayales



- *En los tres municipios, la disposición final de los desechos sólidos es a cielo abierto y no existe tratamiento a lixiviados.*
- *El volumen diario que entra al basurero municipal de Juigalpa, es de 93.15 m³. En Cuapa y Comalapa, la recolección es semanal, y entran al basurero 35 y 12 m³, respectivamente.*
- *El control de acceso al sitio de disposición final, sólo existe en Juigalpa.*
- *No hay reciclaje formal en los tres municipios. Operarios de camiones seleccionan y comercializan plásticos y latas.*
- *En Comalapa, se ha extendido el servicio de recolección a dos comunidades rurales, depositando los desechos en los basureros de Comalapa y Camoapa.*

8. Conservación y protección

En este capítulo se abordan las zonas de protección vinculadas con el recurso hídrico. De acuerdo a esta vinculación se han determinado dos tipos de zonas de protección: directas e indirectas. La zona de protección directa está relacionada con las zonas donde se encuentran las principales captaciones de agua superficial (lagos, embalses) y subterránea (pozos) dentro de la Subcuenca y su principal objetivo es evitar la contaminación por desechos sólidos y/o vertidos. En otros países ya existen estas llamadas zonas de protección que se determinan según la cercanía con la obra de captación y así se establecen rangos de protección (máxima, media y mínima), por lo cual la máxima protección se da en un perímetro de 10 a 100 m² dentro del área donde se localiza el pozo.

Las zonas de protección directa para aguas superficiales también restringen el uso del recurso. Por ejemplo, si existen obras de captación en pequeños embalses o lagos y estos están reservados para el suministro de agua potable, la zona de protección permite restringir otros usos, tales como recreación y transporte, dentro del cuerpo de agua. Cabe mencionar que actualmente en la Subcuenca Mayales no se han establecido ninguna zona de protección directa para las captaciones de agua ni subterránea ni superficial. Todos los pozos que son utilizados para el suministro de agua potable y consumo deberían contar con al menos una zona de protección donde se restrinjan actividades que puedan perjudicar la calidad del recurso hídrico. Esta medida también debe aplicarse para proteger el lago Cocibolca de donde actualmente la ciudad de Juigalpa está siendo abastecida. La zona costera del lago Cocibolca es usada en tiempo de verano para recreación,

lugares como Punta Mayales y Puerto Díaz no tienen medidas de protección facilitando la contaminación del recurso.

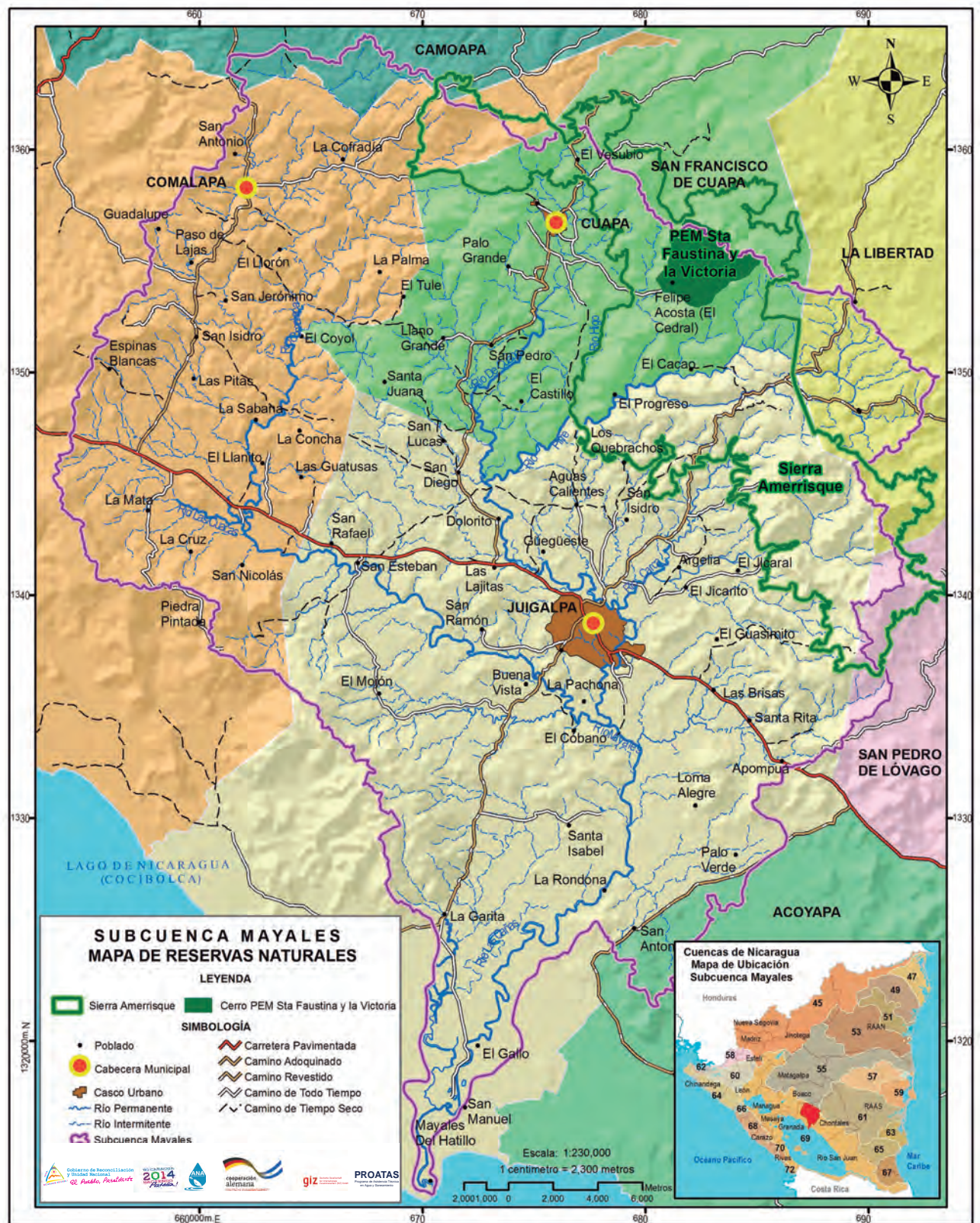
Por otro lado, la zona de protección indirecta está referida a conservar la vegetación dentro de la Subcuenca con el propósito de evitar erosión y mejorar la capacidad de infiltración del suelo. Este tipo de zonas son generalmente áreas protegidas de las partes altas de las cuencas, que en algunas ocasiones también son zonas de recargas. La ley General de Aguas Nacionales define en su capítulo II, artículo 129, inciso (f), delitos en contra del recurso hídrico, donde se sanciona el corte de árboles en doscientos metros de las riberas de los ríos.

En toda la Subcuenca la ganadería constituye el uso primordial de la tierra (sección 1.1.3). Su extensión hacia las partes más altas de la Sierra de Amerrisque ha sido la causa primordial de la deforestación y de los daños que la acompañan.

En el **Mapa No.20** se describe los límites municipales y los límites del Área Protegida Los Amerrisque que fue legalmente establecida en 1992. Esta información es de suma importancia destacarla en vista de la urgencia de la aprobación de un plan de manejo para esta área protegida, debido al hecho que se pretende apoyar la conservación en la parte noreste de las partes altas de la Subcuenca Mayales. Después de su creación en 1992, esta área protegida ha existido básicamente con la ausencia de un plan de manejo y su implementación. Por la falta del plan de manejo con una zonificación y normas de uso, el avance de la frontera agrícola ha llegado hasta las partes medias y altas de la Subcuenca causando altas tasas de deforestación y de pérdida de biodiversidad. La tenencia de tierra es en su gran mayoría privada, lo que dificulta en cierta forma el control sobre el uso del suelo por parte de las autoridades institucionales como MARENA, MAG e INTA y de las Alcaldías.

Como parte de la implementación del plan de Gestión Integrada de la Subcuenca Mayales, la Alcaldía de Cuapa, la ANA y el MARENA con la asistencia técnica alemana a través de la Agencia Alemana al Desarrollo GIZ promovieron la aprobación de una ordenanza municipal en el municipio de Cuapa específicamente en el cerro Faustina y sus alrededores (Mapa 20). La ordenanza "Conservación, protección y manejo de los sitios de relevancia ambiental y social de las fuentes de agua comprendido por los cerros Monte Cristo, Santa Faustina, La Victoria, Margarita, Las Cuchillas, Tumbé y el Cafetal en el Municipio de Cuapa departamento de Chontales" tiene como uno de sus objetivos "garantizar la cantidad y calidad de los recursos hídricos asegurando el manejo sostenible, priorizando su uso para consumo humano". Cabe mencionar que este municipio tiene problemas de escasez de agua potable, lo cual fue parte de las motivaciones para la promoción de la ordenanza.

Mapa No. 20:
Zonas de protección de la subcuenca Mayales



Dentro de los estudios previos a la aprobación del proyecto se realizó un inventario de las fuentes hídricas que se localizan en el área de estudio. Otras actividades que se han desarrollado como parte de este proyecto fueron: inventario forestal y estudio de biodiversidad del Cerro Santa Faustina, como requisitos para la aprobación de la ordenanza municipal de Cuapa. Para 2014 se realizará estudio de factibilidad para construcción de obra hidráulica con fines de abastecimiento de agua potable a la zona urbana.

La escorrentía superficial producida por las lluvias en la Subcuenca bastaría para ser aprovechada por la población como agua de buena calidad. Podrían construirse embalses para equilibrar la oferta de precipitación, siempre y cuando, el área de drenaje, situada arriba de la presa sea protegida.

La conservación de esta zona también depende del cambio de actitud de los ganaderos del área que muchas veces se toman el derecho de dañar el ecosistema y de tomar como rehenes a la población de toda una Subcuenca, forzándola de vivir de agua subterránea que casi no hay o de buscar su agua potable en el alejado lago de Cocibolca.

- 💧 El principal uso del suelo en la Subcuenca es para ganadería. Su extensión hacia las partes más altas de la Sierra de Amerrisque ha sido la causa primordial de la deforestación y de los daños que la acompañan.***
- 💧 No existen zonas de protección para las principales captaciones de agua y sus acuíferos.***
- 💧 En el Municipio de San Francisco de Cuapa se está desarrollando una medida para proteger la vegetación, los suelos y los recursos hídricos. La zona de protección está ubicada en los cerros Monte Cristo, Santa Faustina, La Victoria, Margarita, Las Cuchillas, Tumbé y el Cafetal. El objetivo es garantizar cantidad y calidad de los recursos hídricos para resolver la escasez de agua potable, especialmente en la época seca. (Mapa No. 20)***

9. Análisis y evaluación del estado de los recursos hídricos en la Subcuenca Mayales (Conclusiones)

En base al diagnóstico y los análisis realizados sobre la calidad y cantidad de los recursos hídricos de la Subcuenca Mayales se puede resaltar las siguientes conclusiones:

9.1 Disponibilidad y reservas de agua

De acuerdo con el balance hídrico, la Subcuenca Mayales dispone de recursos hídricos abundantes. Sin embargo, existe un gran desequilibrio entre la oferta de agua superficial y la de agua subterránea. Mientras que los ríos transportan por término medio 325 MMC/A de agua al lago Cocibolca, las aguas subterráneas solamente contribuyen con el promedio de 9 MMC/A a la oferta de agua. Sin embargo, esto no significa que los 9 MMC/A están disponibles en todas partes de la cuenca. Durante la época seca, la mayoría de las veces los ríos de la parte alta de la cuenca se secan o no muestran caudales significativos, que indica que las reservas de los acuíferos locales generadas por la recarga ya están consumidas.

Gran parte de las reservas de los 9 MMC/A están disponibles en los acuíferos anteriormente explotados por ENACAL.

A excepción del casco urbano de Juigalpa el suministro de agua actual en la Subcuenca Mayales no satisface la demanda real. La situación es difícil en particular para las municipalidades en la parte alta de la cuenca que no disponen de los acueductos que suministran agua del lago. Mientras que Juigalpa puede satisfacer su demanda real y creciente desde la instalación del acueducto, los cascos urbanos de Comalapa y Cuapa dependen de los acuíferos locales poco productivos que no permiten un suministro suficiente de acuerdo con la demanda. La situación es más crítica en el Municipio de Cuapa donde la dotación actual es 74 litros por persona por día, mientras en Juigalpa se dota 176 litros por persona por día. En las zonas rurales el déficit está agravado por la mala calidad de los recursos hídricos disponibles aprovechados por la población.

Por otro lado, la falta de aprovechamiento de las aguas superficiales como fuente de abastecimiento de agua contribuye a este problema. En las zonas rurales poco pobladas, los acuíferos locales generalmente producen suficiente agua para abastecer los pozos comunitarios que son manejados por el sistema de bomba de mecate y así satisfacen de alguna manera la demanda de las comunidades.

Otro riesgo concerniente a la disponibilidad de recursos hídricos lo representa la sobre explotación de los suelos especialmente por la ganadería. La deforestación y el plantío de pasto, especialmente en la parte alta de la cuenca que dispone de relieve pronunciado, tienen varios efectos que influyen negativamente en los recursos hídricos. Sin protección por una vegetación forestal los suelos están expuestos a los aguaceros de esta región y consecuentemente son víctimas de la erosión. Así se pierde las funciones importantes de la capa de vegetación como el almacenamiento temporal de agua que favorece la infiltración y la función de regulador importante de la escorrentía.

Las consecuencias más importantes son las siguientes:

- 💧 ***Contaminación de las aguas superficiales por turbidez***
- 💧 ***Escorrentía rápida que provoca inundaciones en la parte media y baja de la cuenca***
- 💧 ***Fases prolongadas de períodos secos, en ríos ubicados en la parte alta y media de la Subcuenca***
- 💧 ***Recarga del agua subterránea reducida en las partes alta y media de la Subcuenca.***

9.2. Calidad de agua

Los resultados de las amplias campañas de muestreo y análisis de las aguas superficiales y subterráneas posibilitan descripciones detalladas sobre la situación cualitativa de los recursos hídricos. Como era de esperar los problemas de calidad diagnosticados se concentran en las aguas superficiales y son provocados principalmente por contaminaciones bacteriológicas. Aunque las diferentes campañas produjeron resultados divergentes, se puede constatar que la mayoría de los ríos están altamente contaminados por coliformes totales y fecales. La turbidez de las aguas superficiales observada en algunos puntos, muestran el impacto de la degradación de la vegetación y de los suelos y puede agravarse en el futuro. Otros tipos de contaminaciones químicas orgánicas o inorgánicas no se detectaron en las muestras de las aguas superficiales.

Con respecto a las aguas subterráneas se detectaron también algunas contaminaciones de coliformes. Sin embargo, estas contaminaciones están restringidas a algunos pozos excavados y de poca profundidad en las alrededores de los cascos urbanos y cerca de los ríos contaminados. Por otra parte fueron detectados concentraciones ligeramente elevadas de arsénico en dos pozos en el Municipio de Comalapa. Se trata de concentraciones de

11 y 14 microgramos por litro, pasando ligeramente el valor límite de la OMS. Muy probablemente se origina en las rocas volcánicas que forman el acuífero.

9.3. Impactos de cambio climático

Este capítulo está enfocado a los posibles impactos de cambio climático en Nicaragua y su relación con los recursos hídricos. Específicamente, se analiza alguna posible vinculación a los impactos de este fenómeno con el área de estudio. Milán (2010), realiza un informe sobre el cambio climático en Nicaragua en donde se valoran los posibles efectos negativos del cambio climático a los recursos hídricos. Estos posibles impactos en el sector hídrico pueden ser medidos de acuerdo al comportamiento de algunas variables climáticas tales como temperatura, precipitación y variaciones de agua superficial y subterránea.

Según este mismo informe, INETER, en el año 2003, realizó un análisis donde se utilizaron los datos de temperaturas, de 10 estaciones meteorológicas ubicadas en varias localidades del país, entre ellas una estación ubicada en Juigalpa. Algunos resultados de estos análisis son una posible tendencia en el aumento progresivo de la temperatura mínima en la mayoría de las estaciones.

Pese a que existen discrepancias entre los resultados de diferentes proyecciones climáticas aplicadas para Nicaragua, coinciden en un incremento de las precipitaciones anuales en la zona sur y sobre la costa del mar Caribe (Milán, 2010). Una tendencia similar parece manifestarse en la Subcuenca Mayales a partir del análisis de una estación en Juigalpa.

En la evaluación de los recursos hídricos se habla de una posibilidad de cambio del ciclo hidrológico a consecuencia del cambio climático. Esta posibilidad está basada en algunas modelaciones realizadas sólo para el Pacífico de Nicaragua, no existiendo todavía ninguna modelación para la zona central del país por falta de datos precisos para estimar posibles impactos.

Por otro lado, se considera el cambio de uso de suelo como uno de los factores que puede inducir a cambios importantes en el escurrimiento superficial y en las características de los acuíferos subterráneos. Los análisis del cambio de uso de suelo hechos en la Subcuenca no reflejan los impactos mencionados arriba. De hecho se comprobó que a pesar del cambio de uso de suelo en la Subcuenca, ésto no ha influido en la recarga de las aguas subterráneas. Los efectos negativos observados y los riesgos futuros, como escorrentía acelerada, menos infiltración, erosión, alta turbidez de las aguas superficiales; así como inundaciones

y desprendimientos de tierra, son causados principalmente por la deforestación y sobre explotación del suelo.

En los datos de aguas subterráneas se estima un menor impacto o impacto moderado de cambio climático en la región central, en comparación con la región del Pacífico. Esta última región tendría el mayor impacto en relación a la escasez de agua. Cabe señalar que las modelaciones hechas en el Pacífico están basadas en un período de sólo 10 años, siendo éste un período muy corto para realizar predicciones de impacto y las modelaciones generarían un margen de error considerable. Solamente el parámetro de temperatura abarcó un período de 39 años y fue medido en varias estaciones distribuidas en toda Nicaragua.

Algunas de las consideraciones hechas en este informe de Milán (2010), tales como escasez de agua, son abordadas desde el punto de vista de impacto por cambio climático y no son abordadas desde el punto de vista de uso descontrolado de los recursos hídricos a consecuencia de falta de regulación en su uso.

En la Subcuenca Mayales se puede constatar una tendencia creciente de pluviosidad media durante los últimos 50 años. Los datos del monitoreo meteorológico y de los aforos del Río Mayales aunque son suficientes para el cálculo de un balance hídrico básico, no permiten una afirmación con respecto a un cambio climático.

C. PLAN DE MEDIDAS

1. Objetivos, características y funciones

El objetivo del Plan de Medidas es poner a disposición un instrumento para implementar las acciones necesarias para la corrección de los problemas identificados en el diagnóstico y prevenir futuros problemas.

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

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

El Plan de Medidas tiene las siguientes características y funciones:

- El Plan de Medidas es resultado de un taller con una metodología determinada involucrando todos los actores relevantes del sector de agua en la subcuenca hidrográfica de Mayales (**Ver Cap. 2**).
- El Plan de Medidas contiene acciones concretas cuya implementación fue decidida por los participantes del taller.
- La responsabilidad para la implementación del Plan de Medidas está repartido entre los diferentes actores de acuerdo con su mandato y las características de los temas de intervención.
- El Plan de Medidas es un plan maestro que debería ser implementado dentro del plazo determinado de 3 años.
- El Plan de Medidas no substituye la planificación detallada de cada medida de los diferentes temas de intervención que exigen sus POAs individuales.
- El Plan de Medidas también es un plan dinámico que debería 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. El taller de Planificación

El taller de planificación para el Plan de Medidas tuvo lugar en el Hotel La Quinta, Juigalpa, del 27 al 28 de Marzo de 2014.

2.1. Participación

Se contó con la asistencia de 54 personas el primer día y 48 el segundo, lográndose una excelente convocatoria, con la participación de Juigalpa, Cuapa, Comalapa, Piedra Grande, San Esteban y Posa Larga. Delegados de Alcaldías, Subalcaldesa de Cuapa, Comités de Cuenca, CAPs, Universidades (UNAN Y UNI), ganaderos, sector privado (MACESA, GAINSA), cooperativas, gremios (UNAG), municipalidades, proyectos, delegados institucionales (MAG, MARENA, MINSA, ENACAL), la ANA y la GIRH-PROATAS-GIZ.

3. Agenda

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

- 💧 **EL PRIMER BLOQUE** incluyó palabras de bienvenida, presentación de los participantes, así como dos presentaciones en power point para ir gradualmente introduciendo a los participantes en la temática y una breve presentación sobre la Visión Estratégica para elaborar posteriormente la visión de la Subcuenca a mediano plazo.
- 💧 **EL SEGUNDO BLOQUE** inició con un trabajo grupal sobre rondas de reflexiones simultáneas sobre los cinco grandes problemas identificados en el diagnóstico, una explicación metodológica inductora para facilitar el trabajo fundamental del taller que era la elaboración de propuestas de medidas por los cinco temas para posteriormente formular un plan de gestión integral de recursos hídricos para la subcuenca Mayales a mediano plazo.
- 💧 **EL TERCER BLOQUE** fue la elaboración de una Ruta para los pasos siguientes al taller, una evaluación del taller y las palabras de cierre (**Ver Anexo 2**).

3.1. Metodología

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

Previo al taller se efectuó una reunión con la participación del Director de Cuencas y especialistas de la ANA, el asesor principal y el equipo

Componente 2 de PROATAS-GIZ y la facilitadora, con la finalidad de discutir e intercambiar sobre los aspectos metodológicos que debería contener el diseño taller.

En el taller se debía destacar tanto el conocimiento de los aspectos importantes que demostró el diagnóstico, concentrados en cinco 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 Subcuenca Mayales, trabajando de una manera muy enfocada en la temática y promoviendo el enfoque de género. Dando así las pautas para el diseño metodológico del taller. Siendo la metodología muy participativa promoviendo por una lado el análisis y reflexión sobre la temática, y por otro la interacción, cooperación e intercambio entre los participantes.

El diseño metodológico y las guías para el trabajo de grupo durante el taller, fueron consensuados con la ANA y el equipo Componente 2 PROATAS.

Con el objetivo de garantizar el manejo adecuado del trabajo de grupo y mantener el enfoque de la temática y la equidad de género, el día antes del taller, se realizó una sesión de trabajo con 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. Posteriormente durante el taller y antes del trabajo de grupos se seleccionaron entre los participantes a aquellos que desempeñarían el rol de Anfitriones y previo al inicio de las sesiones se les indicó cuál y cómo debería ser su papel para garantizar la efectividad del funcionamiento de los grupos. Entregándoseles un instructivo sobre su rol.

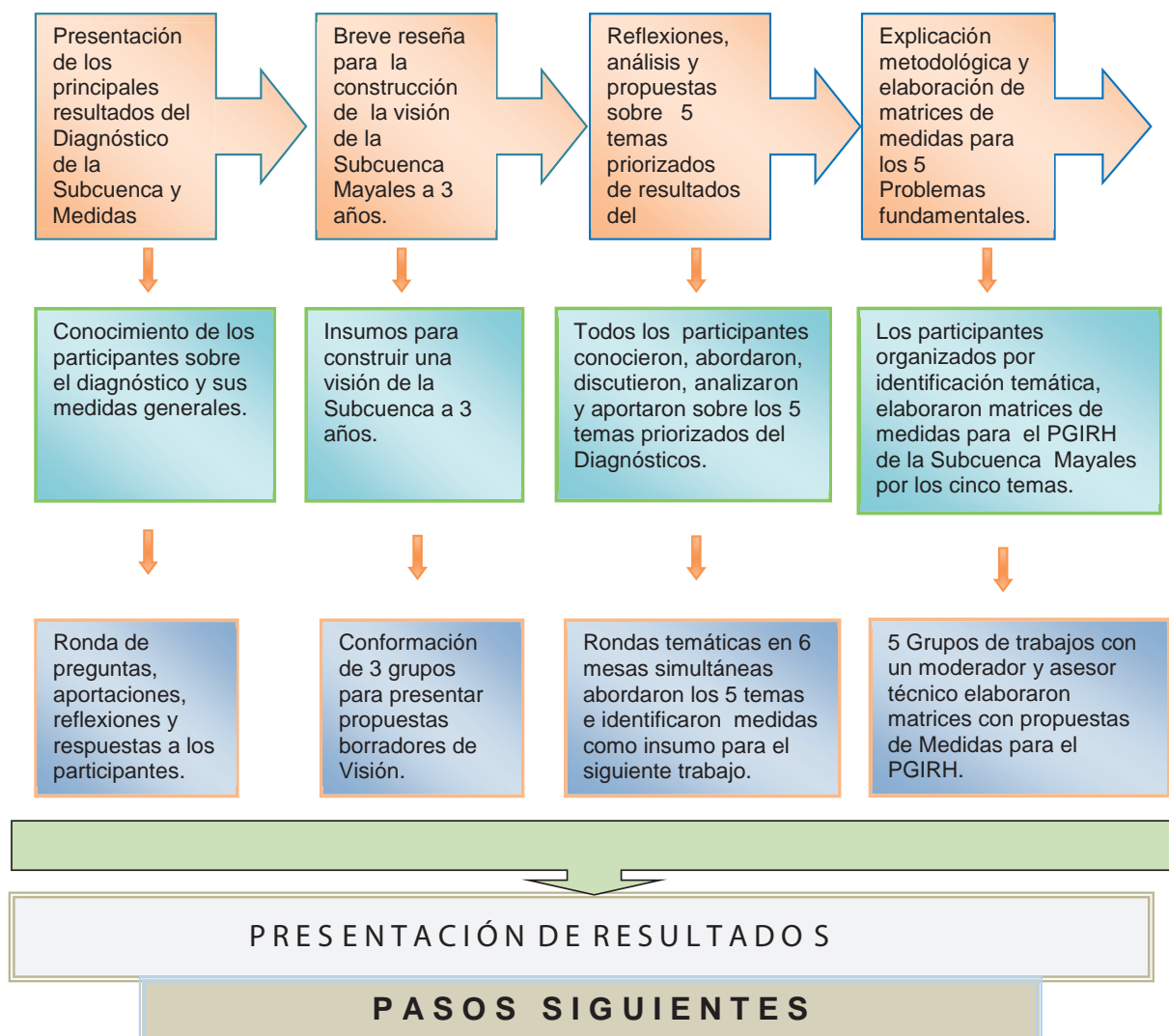
El hilo conductor del taller fueron los resultados del diagnóstico, donde cinco temas fundamentales fueron los ejes temáticos del taller:

- 💧 Mejoramiento de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- 💧 Gestión de demanda de los recursos hídricos (registro de los grandes usuarios y solución de conflictos de uso de agua).
- 💧 Mejor aprovechamiento de las aguas superficiales para suministro público de agua.
- 💧 Protección de suelos contra la erosión y mejoramiento de retención de aguas superficiales.
- 💧 Monitoreo continuo, cualitativo y cuantitativo de los recursos hídricos.

Estos temas fueron abordados de manera gradual, primero con las presentaciones del diagnóstico y sus medidas acompañadas de sus ciclos de preguntas, respuestas y aclaraciones. Una breve reseña sobre la formulación de la visión para la Subcuenca para el mediano plazo, definiéndose un periodo de 3 años 2014-2017, así como rondas temáticas sobre los cinco temas analizados y conocidos por todos los participantes en grupos de trabajos en donde de forma simultánea fueron abordando uno a uno los temas, con los problemas identificados previamente.

Y el eje principal del taller fue la elaboración de matrices para las medidas del plan, este trabajo fue abordado en cinco grupos, uno por cada tema 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, hitos, responsables, recursos y plazos.

PASOS METODOLÓGICOS DURANTE EL TALLER



4. Problemas identificados y sus cadenas causales

La Parte C: Plan de Medidas del PGIRH se basa en los resultados de la Parte B: Diagnóstico, específicamente en los problemas y temas de intervención que fueron identificados durante este proceso. En este capítulo se analizan estos problemas y se presentan sus cadenas causales. El PGIRH se basa en el análisis de los problemas encontrados en la fase de diagnóstico, siendo estos problemas la base para plantear las soluciones que generarán la transformación del estado negativo actual hacia un estado positivo futuro, donde las acciones implementadas garantizan el mejoramiento del recurso hídrico en su calidad y cantidad.

Según el resultado del diagnóstico, se encontraron cinco problemas esenciales:

1. Contaminación microbiológica de aguas superficiales y subterráneas
2. Falta de registro de los grandes usuarios y conflictos sobre el uso de agua
3. Insuficiente aprovechamiento de las aguas superficiales para suministro público de agua
4. Aumento de la erosión y disminución de retención e infiltración de aguas superficiales
5. Falta de monitoreo continuo, cualitativo y cuantitativo de los recursos hídricos

Dichos problemas fueron analizados por medio de cadenas causales que muestran las diferentes causas e impactos de los problemas y así facilitan la identificación y planificación de las medidas adecuadas para su solución.

4.1. Contaminación microbiológica de aguas superficiales y subterráneas

Causa		Impacto			
Aguas residuales urbanas	Falta de alcantarillado y planta de tratamiento	Desagüe a cielo abierto	Contaminación de las aguas superficiales	Detrimiento de la flora y fauna y del balance ecológico río debajo de las contaminaciones.	Aprovechamiento restringido del agua
				Riesgo de enfermedades propagadas por el agua especialmente para niños.	
		Infiltración	Contaminación de los acuíferos someros	Riesgo de la contaminación de los pozos de suministro de agua potable	Costos de depuración y de suministro de agua potable a las comunidades afectadas
Concentraciones de asentamientos a lo largo de los ríos	Desconocimiento e incumplimiento de las normas de saneamiento	Deposición fecal de personas y ganado cerca de los ríos y pozos.	Contaminación de los ríos y de los acuíferos por coliformes fecales	Riesgo de la contaminación de los pozos de suministro de agua potable	Costos de depuración y de suministro de agua potable a las comunidades afectadas
	Pozos cerca de los ríos y letrinas sin medidas de protección				Riesgo de enfermedades propagadas por el agua especialmente para niños.
	Falta de letrinas mejoradas				Detrimiento de la flora y fauna y del balance ecológico río debajo de las contaminaciones.	Aprovechamiento restringido del agua
Ganadería	Falta de control				

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

Causa		Impacto			
Desconocimiento de la Ley General de Aguas Nacionales (Ley No. 620).	Ignorancia ante la situación de los recursos hídricos como propiedad pública.	Falta de recursos económicos y humanos de la ANA para la implementación de la Ley 620	Sobreexplotación de los recursos hídricos.	Escasez de recursos hídricos	Valor añadido en la cuenca reducido
	Desconocimiento y/o incumplimiento de mandatos por las instituciones y actores competentes		Acceso a los recursos hídricos y a su aprovechamiento restringido	Discriminación de otros usuarios. Conflictos de acceso y distribución de agua.	Suministro de agua potable y para uso doméstico insuficiente

4.3. Insuficiente aprovechamiento de las aguas superficiales para suministro público de agua

Causa			Impacto		
Las reservas de las aguas subterráneas en la parte alta y media de la cuenca no son suficientes para el suministro de agua potable y abastecimiento de otros sectores.	1) Falta de conocimiento sobre el balance hídrico en la subcuenca Mayales.	Falta de concepto y estrategia para almacenamiento y aprovechamiento de las aguas superficiales que abundan en la época lluviosa.	Falta de recursos económicos y humanos en los municipios para el establecimiento de las infraestructuras adecuadas.	Únicos sistemas de suministro (Oluma, Mica) están en mal estado.	Falta de agua potable en las zonas altas y media de la cuenca especialmente en Cuapa.
	2) Ignorancia sobre la baja productividad de los acuíferos en la parte alta y media de cuenca:		Acceso a los recursos hídricos y a su aprovechamiento restringido.	Investigaciones en la Sierra Faustina y Victoria están obstaculizadas.	

4.4. Aumento de la erosión y disminución de retención e infiltración de aguas superficiales

Causa			Impacto		
Uso inadecuado del suelo en la parte alta y media de cuenca	Deforestación	Aumento de eventos extremos de tiempo por el cambio climático.	Aumento de escorrentía.	Aumento de erosión, inundaciones y deslizamientos de tierra	Pérdida de capa orgánica de suelo, pérdida de superficie de cultivo.
	Compactación de suelos		Disminución de la capacidad de retención de suelo y de la recarga de las aguas subterráneas.	Disminución de disponibilidad y de las reservas de aguas subterráneas	Disminución de cosecha y productividad agraria; recesión regional

4.5. Falta de monitoreo continuo, cualitativo y cuantitativo de los recursos hídricos

Causa		Impacto			
Falta de capacidad institucional y financiera	No hay red de monitoreo adecuado especialmente de aguas subterráneas (piezómetros)	Falta de datos e informaciones sobre la cantidad, disponibilidad (oferta) y calidad de los recursos hídricos	Falta de líneas base para el otorgamiento de derechos de agua	Debilidad en la planificación y gestión de demanda de agua	Abastecimiento deficiente de los usuarios de agua y distribución arbitraria
	La red existente no está en operación (mediciones irregulares)		Contaminaciones no pueden ser detectadas	Problemas en garantizar el suministro de agua potable	Posibles efectos negativos a la economía local

5. Matrices de planificación

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

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

Cabe señalar que los montos que se indican en la columna de recursos financieros son preliminares. Dentro de esta columna también hay hitos que no cuenta con estos detalles, ya que el monto para desarrollar dicho hito no se puede definir porque dependía de otras actividades que le anteceden.

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

Por otro lado es necesario mencionar que dentro de las matrices de planificación están integradas medidas de adaptación y mitigación a los efectos negativos del cambio climático. Estas medidas están incluidas específicamente en los temas de intervención 3, 4 y 5; los cuales tienen por nombre:

- Tema 3. "Mejor aprovechamiento de las aguas superficiales",
- Tema 4. "Protección de suelos contra erosión y retención de aguas superficiales"
- Tema 5. "Monitoreo continuo cualitativo y cuantitativo de los recursos hídricos".

Como medidas de mitigación de los efectos del cambio climático se encuentran integradas en el tema 3, el mejor aprovechamiento de las aguas superficiales a través de diferentes obras de captación, pues uno de los resultados principales del diagnóstico demostró la poca disponibilidad de aguas subterráneas dentro de la cuenca; por lo cual se propone la construcción de micro presas y otros sistemas de cosecha de agua para el abastecimiento de las comunidades y actividades agrícolas de la parte alta y media de la cuenca.

En el tema 4, se establecieron medidas que permitirán mitigar la erosión de los suelos causada por la deforestación de los bosques y agravada por los efectos del cambio climático.

Finalmente en el tema 5, destaca el monitoreo de nivel freático de los acuíferos de la subcuenca Mayales, así como el monitoreo del nivel y caudal de los ríos y de la pluviosidad. Estos procesos de monitoreos permitirán determinar el comportamiento de las diferentes variables que son importantes para conocer si hay evidencia de cambio climático y los impactos pretendidos por las medidas planificadas. Estas variables son: temperatura, precipitación, cambios en niveles (aumento o descenso) de las aguas superficiales y subterráneas.

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

Tema 1: Estado Cualitativo de las

Objetivo	Indicadores	Resultados	Hitos
Mejoramiento de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales	Al 2017 las aguas superficiales y subterráneas de la subcuenca Mayales ha mejorado un 50% respecto a los resultados de la línea base	La calidad microbiológica de las aguas superficiales y subterráneas ha mejorado *	Identificadas las letrinas ubicadas en las cercanías de los ríos y pozos
			Realizado informe, con enfoque de género, sobre la cantidad de letrinas a reubicar
			Reubicadas las letrinas cercanas a ríos y pozos
			Instaladas 1,000 letrinas ecológicas, priorizando las comarcas con mayor necesidad y considerando 30% asignadas a familias cuya jefa es mujer
			Identificación de todos/as los/as mujeres y hombres ganaderos que aguan ganado en los ríos, a través de inventario
			Disponible, con enfoque de género, el módulo "buena practicas de uso de agua para consumo de ganado"
			Ganaderos y ganaderas con propiedades cercanas a los ríos de la cuenca han sido capacitados(as)
			Alcaldías municipales establecen ordenanzas municipales según L/462 y declaratorias municipales para protección de aguas superficiales
	Al 2017 las aguas del río Mayales río abajo de Juigalpa ha mejorado un 70% respecto a los resultados de línea base	Las aguas residuales municipales en la subcuenca Mayales han sido tratadas	Finalizados los estudios del proyecto de construcción del sistema de tratamiento de aguas grises de Juigalpa
			Funcionando en un 100% el sistema de tratamiento de aguas grises para la ciudad de Juigalpa
			Las alcaldías de Cuapa y Comalapa cuentan con el diseño de la construcción del sistema de tratamiento de aguas grises (cubre diseño, planos y presupuesto)
			Entregado a ENACAL diseño de sistema de tratamiento de aguas grises para realizar gestión conjunta de búsqueda de financiamiento
			Solicitudes de financiamiento (1 solicitud por alcaldía)
	Las medidas de protección de las zonas de captaciones de agua para el suministro rural han sido implementadas en un 50%	"Captaciones de agua superficial y subterránea para suministro rural están protegidas contra contaminación"	Inventario de CAPS en la subcuenca Mayales
			Al menos un 50% de CAPS legalizados en las 3 municipalidades de la subcuenca Mayales, con equidad de género en la integración de las juntas directivas
			Hombres y mujeres (mínimo 30%) de los CAPS de la subcuenca, han sido capacitados(as) en temas de protección de sistemas de captación de agua
			Inventario de las captaciones de agua potable y su estado de protección en la subcuenca Mayales
			Disponible plan de medidas de protección para las zonas de las captaciones de agua de los CAPS y de ENACAL
			Implementado plan de medidas de protección por POAs

* Monitoreo para verificar la calidad de los ríos y pozos está considerado en tema 5

Aguas Superficiales y Subterráneas

Responsables	Acompañamiento institucional	Recursos humanos	Recursos financieros	Plazos
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	MINSA y gabinetes de familia	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Juigalpa (1), Alcaldía de Comalapa (1), MINSA (1) 5 días laborales	US 200.00	Octubre 2014
	MINSA y gabinetes de familia	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Juigalpa (1), Alcaldía de Comalapa (1), dos días laborales por técnico (a)	-----	Noviembre 2014
	MINSA	En dependencia del informe	En dependencia del informe	Junio 2017
	MINSA	2 personas por semana por 1 letrina (aporte de beneficiario)	US\$ 90,000 (para cada alcaldía)	Diciembre 2017
	COMITÉ DE CUENCAS, ANA y GIZ	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Juigalpa (1), Alcaldía de Comalapa (1), MINSA (1) 5 días laborales por técnico (a)	US\$ 200.00	Diciembre 2014
	COMITÉ DE CUENCAS, ANA y GIZ	GIZ (1) y ANA (1) Cuatro días laborales	-----	Febrero 2015
	COMITÉ DE CUENCAS, ANA y GIZ	GIZ (1), ANA (1), 1 día laboral	US\$ 1,000.00	Marzo 2015
	COMITÉ DE CUENCAS, ANA	Concejo municipal de cada alcaldía, 1 día laboral	US\$ 1,000.00	Diciembre 2014
ENACAL	Alcaldía Juigalpa	Contemplando en proyecto coreano	Contemplando en proyecto coreano	Diciembre 2014
ENACAL	Alcaldía Juigalpa	Contemplando en proyecto coreano	Contemplando en proyecto coreano	Diciembre 2017
Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	ENACAL, COMITÉS DE CUENCA, ANA y MINSA	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Juigalpa (1), Alcaldía de Comalapa (1), 60 días laborales	US40,000.00 (para 2 alcaldías)	Diciembre 2014
Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	ENACAL, COMITÉS DE CUENCA, ANA y MINSA	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Comalapa (1), 1 día laboral por alcaldía	-----	Diciembre 2015
Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	ENACAL	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Comalapa (1), ENACAL (1); 5 días laborales	-----	Marzo 2016
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	INAA, Comité de Cuenca	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Juigalpa (1), Alcaldía de Comalapa (1), 3 días laborales por técnico (a)	GIZ: \$1,000 pago de consultoría	Diciembre 2014
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	COMITÉ DE CUENCA, MINSA, INAA y GIZ	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Juigalpa (1), Alcaldía de Comalapa (1),	US\$ 1,000.00	Diciembre 2015
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	COMITÉ DE CUENCAS, ANA y GIZ	GIZ (1), ANA (1), 2 días laboral	US\$ 1,000.00	Febrero 2016
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	COMITÉ DE CUENCAS, CAPS, ENACAL, ANA y GIZ	GIZ (1), ANA (1), 5 días laboral	US\$ 2,000.00	Febrero 2015
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	FISE y MINSA	GIZ (1), ANA (1)	US\$ 2,000.00	Junio 2015
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	FISE y MINSA			Diciembre 2017

Tema 2: Gestión de la Demanda

Objetivo	Indicadores	Resultados	Hitos
El uso y aprovechamiento del recurso hídrico por grandes usuarios(as), en la sub cuenca Mayales, está regulado	Al 2017 el 100% de grandes usuarios(as) se encuentran concesionados y registrados en la ANA.	La ANA ha concesionado y registrado a todos(as) los(as) grandes usuarios(as) de la Subcuenca Mayales	Grandes usuarios (as) identificados (as) inventarios (datos desagregados por sexo)
			Campaña con enfoque de género y foro de Divulgación de ley 620 a grandes usuarios(as).
			Campaña de sensibilización con enfoque de género a grandes usuarios(as) para que inicien procesos de concesión.
			Grandes usuarios(as) hacen la solicitud y la ANA verifica pruebas técnicas y jurídicas
			Las concesiones de grandes usuarios(as) se encuentran en el registro
	A 2017 la ANA ha verificado el 100% de las concesiones otorgadas a grandes usuarios(as) a través de inspecciones	Grandes usuarios(as) han cumplido con las condiciones de extracción y estándares de calidad de vertidos	Reportes ante la ANA de sobre condiciones y extracciones de estándares de calidad de vertido
		Inspecciones consecutivas de la ANA ante grandes usuarios(as)	
Los conflictos por uso del agua son resueltos y se implementan medidas de prevención	El 80% de hombres y mujeres usuarias de San Patricio están satisfechos(as) con los servicios de agua potable brindados por los CAPS, a través de encuestas, con enfoque de género 2017	Alcaldías, Comité de Cuenca y CAPS disponen y aplican herramientas para resolución de conflictos internos de CAPS	Informe de situación de conflicto de San Patricio
			Auditorías sobre el CAPS de San Patricio
			Documentado estudio de caso San Patricio
			Estrategia y herramientas para resolución de conflictos elaboradas
			Campañas de capacitación a hombres y mujeres (mínimo 30%) de los CAPS, sobre empoderamiento de Ley CAPS y herramientas sobre resolución de conflictos de agua
	Para el 2017 el 75% de los casos están resueltos y se aprovecha el recurso para suministro de agua potable para la población	Las fuentes de agua de la subcuenca Mayales son accesibles para aprovechamiento de agua potable	Identificados casos críticos en conflicto por uso de agua
			Campaña de información y sensibilización sobre ley 620, con enfoque de género.
			Mediación entre las partes del conflicto
			Documentado los casos más importantes de conflictos resueltos

de los Recursos Hídricos

Responsables	Acompañamiento institucional	Recursos humanos	Recursos financieros	Plazos
ANA	Alcaldía de Juigalpa Alcaldía Cuapa Alcaldía Comalapa COMITÉ DE CUENCA	.....	ANA: RH (2 persona 20 días) ALCALDÍAS: RH (1 persona por alcaldía 20 días) COMITÉ: RH (3 personas 1 por municipio 20 días)	Enero 2015
ANA	COMITÉ DE CUENCA	GIZ: \$1,000 (campana y foro grandes usuarios)	ANA: RH (3 personas 5 días) COMITÉ: RH (todo el comité 5 días)	Mayo 2015
ANA	COMITÉ DE CUENCA	GIZ: \$1,000 (campana de sensibilización)	ANA: RH (3 personas 20 días) COMITÉ: RH (todo el comité 20 días)	Junio 2015
GRANDES USUARIOs y ANA	.....	GRANDES USUARIOs: gastos de estudios	ANA: RH (3 personas técnico, asesor legal y director de concesiones; 60 días)	Diciembre 2015
GRANDES USUARIOs y ANA	.....	.....	ANA: RH (1 persona 2 días)	Marzo 2016
GRANDES USUARIOs	.....	GRANDES USUARIOs: pruebas de laboratorio	.....	Semestrales hasta 2017.- Condiciones de Extracción- monitoreo de vertido por cuatrimestre hasta 2017
ANA	.....	.....	ANA: RH (2 técnicos 2 días por inspección)	
Alcaldía de Juigalpa Alcaldía Cuapa Alcaldía Comalapa	ANA E INAA	.....	INAA : RH (1 persona 20 días) ANA: (1 persona 20 días) ALCALDÍAS: (1 persona por Alcaldía 20 días)	Mayo 2015
INAA	Alcaldía de Juigalpa Alcaldía Cuapa Alcaldía Comalapa y ANA	GIZ: \$1,000 pago de consultoría para levantamiento de inventario (A ELIMINARSE)	INAA : RH (1 persona 20 días) ANA: (1 persona 20 días) ALCALDÍAS: (1 persona por Alcaldía 20 días)	Julio 2015
INAA	Alcaldía de Juigalpa Alcaldía Cuapa Alcaldía Comalapa y ANA	.....	INAA : RH (1 persona 30 días) ANA: (1 persona 30 días) ALCALDÍAS: (1 persona por Alcaldía 30 días)	Octubre 2015
INAA	Alcaldía de Juigalpa Alcaldía Cuapa Alcaldía Comalapa y ANA	.....	INAA : RH (1 persona 20 días) ANA: (1 persona 20 días) ALCALDÍAS: (1 persona por Alcaldía 20 días)	Diciembre 2016
INAA	RED CAPS y ANA	GIZ: \$1,000 (campana de capacitación)	INAA: RH (1 persona 10 días) ANA: (1 persona 10 días) RED CAPS: (1 persona 10 días)	Febrero 2017
Alcaldía de Juigalpa Alcaldía Cuapa Alcaldía Comalapa	COMITÉ DE CUENCA y ANA	.....	ALCALDÍA: RH (1 persona por Alcaldía 20 días) COMITÉ: RH (5 persona miembros de CAPS 20 días) ANA: RH (1 persona 20 días)	Febrero 2015
ANA	Alcaldía de Juigalpa Alcaldía Cuapa Alcaldía Comalapa ANA COMITÉ DE CUENCAS	GIZ: \$1,000 (campana de información y sensibilización)	ANA: RH (2 personas 20 días) ALCALDÍAS: RH (2 personas 20 días) COMITÉ : RH (todo el comité 20 días)	Agosto 2015
ANA	Alcaldía de Juigalpa Alcaldía Cuapa Alcaldía Comalapa y ANA COMITÉ DE CUENCAS	.....	ANA: RH (2 personas, 2 días por mediación) COMITÉ: RH (2 personas, 2 días por mediación) ALCALDÍAS: RH (1 personas por mediación)	Diciembre 2015
ANA	ALCALDÍAS Y COMITÉ DE CUENCAS	.....	ANA: RH (2 personas, 20 días) COMITÉ: RH (2 personas, 20 días) ALCALDÍAS: RH (1 persona)	Febrero 2016

Tema 3: Mejor Aprovechamiento

Objetivo	Indicadores	Resultados	Hitos
Satisfacer la demanda de agua en la zona alta y media de la Cuenca aprovechando el agua superficial	Abastecida con agua potable la población urbana de Cuapa con dotación de 170 litros por persona por día al 2017	El suministro de agua potable al casco urbano de Cuapa satisface la demanda	Informe técnico sobre las productividades de las fuentes "Oluma" y "Mica" y los costos de rehabilitación de sus captaciones
			Estudio de evaluación de factibilidad del aprovechamiento de las fuentes Victoria y Santa Faustina para el suministro de agua potable y/o energía hidroeléctrica
			Planificación de obras de rehabilitación del sistemas "Oluma" y "Mica" concluida
			Sistema de suministro de agua por las fuentes Oluma y Mica rehabilitado y operando
			Elaborado Plan de Mantenimiento del sistema de suministro de agua (Mica y Oluma)
			Implementación del Plan de Mantenimiento
	Inspecciones regulares (Bimensuales) confirman el cumplimiento de las condiciones de la ordenanza municipal	Las fuentes del agua en la municipalidad de Cuapa y sus zonas de recarga están protegidas	Informe de Estudio de delimitación de zonas de protección para las fuentes de Mica y Oluma (Ésto se realiza en el mismo proceso de levantamiento para calculo de la productividad)
			Informe de Estudio de delimitación de zonas de protección para las fuentes de Victoria y Santa Faustina (Ésto se realiza en el mismo proceso de levantamiento para calculo de la productividad)
			Ordenanza sobre las zonas de protección para las fuentes de agua potable del municipio de Cuapa aprobada.
			Sensibilización de mujeres (mínimo 30%) y hombres propietarios de las zonas de protección, sobre la importancia de la protección de los R.H.
			Personal técnico municipal capacitado en la gestión de zonas de protección
	3 proyectos concretos de aprovechamiento están formulados y al menos uno se ha implementado.	Identificados los sitios de mejor captación y aprovechamiento de las aguas superficiales para diferentes usos en la parte alta y media de la subcuenca.	Inventario de las fuentes de agua superficiales inclusive sus caudales y clasificación de potencial.
			Identificados los sitios estratégicos para captación y retención de agua.
			Estudio de factibilidad para las fuentes identificadas con respecto a su captación o potencial de embalse
			Planificación de obras de construcción del sistema "Santa Faustina" y "La Victoria" concluida
			Acta de Aprobación de la municipalidad (Proyecto Santa Faustina" y "La Victoria")
			Funcionando en un 100% el sistema de aprovechamiento del proyecto Santa Faustina y la Victoria.

de las Aguas Superficiales

Responsables	Acompañamiento institucional	Recursos humanos	Recursos financieros	Plazos
Alcaldía Cuapa, ENACAL	UNI, ANA	2 UNI X 5 días 1 Alcaldía X 5 días 2 UNI 22 días de gabinete Total: 59 días	GIZ (Viáticos, gira de campo) \$120.00 Alcaldía de Cuapa ENACAL	Agosto 2014
Alcaldía Cuapa, ENACAL	UNI, MARENA, MAG	2 UNI X 5 días 1 Alcaldía X 5 días 2 UNI 22 días de gabinete Total: 59 días	GIZ (Viáticos, gira de campo) \$120.00 Alcaldía de Cuapa ENACAL	Diciembre 2014
Alcaldía Cuapa, ENACAL	UNI	Diseño y presupuesto 1 UNI X 5 días 1 Alcaldía X 5 días Total: 10 días	Alcaldía Cuapa, ENACAL	Diciembre 2014
Alcaldía Cuapa, ENACAL			Alcaldía Cuapa, ENACAL	Agosto 2015
Alcaldía Cuapa, ENACAL		1 Alcaldía X 5 días Total: 5 días	Alcaldía Cuapa, ENACAL	Agosto 2015
Alcaldía Cuapa, ENACAL		1 Alcaldía Total: 1 día	Alcaldía C\$ 50,000 anuales	2014-2017
Alcaldía de Cuapa	UNI, ANA	Un día de elaboración de mapa, partiendo de la información recabada en la gira de campo para cálculo de potencial.	ANA: RH GIZ	Diciembre 2014
Alcaldía de Cuapa	UNI, ANA	Un día de elaboración de mapa, partiendo de la información recabada en la gira de campo para cálculo de potencial.	ANA: RH GIZ	Diciembre 2014
Alcaldía de Cuapa	ANA, MARENA			Septiembre 2015
Alcaldía de Cuapa, ANA y COMITÉ	MARENA, MAG, GIZ	1 GIZ x Un día	ANA: RH GIZ (Viáticos)	Diciembre 2015
Alcaldía de Juigalpa y Alcaldía Cuapa	ANA, GIZ	6 Alcaldía (2 X alcaldías) X un día 1 GIZ X Un día 1 ANA X Un día Total: 8 días	ANA: RH GIZ (Viáticos)	Agosto 2015
Alcaldías de Cuapa, Alcaldía de Comalapa y Alcaldía de Juigalpa	UNIVERSIDAD Y ANA	Gira de Campo 2 UNI x 5 días	Viáticos para gira de campo : \$120.00	Marzo 2015
	ANA, GIZ	1 Alcaldía X 5 días Gabinete		Julio 2015
	UNIVERSIDAD Y ANA	2 UNI x 15 días Total: 45 días	ANA, ALCALDÍA Y GIZ	Diciembre 2015
Alcaldía de Cuapa	UNIVERSIDAD Y ANA	2 UNI x 5 días 1 Alcaldía x 5 días Total: 15 días		Diciembre 2016
Alcaldía de Cuapa				Diciembre 2016
Alcaldía de Cuapa y ENACAL		3 millones de córdobas	3 millones Alcaldía de Cuapa	Diciembre 2017

Tema 4: Protección de suelos contra

Objetivo	Indicadores	Resultados	Hitos
OBJETIVO 1: En el 2017, el Comité de la Subcuenca Mayales en alianza con ganaderos/as y productores/es e instituciones sectoriales han logrado iniciar un cambio en la producción ganadera tradicional hacia sistemas intensivos y amigables con el medio ambiente	Al menos 5 acuerdos con ganaderos han sido formalizados al final del primer semestre del 2015	Se han establecido alianzas estratégicas entre ganaderos/as, instituciones, el Comité de Cuenca y agricultores/as	Identificados y clasificados productores/as y ganaderos/as dentro de la subcuenca (datos desagregados por género)
	50% de los participantes en los talleres han concluido de forma exitosa las capacitaciones.	Se han logrado concienciar y capacitar a mujeres y hombres ganaderos / productores / en sistemas productivos sostenibles	Formalizados acuerdos con las Asociaciones y ganaderos/as dentro de la subcuenca y los 3 municipios
			Elaborada estrategia de capacitación para incentivar motivación y participación de mujeres y hombres ganaderos (destacar beneficios económicos)
			Elaborados módulos de capacitación, con enfoque de género.
	En el 2017, la revisión de los 30 planes de Finca demuestran un cambio de los sistemas de producción en un aumento de la regeneración de bosques,	Se han elaborado e implementado planes de manejo de fincas, con enfoque de género	Capacitaciones a mujeres y hombres ganaderos se han realizado, destacando el enfoque de género
			Selección de mujeres y hombres ganaderos / productores según extensión, zona crítica, motivación y equidad de género.
			Establecidas alianzas con universidades e INATEC para servicios de extensión, con perspectiva de género (Elaboración Planes de Finca)
			Acordada y consensuada una metodología, con enfoque de género, para elaboración de planes.
	Al menos 10 convenios con productores están ejecutándose al final del 2016	Se han establecido mecanismos financieros para incentivar cambios en sistemas productivos	Entregados diagnósticos de fincas y los respectivos planes
			Establecidas las cantidades de áreas a ser mejoradas y recuperadas con fines de evaluación de impactos logrados
			Diseñada estrategia de incentivos
			Facilitado acceso de ganaderos y ganaderas a proyecto FONADEFO (incentivos forestales UNION EUROPEA)
		Firmados convenios con productores y productoras para aplicación de incentivos	

erosión y retención de aguas superficiales

Responsables	Acompañamiento institucional	Recursos humanos	Recursos financieros	Plazos
Comité Mayales, Alcaldías (UMAS, UAM, Catastro)	MAG	10 funcionarios/as a 3 días laborales (30 días laborales)	US\$ 1,000 (subcontrataciones)*	1er trimestre 2015
Comité Mayales, Alcaldías (UMAS, UAM, Catastro)	ANA, MAG, INTA Y MARENA	7 funcionarios/as a 2 días laborales (14 días laborales)	US\$ 500 (talleres, reuniones y transporte)*	
ANA y MAG,	UNAG, UMAS, UAM Y COMITÉ de la cuenca	7 funcionarios/as a 10 días laborales (70 días laborales)	US\$ 500	Abril-Septiembre 2015
			US\$ 1,500	
			US\$ 500	
ANA, MAG,	UNAG Y UMAs	6 funcionarios/as a 3 días laborales (18 días laborales)	US\$ 20,000 (almuerzos, viáticos para peritos de campo, contratación de consultor para acompañar elaboración de planes de finca, pago capacitador/a y materiales)	Octubre a Marzo 2016
ANA, Comité,	MAG, INATEC, MARENA	5 funcionarios/as a 2 días laborales (10 días laborales)		
ANA, MAG, MARENA	UNAG, UNIVERSIDADES	5 funcionarios/as a 3 días laborales (15 días laborales)		
ANA, Comité, MAG,	Universidad o subcontratación	2 funcionarios/as a 2 días laborales (4 días laborales) para revisión y control de calidad, al menos 90 días laborales (3 días laborales por finca) de campo de peritos técnicos para levantar informaciones sobre fincas, acompañamiento técnico de consultor contratado por al menos 30 días laborales para asesorar ganaderos/ganaderas en estrategia de transformación de fincas		Abril 2016 a Diciembre 2017
ANA, MAG, MARENA				
Alcaldías y Comité	ANA e INAFOR	3 técnicos/as de alcaldías y 2 funcionarios/as a 4 días laborales cada uno (20 días laborales)	US\$ 2,000* (costos de consultoría para formular la estrategia)	Octubre a Marzo 2016
ANA, MAG, MARENA				
Alcaldías, Comité, productores y productoras.	ANA E INAFOR	3 técnicos/as de alcaldías y 2 funcionarios/as a 3 días laborales cada uno (15 días laborales)		

Tema 5: Monitoreo continuo, cualitativo y

Objetivo	Indicadores	Resultados	Hitos
Establecido un monitoreo permanente de los recursos hídricos a través de la generación de datos de cantidad y calidad que permita la verificación de los indicadores del PGRH y la toma de decisiones oportunas	Los hidrogramas de caudal de los ciclos hídricos 2014/15, 2015/16 y 2016/17 del río mayales están registrados y divulgados.	La Estación El Jicaral, para medición de caudales del Río Mayales está rehabilitada	Planificación de obras
			Ejecución de obras
			Plan de monitoreo de acuerdo con la estrategia existente
			Estación en operación
	Los datos están registrados en el SiAGUA de acuerdo con el plan del monitoreo	La red del monitoreo (pluviómetros y divers) está establecida y operando,	Determinar sitio para monitoreo de caudales e instalación de pluviómetros.
			Determinar sitio para instalación de divers.
			Instalación de pluviómetros
			Instalación de divers
			Prueba del equipo
			Capacitación de hombres y 30% mujeres operadores
			Plan de monitoreo de acuerdo con la estrategia existente
			Registro de datos en el Si AGUA
	Establecida la rutina del monitoreo de la calidad y de mediciones móviles de los caudales de los afluentes identificados.	Establecida la rutina del monitoreo de la calidad y de mediciones móviles de los caudales de los afluentes identificados.	Establecer convenio entre alcaldías, la ANA, CIRA y/o laboratorios de calidad del agua, sobre la rutina del monitoreo de la calidad.
			Plan de monitoreo de acuerdo con la estrategia existente (incluye calidad y cantidad)
			Capacitación de operadores, (30% mujeres)
	Las tareas del plan de monitoreo bajo responsabilidad de las alcaldías están cumplidas	Gobiernos municipales incluyen en POA,PIA Y Planes de inversiones multianuales el presupuesto para el monitoreo permanente	Tareas incluidas en POA de las alcaldías
			Presupuesto elaborado
			Presupuesto aprobado en PIA y PIMM

cuantitativo de los Recursos Hídricos

Responsables	Acompañamiento institucional	Recursos humanos	Recursos financieros	Plazos
INETER	ANA, Alcaldía de Juigalpa y Comité de cuenca	INETER (1); ANA (1) ; GIZ (2) 5 días laborales	GIZ (Estimado \$ 22,000)	Mayo 2014
		INETER (4); ANA (1) 11 días laborales		Junio 2014
		INETER(1); ANA (1); Alcaldía (1); Comité de Cuenca (1); GIZ (2) 5 días laborales		Junio 2014
		INETER (1); ANA (1) 2 días laborales por mes		Julio 2014
ANA	INETER, Alcaldías y Comité de Cuenca	ANA (2); INETER (1); GIZ (1); Alcaldías (3) 5 días laborales	GIZ: \$ 8,500	Mayo 2014
		ANA (2); GIZ (1); Alcaldías (3) 3 días laborales		Junio 2014
		ANA (2); INETER (1); GIZ (1); Alcaldías (3) 5 días laborales		Junio 2014
		ANA (2); INETER (1); GIZ (1); Alcaldías (3) 5 días laborales		Junio 2014
		ANA (2); INETER (1); GIZ (1); Alcaldías (3) 2 días laborales		Junio 2014
		ANA (2); INETER (1); GIZ (1); Alcaldías (3) 3 días laborales		Junio 2014
		INETER(1); ANA (1); GIZ(1); Alcaldía (3); Comité de Cuenca (1) 5 días laborales		Junio 2014
		ANA (3); 2 días laborales por mes por año		2014, 2015, 2016 y 2017
ANA	CIRA, Comité y Alcaldías	CIRA (1); ANA (1); Laboratorio (1) Alcaldías (3); GIZ (1) 2 días laborales	Alcaldías: Juigalpa: \$2,120, Cuapa: \$1,000, Comalapa: \$ 1,120, GIZ: \$ 3,930	Agosto 2014
		CIRA (1); ANA (1); GIZ (1); Laboratorio (1); Alcaldías (3) Comité de Cuenca (1) 2 días laborales		Julio 2014
		CIRA (1); ANA (1); GIZ(1); Alcaldías (3); Comité de Cuenca (1) 2 días laborales	GIZ:\$ 500	Julio 2014
Alcaldías: Juigalpa, Cuapa, Comalapa, (UMAS, Planificación, proyectos, finanzas y autoridades municipales)	ANA y el Comité de Cuenca	Alcaldías (15); ANA (1); GIZ(1); Comité de Cuenca (3) 2 días laborales en cada alcaldía por año		Septiembre 2014, 2015 y 2016
		Alcaldías (15) 2 días laborales en cada alcaldía por año		Octubre 2014, 2015 y 2016
		Alcaldías (15). 1 día laboral en cada alcaldía por año		Diciembre 2014,2015 y 2016

6. Financiamiento, Implementación y Monitoreo

6.1. Financiamiento

Para cubrir el costo de todas las actividades a desarrollar para el plan de gestión integrada de los recursos hídricos, se han identificado tres principales fuentes de financiamiento:

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

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

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

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

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

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).

2. Donaciones, en base a proyectos con duración determinada de entidades nacionales e 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 Tratamiento de Aguas Grises para la ciudad de Juigalpa, con financiamiento del Gobierno de Corea.
- 💧 Red de monitoreo de recursos hídricos (equipos), desarrollo de capacidades, estudios específicos, con financiamiento de la Cooperación Alemana al Desarrollo, en el marco del Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento (PROATAS).

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

Corresponde a este tipo de financiamiento, todas las actividades cuya responsabilidad recae en las instituciones relevantes del sector agua, conforme la Ley General de Aguas Nacionales⁹. Se incluyen además las potenciales cooperaciones público - privadas que se puedan desarrollar, producto del trabajo del Comité de Cuenca¹⁰.

Es importante recalcar la importancia del rol que juegan las universidades presentes en la cuenca, por medio de las cuales se podrá realizar una gran cantidad de actividades previstas en el PGIRH, por lo tanto es imperante concretar estos compromisos por medio de un convenio de colaboración conjunta entre las universidades, la ANA y el Comité de Cuencas.

⁹ Según Arto. 32 de la Ley 620, las instituciones son: ANA, MARENA, Alcaldías, INETER, MAG y MINSA.

¹⁰ El Comité de cuenca está integrado por usuarios(as) del agua, organizaciones no gubernamentales y alcaldías.

Considerando los recursos y capacidades institucionales disponibles, está definido para cada tema de medidas GIRH, el personal técnico institucional que será aportado para la implementación de las actividades.

6.2. Implementación

El PGIRH contempla cinco 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.

Para estos hitos, se establecerá en el POA un programa de acciones para alcanzarlos, considerando siempre la estimación de los costos involucrados, además de los recursos y capacidades institucionales disponibles.

La elaboración del POA se realizará, una vez que el PGIRH sea aprobado técnicamente por la ANA. Participan en su elaboración las instituciones rectoras y el Comité de Cuenca.

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

- 💧 Voluntad política de los gobiernos municipales para impulsar la implementación del plan. Esto será evidente a través de la disponibilidad de recursos humanos y financieros.
- 💧 Cohesión y trabajo en equipo para avanzar en la implementación de acuerdo a lo planificado.
- 💧 Desarrollo de capacidades, para incidir en la sostenibilidad de las medidas del plan de GIRH, una vez que la cooperación se haya retirado.
- 💧 Aprovechamiento de la oferta de fondos nacionales o internacionales¹¹, para presentar en forma oportuna proyectos y ser constantes en el seguimiento de la gestión hasta lograr el financiamiento.
- 💧 Establecimiento de mecanismos de coordinación y cooperación, de intercambio de información entre instituciones y comité de cuenca y de difusión hacia la comunidad.
- 💧 Fechas bimensuales de seguimiento definidas al cumplimiento de los POAs, siendo la Delegación de la ANA la encargada de convocar a las instituciones involucradas en la ejecución del PGIRH.

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

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

- 💧 La documentación completa del plan, en forma impresa, se conservará en buen estado, para fácil consulta por cualquier ciudadano(a) en las oficinas de las alcaldías e instituciones.
- 💧 Elaborar diferentes formatos de publicación, por ejemplo folletos, documento resumen con versiones bien resumidas de las partes sustantivas del Plan, incluyendo imágenes y matrices de planificación.
- 💧 Mapas y mantas, o posters 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 Subcuenca Mayales.
- 💧 Anuncios radiales y perifoneo para informar a la población de la aprobación del plan y de la disponibilidad del material informativo.

¹¹ En Nicaragua, existe el Fondo Nacional de Desarrollo Forestal. Parte de su menú, es el financiamiento para la protección de zonas de recarga hídrica.

6.3. Monitoreo

Comprende las siguientes etapas:

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

Se propone para estas revisiones la siguiente tabla:

Tema:

Resultados	Hitos	Fecha de monitoreo	Logros	Problemas	Medidas

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

Se propone la siguiente tabla para la evaluación:

Tema:

Objetivo	Indicadores	Fecha de monitoreo	Logros	Problemas	Medidas

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

D . ANEXOS

1 Resumen de geomorfología de la subcuenca Mayales

Unidades de origen Denudacional Estructural (S)¹²:

- ◆ Se extiende del noroeste al sureste y se asocia a la parte alta de la subcuenca con alturas cercanas a los 1,000 msnm, tiene elevaciones de cima plana con escarpes y taludes rocosos verticales.
- ◆ Abarca todo el municipio de San Francisco de Cuapa, la parte norte del municipio de Comalapa y el noreste del municipio de Juigalpa.
- ◆ En el perímetro suroeste de la subcuenca del Río Mayales se reconoce una expresión topográfica similar pero definida por un relieve escalonado (Mesas de Hato Grande y Mesas de Arrayán), también caracterizados por alargados escarpes con taludes¹³ verticales.

Topografía ondulante con suave pendiente (S4)

- ◆ Alineaciones montañosas de pendiente suave y ligeramente erosionadas
- ◆ Formación asociada a esfuerzos tectónicos que ocasiona deformación de los materiales que le componen y la geometría sub superficial de las mismas.



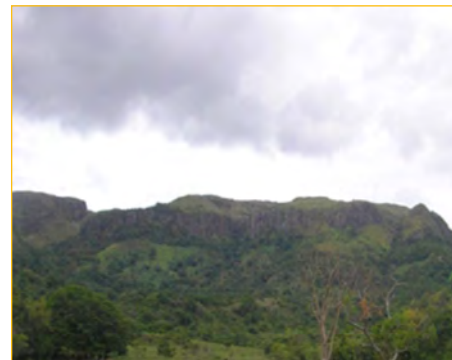
Ejemplos: Peña de Tumbé, la punta Moropotente, picos el Bálsamo y otros sitios localizados en sectores noroeste y suroeste del municipio de Juigalpa.

¹² Unidad de origen denudacional: se desarrolla por la acción de procesos de erosión y meteorización

¹³ Talud: acumulación de fragmentos de roca partida en la base de paredes de roca, acantilados de montañas o cuencas de valles.

Mesa estructural (S5)

- Espacios elevados con cimas formando mesas con topografías planas
- Superficie de meas con rocas resistentes a erosión y desgaste.



- Mesas estructurales formadas por fuerzas tectónicas aplicadas a estratos horizontales del terreno, que al encontrar fallas propicias producen la elevación de una zona que mantiene la horizontalidad pero a un nivel superior que el entorno.

Ejemplos: Mesas de Hato Grande en el municipio de Juigalpa, La Rincona, El Tule y Santa Juana al suroeste de San Francisco de Cuapa y Monte Fresco en Comalapa.

Loma de cerdo (S6)

- Se forman por inclinación de la roca no mayor a 45° en ambos flancos de la loma.
- Parte superior angosta y afilada en correspondencia con la resistencia de la roca. Su área es limitada pero de longitud considerable.



Ejemplos: El Rodeo, Cotas, Tamañes, Las Lomitas, El Portillo y Las Tetillas (Municipio de Juigalpa). Los Coyotes, Mina de Piedra, El Socorro y San Pedro (Comalapa) y El Nancite, Mogate, El Canelo San Francisco de Cuapa.)

Unidades de origen denudacional (D)

- Comprende parte central e intermedia de la subcuenca del Río Mayales de sentido NW-SE y abarca los municipios de Comalapa y Juigalpa.
- Los procesos erosivos han esculpido relieve residual bajo y plano con cerros redondeados aislados y dispersos en virtud de la diferente resistencia de litologías duras y blandas.

Pendientes y colinas erosionables (D1)

- Terrenos bajos y planos, y colinas onduladas de baja altura ligera a intensamente meteorizadas y alteradas por lluvias superficiales erosionando y modelando el subsuelo hasta alcanzar la forma actual.



- Materiales que componen esta estructura morfológica son arcillas rojizas y limos, bien deleznable y suelto,

Ejemplo: muchos terrenos en el municipio de Juigalpa

Peneplanicies (D5)

- Terrenos de topografía plana, casi horizontal, adyacente a uno o varios ríos, compuestos por rellenos de aluvión cuyo espesor es variable así como su composición textural y litológica, sujeta a inundaciones periódicas, por eso se nombran "llanuras de inundación"



Ejemplo: terrenos en el municipio de Comalapa

Escarpes del Terreno (D9)

- Vertiente de roca que corta el terreno abruptamente, siendo su pendiente mayor a 45°, adoptando la forma de una cornisa con extensión más o menos larga, aunque conservando una altitud sensiblemente constante.



- Se observa en el terreno como un tipo de salto que interrumpe la continuidad del paisaje.



Unidad de Origen Fluvial (F)

- Se expande al sur del municipio de Juigalpa, en la parte baja e inferior de la subcuenca hacia la desembocadura del Río Mayales al Lago de Nicaragua.
- El relieve es bajo, llano y plano.
- Zona de depósito y acumulación de sedimentos transportados por el Río Mayales.

Terrazas fluviales (F6)

- Topografía plana a suavemente escalonada y ligera a moderadamente disectada.
- Formadas por rellenos de aluvión depositados durante las corrientes de crecida.
- Su geometría es tabular y a ambos lados del cauce en sectores donde la pendiente suave favorece el depósito de sedimentos. El número de terrazas revela la cantidad de ciclos de erosión que ha experimentado el río.
- Terrazas recientes se destaquen mejor en el relieve que las antiguas.
- Su espesor alcanza máximos de 2.5m, siendo el material predominante en su corte de exposición de tipo volcánico.



Delta costero (F11)

- 💧 Relieve llano y plano, con topografía escalonada y regularmente inundada.
- 💧 Corresponde a la desembocadura del Río Mayales al lago de Nicaragua.

Unidad de Origen Volcánico (V)

- 💧 Cerros redondeados de baja altura y dispersos en relieves bajos y llanos.
- 💧 Cerros erosionados en parte media y mayoritariamente en la parte alta de la subcuenca

Ejemplos (presentes en los tres municipios): Quebrada Apompúa (al sureste de Juigalpa) y cerros Las Cuchillas y Mollejones (al sureste de San Francisco de Cuapa).

Cerros volcánicos denudacionales (V14)




- 💧 Corresponden a residuos volcánicos y de calderas erosionadas. Con pendientes de laderas fuertes a moderadas, severas a moderadamente disectadas.



2 Resumen Geología de la Subcuenca Mayales

Los materiales geológicos que afloran en la subcuenca del Río Mayales son:

Material Geológica	Definición	Foto
Basaltos	<ul style="list-style-type: none"> Roca volcánica oscura, de composición máfica rica en silicatos de magnesio y hierro y bajo contenido en sílice Rocas más común en corteza terrestre, forma la mayor parte de los fondos oceánicos 	
Brechas volcánicas	<ul style="list-style-type: none"> Roca detrítica (fragmentaria) compuesta en un Ca. 50% de fragmentos angulares de roca de tamaño superior a 2 milímetros unidos y cementados por lava volcánica. 	
Ignimbritas	<ul style="list-style-type: none"> Roca ígnea (formada cuando el magma se enfría y se solidifica) y depósito volcánico que consiste en toba (roca ligera y porosa) dura compuesta de fragmentos de roca y fenocristales en una matriz de fragmentos vítreos. 	
Pedernales	<ul style="list-style-type: none"> Sílice (SiO₂), mineral perteneciente a las anhídras amorfas dentro del grupo de la sílice (como el cuarzo o la calcedonia) Estructura criptocristalina De gran dureza usado en Edad de Piedra para elaborar armas y herramientas. 	
Riolitas	<ul style="list-style-type: none"> Roca volcánica félsica de color gris a rojizo con una textura de granos finos o a veces también vidrio y una composición química muy parecida a la del granito. considerada el equivalente volcánico del granito, sólo que el granito se origina también a partir de su mayor presión. 	

Suelos de textura arcillosos	<ul style="list-style-type: none"> • A menudo llamado "suelo pesado" • Agricultura en el suelo arcilloso presenta gran desafío principalmente debido al pobre drenaje del suelo. • Tendencia a compactarse y deshacerse en terrones cuando se lo cultiva, pisa o trabaja cuando está húmedo. • Compactado puede requerir un largo tiempo para restaurarlo a una buena estructura de suelo. • Es pegajoso, plástico en estado húmedo y posee muchos nutrientes y materia orgánica. 	
Suelos arenosos	<ul style="list-style-type: none"> • Formado principalmente por arena con partículas pequeñas de piedra de carácter silicio con un diámetro entre 0,02 y 2 mm. • No retienen el agua que rápidamente se hunde a capas más profundas. Son suelos considerados secos en donde hay muy poca humedad. • Tiene baja materia orgánica por lo que no es muy fértil. 	
Suelos limosos	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos con una proporción muy elevada de limo. • Es un tipo de suelo muy compacto, sin llegar a serlo tanto como los arcillosos. • Resultan de la sedimentación de materiales muy finos arrastrados por las aguas o depositados por el viento. • Suelen presentarse junto a los lechos de los ríos y son muy fértiles. 	

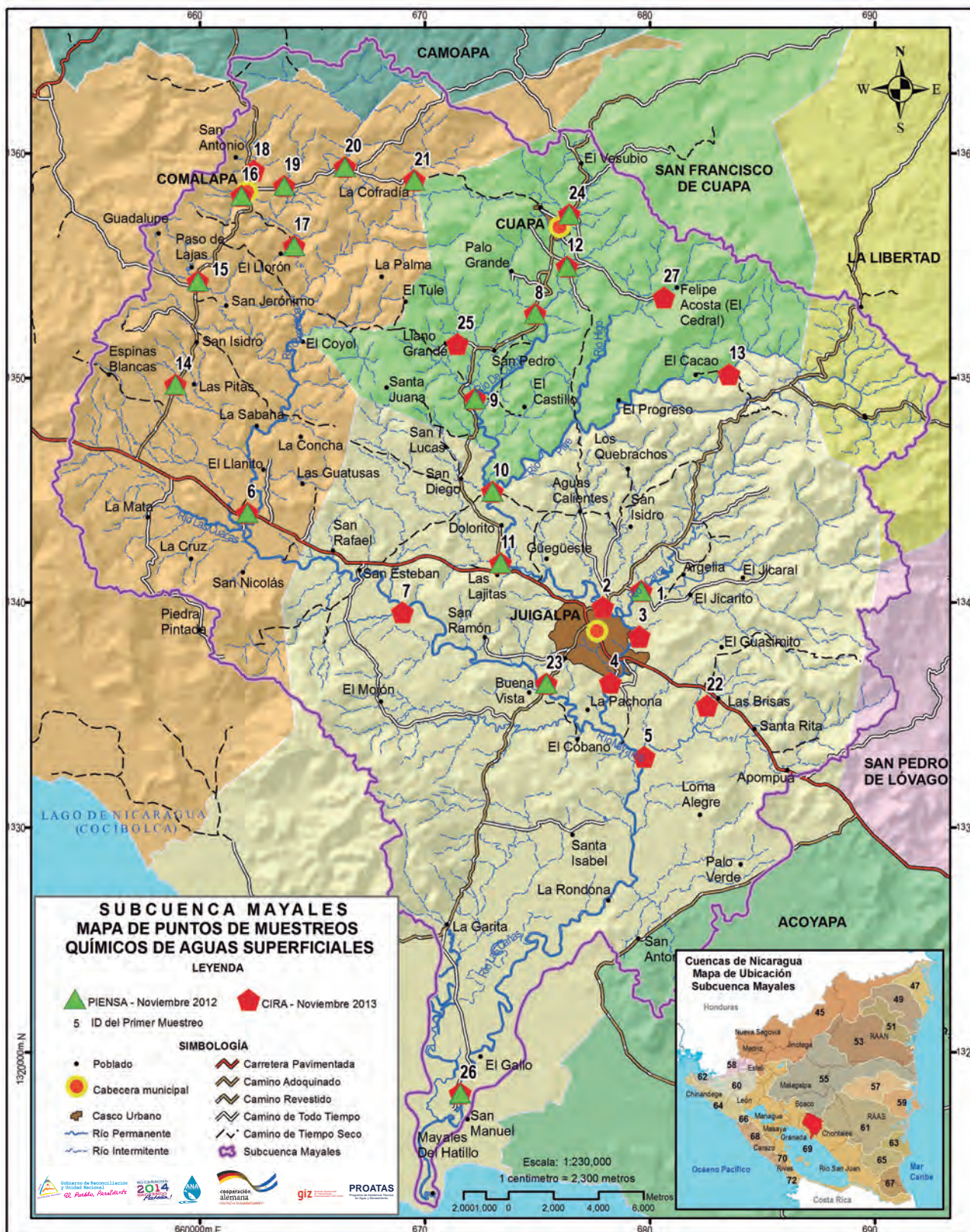
3 Datos Meteorológicos

Anexo No. 3.1:
 Mapa de distribución de Thiessen para las estaciones meteorológicas con influencia dentro de la subcuenca



4 Estado actual cualitativo aguas superficiales

Anexo No. 4.1:
Mapa de puntos de muestreo químico de aguas superficiales



Anexo No. 4.2

Resultados de los parámetros físico - químicos de las aguas superficiales de ríos en la Subcuenca Mayales

ID	X	Y	Fecha de muestreo	pH	CE (µs/cm)	T (C°)	Turbidez (NTU)	SDT mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)
1	662060	1343923	22/11/2012	7.95	408	26.00	0.175	279.0	1.60	0.30
2	658900	1349699	22/11/2012	8.05	867	24.70	0.081	582.0	1.53	< 0.009
3	659890	1354308	22/11/2012	7.81	565	24.60	0.087	388.0	1.54	0.353
4	661845	1358119	22/11/2012	7.45	544	26.30	0.217	354.0	1.47	0.130
5	664172	1355886	22/11/2012	7.87	448	26.90	0.087	292.0	1.24	< 0.009
6	662379	1359237	22/11/2012	7.44	444	25.80	0.094	284.0	1.23	0.021
7	663733	1358561	22/11/2012	8.09	405	24.50	0.089	264.0	1.24	< 0.009
8	666445	1359398	22/11/2012	8.05	362	24.20	0.086	258.0	1.21	< 0.009
9	669522	1358799	22/11/2012	7.83	290	24.40	0.198	221.0	1.23	0.228
10	676408	1357290	22/11/2012	8.12	278	22.90	0.076	198.0	1.26	< 0.009
11	676229	1355019	22/11/2012	8.09	281	24.20	0.125	198.0	1.29	0.030
12	674899	1352857	22/11/2012	7.97	404	25.70	0.196	294.0	1.68	< 0.009
13	671812	1349665	22/11/2012	8.02	499	25.90	0.168	294.0	1.49	0.034
14	672214	1349070	22/11/2012	7.98	377	25.00	0.128	229.0	1.37	0.017
15	679607	1340518	23/11/2012	8.22	322	27.40	5.67	296	1.27	0.009
16	683514	1350167	23/11/2012	8.13	327	23.50	7.16	183.0	1.32	0.037
17	673356	1341755	23/11/2012	7.61	415	27.40	9.67	339.00	1.56	< 0.009
18	673747	1341854	23/11/2012	8.23	388	27.10	4.17	225.0	1.78	0.094
19	673072	1344832	23/11/2012	7.75	465	27.00	6.89	219.00	1.42	< 0.009
20	671559	1318174	23/11/2012	7.89	503	28.10	4.390	274.0	1.41	0.052
21	675383	1336409	23/11/2012	8.19	247	26.60	0.193	281.0	1.23	< 0.009
22	679630	1340536	10/04/2013	8.15	633	29.1	28.40	403.71	0.27	0.01
23	678046	1339815	10/04/2013	8.57	480	30.4	32.40	301.58	0.73	0.01
24	679557	1338487	10/04/2013	8.02	446	28.7	10.50	293.76	0.22	0.007
25	678263	1336397	10/04/2013	8.16	631	30.9	12.80	389.20	0.93	0.486
26	679741	1333215	10/04/2013	8.41	614	32.5	17.40	370.61	0.22	0.01

Anexo No. 4.3
Resultados de los análisis físico - químicos de las aguas
superficiales de ríos en la Subcuenca Mayales

ID	X	Y	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	CO ₃ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Fe (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	F (mg/l)	Balance lónico
1	662060	1343923	23.90	5.70	37.55	8.71	22.70	165.20	0.01	9.25	0.087	1.24	0.302	3.2
2	658900	1349699	93.10	4.66	58.61	18.78	47.40	419.40	0.01	0.00	0.060	1.29	0.186	2.5
3	659890	1354308	39.60	5.07	57.17	9.21	29.40	263.80	0.01	1.74	0.078	1.60	0.325	2.6
4	661845	1358119	28.50	5.09	55.37	12.50	33.30	237.20	0.01	4.41	0.069	1.54	0.478	2.4
5	664172	1355886	21.80	4.95	44.50	12.05	24.20	205.00	0.01	0.00	0.078	1.68	0.234	2.9
6	662379	1359237	24.60	5.05	42.58	10.71	27.70	197.20	0.01	0.00	0.087	1.49	0.270	2.3
7	663733	1358561	22.40	4.35	46.93	6.35	26.20	184.40	0.01	0.00	0.087	1.37	0.238	2.4
8	666445	1359398	26.00	4.76	30.94	7.89	23.40	160.40	0.01	0.00	0.078	1.27	0.189	2.3
9	669522	1358799	21.90	4.91	23.76	5.02	20.30	121.40	0.01	0.00	0.106	1.32	0.182	2.2
10	676408	1357290	19.70	4.57	24.50	6.77	18.80	114.60	0.01	9.34	0.152	1.23	0.231	2.8
11	676229	1355019	17.50	4.85	25.01	5.70	19.60	115.20	0.01	2.58	0.097	1.53	0.657	2.1
12	674899	1352857	29.60	4.68	34.56	7.79	25.20	178.00	0.01	0.00	0.170	1.56	0.217	1.9
13	671812	1349665	23.20	4.28	49.80	12.91	28.30	224.00	0.01	0.00	0.078	1.78	0.228	2.1
14	672214	1349070	25.00	4.72	34.85	8.59	23.80	163.60	0.01	4.44	0.078	1.47	0.287	2.9
15	679607	1340518	15.40	4.40	30.11	8.98	19.90	141.40	0.01	0.00	0.124	1.42	0.241	2.5
16	683514	1350167	14.70	4.66	31.33	8.85	19.80	143.20	0.01	0.00	0.161	1.41	0.239	2.4
17	673356	1341755	16.60	4.44	45.23	12.17	20.60	176.60	0.01	13.80	0.087	1.24	0.238	4.2
18	673747	1341854	19.90	4.57	37.13	10.30	22.10	151.80	0.01	17.38	0.087	1.23	0.200	2.9
19	673072	1344832	26.90	5.28	44.12	9.93	24.00	194.80	0.01	14.64	0.143	1.21	0.216	1.8
20	671559	1318174	32.40	4.77	45.24	12.15	34.30	160.60	0.01	45.08	0.106	1.26	0.189	2.7
21	675383	1336409	13.80	4.32	20.68	6.96	16.40	106.60	0.01	0.00	0.235	1.23	0.186	2.3
22	679630	1340536	55.8	4.01	56.69	10.11	36.46	200.15	0	100.74	1.38	0.27	0	-1.7
23	678046	1339815	38.9	5.3	47.52	16.17	33.03	186.97	24.84	19.64	0.34	0.73	0.57	2.8
24	679557	1338487	36	4.01	44.18	14.16	26.78	229.44	0	12.43	0.34	0.22	0.33	2.7
25	678263	1336397	50.8	7.77	58.36	19.21	49.4	285.57	0	21.49	0.83	0.93	0	2.8
26	679741	1333215	47.1	6.78	61.69	17.69	45.76	260.68	17.04	16.06	0.46	0.22	0.25	2.2

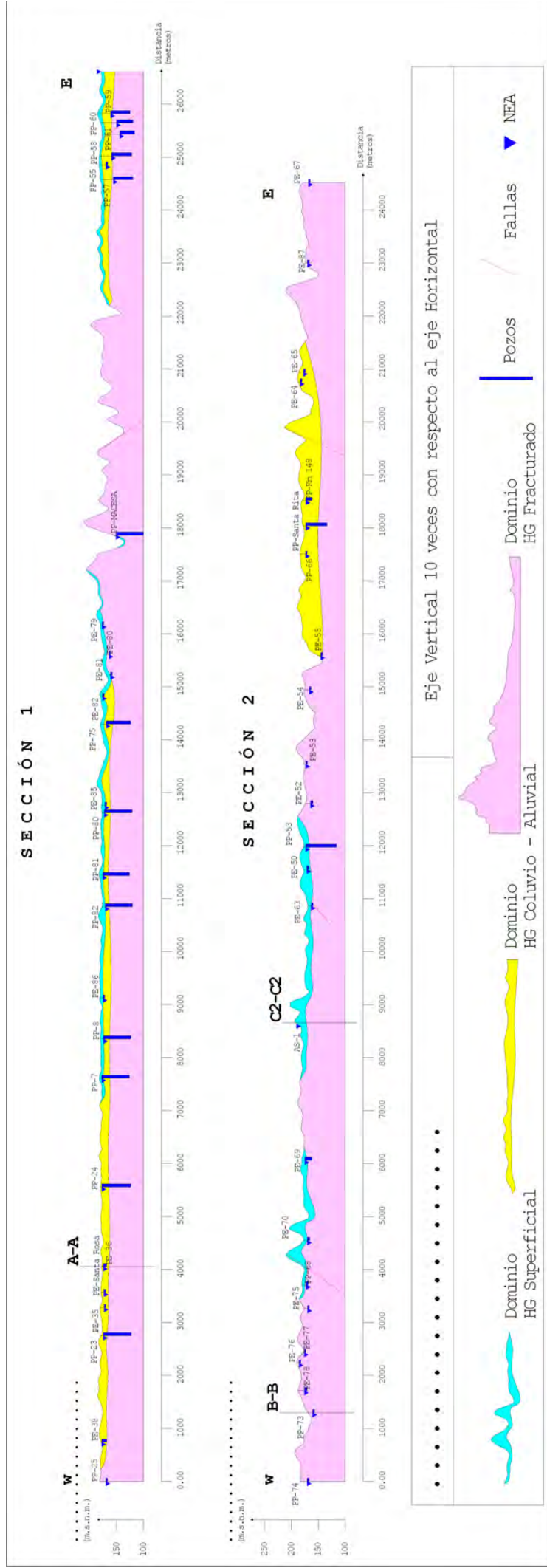
Anexo No. 4.4
Resultados de análisis bacteriológicos de las aguas superficiales de la Subcuenca Mayales

ID	ID Lab	X	Y	Fecha	Coliforme Total (NPM/100 ml)	Coliforme Fecal (NPM/100 ml)	E.Coli (NPM/100 ml)	Recuento de heterótrofos (UFC/ml)
1	La-1211-0841	662060	1343923	22/11/2012	9.2E+02	9.20E+02	1.70E+02	2.60E+04
2	La-1211-0842	658900	1349699	22/11/2012	>1.6E+3	9.3	6.8	2.20E+04
3	La-1211-0843	659890	1354308	22/11/2012	>1.6E+3	>1.6E+3	>1.6E+03	6.30E+03
4	La-1211-0845	661845	1358119	22/11/2012	>1.6E+4	>1.6E+3	>1.6E+02	2.50E+04
5	La-1211-0844	664172	1355886	22/11/2012	4.70E+00	2.10E+00	1.70E+00	1.70E+03
6	La-1211-0846	623795	1359237	22/11/2012	1.60E+03	1.60E+03	2.20E+02	6.50E+02
7	La-1211-0847	663733	1358561	22/11/2012	1.60E+03	2.40E+00	1.70E+00	8.90E+02
8	La-1211-0848	666445	1359398	22/11/2012	1.60E+03	2.10E+00	1.70E+00	1.60E+03
9	La-1211-0849	669522	1358799	22/11/2012	5.40E+02	3.50E+02	1.70E+02	1.40E+04
10	La-1211-0850	676408	1357290	22/11/2012	4.70E+00	4.70E+00	3.30E+00	2.30E+03
11	La-1211-0851	676229	1355019	22/11/2012	5.40E+02	3.50E+02	1.70E+02	5.80E+02
12	La-1211-0852	674899	1352857	22/11/2012	1.60E+03	4.00E+00	3.30E+00	4.20E+02
13	La-1211-0853	671812	1349665	22/11/2012	>1.6E+3	>1.6E+3	>1.6E+3	6.50E+02
14	La-1211-0854	672214	1349070	22/11/2012	5.40E+02	5.40E+02	1.70E+02	4.30E+02
15	La-1211-0858	679607	1340518	23/11/2012	1.60E+03	1.60E+03	1.60E+03	1.60E+02
16	La-1211-0857	683514	1350167	23/11/2012	>1.6E+3	>1.6E+3	3.50E+02	6.10E+03
17	La-1211-0861	683514	1350167	23/11/2012	>1.6E+3	>1.6E+3	>1.6E+3	7.70E+02
18	La-1211-0860	673747	1341854	23/11/2012	5.40E+00	5.40E+00	1.70E+00	9.70E+02
19	La-1211-0859	673072	1344832	23/11/2012	1.60E+03	1.60E+03	2.70E+00	5.80E+02
20	La-1211-0855	671559	1318174	23/11/2012	5.40E+00	3.40E+00	3.40E+00	6.60E+02
21	La-1211-0856	675383	1336409	23/11/2012	1.60E+03	2.40E+00	2.40E+00	4.80E+03
22	MB-0484	679630	1340536	10/04/2013	4.00E+02	7.90E+01	4.90E+01	--
23	MB-0485	678046	1339815	10/04/2013	2.80E+02	2.30E+02	1.30E+02	--
24	MB-0486	679557	1338487	10/04/2013	4.90E+03	4.90E+03	1.70E+03	--
25	MB-0490	678263	1336397	10/04/2013	1.30E+04	1.30E+04	1.30E+04	--
26	MB-0489	679741	1333215	10/04/2013	1.40E+03	4.90E+01	3.30E+01	--

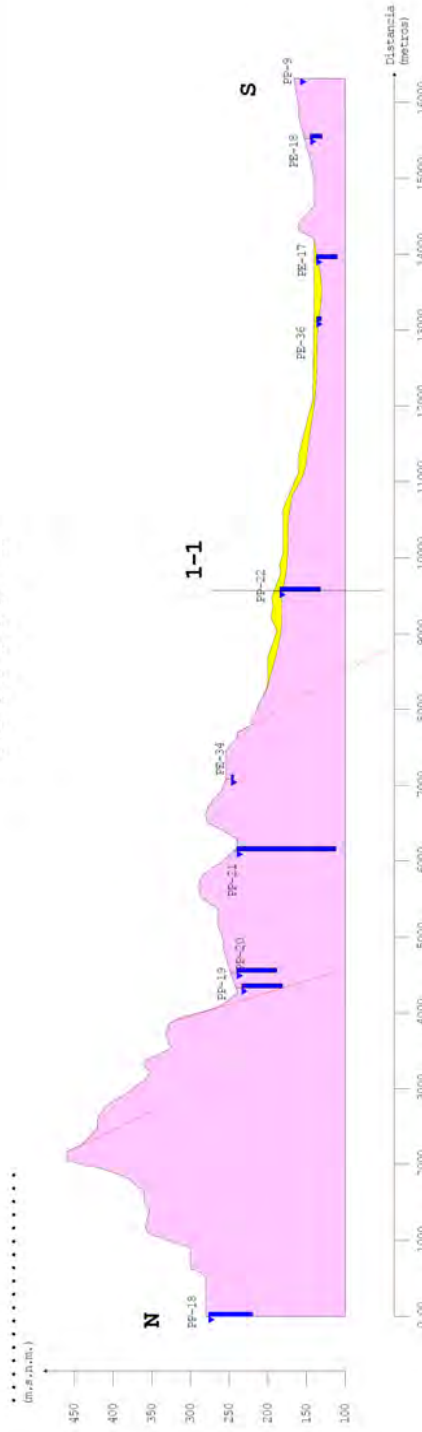
-- No se midió esa variable en el segundo muestreo.

ID	ID Lab	X	Y	Fecha	Coliforme Total (NPM/100 ml)	Coliforme Fecal (NPM/100 ml)	E.Coli (NPM/100 ml)	Recuento de heterótrofos (UFC/ml)
1	MB-1587	679607	1340518	06/11/2013	7.90E+03	2.80E+03	2.80E+03	--
2	MB-1588	677902	1339807	06/11/2013	4.90E+03	1.70E+03	1.70E+03	--
3	MB-1592	679518	1338501	07/11/2013	7.90E+03	1.30E+03	1.30E+03	--
4	MB-1581	678240	1336463	06/11/2013	2.10E+04	6.30E+03	6.30E+03	--
5	MB-1580	679749	1333157	06/11/2013	7.90E+03	7.00E+02	7.00E+02	--
6	MB-1651	662100	1344000	14/11/2013	3.30E+03	3.30E+03	3.30E+03	--
7	MB-1648	669000	1339565	14/11/2013	1.30E+04	1.30E+04	1.30E+04	--
8	MB-1606	674899	1352857	07/11/2013	3.30E+03	4.90E+02	3.30E+02	--
9	MB-1597	672214	1349070	07/11/2013	1.30E+03	7.90E+02	7.90E+02	--
10	MB-1595	673000	1344950	07/11/2013	3.30E+03	1.70E+03	1.70E+03	--
11	MB-1593	673356	1341755	07/11/2013	7.90E+03	4.90E+03	4.90E+03	--
12	MB-1604	676308	1354966	07/11/2013	7.90E+03	2.20E+03	2.20E+03	--
13	MB-1583	683514	1350167	06/11/2013	4.90E+03	7.00E+02	7.00E+02	--
14	MB-1629	658900	1349699	13/11/2013	3.30E+03	1.30E+03	1.30E+03	--
15	MB-1613	659890	1354308	12/11/2013	1.70E+04	1.40E+03	1.40E+03	--
16	MB-1608	661845	1358119	12/11/2013	3.50E+05	3.50E+05	1.30E+05	--
17	MB-1610	664172	1355886	12/11/2013	1.70E+04	4.90E+03	3.30E+03	--
18	MB-1611	662379	1359237	12/11/2013	7.00E+03	1.70E+03	1.70E+03	--
19	MB-1627	663733	1358561	13/11/2013	3.30E+03	1.70E+02	1.70E+02	--
20	MB-1626	666445	1359398	13/11/2013	3.30E+03	7.90E+02	7.90E+02	--
21	MB-1625	669522	1358799	13/11/2013	4.90E+03	4.90E+03	4.90E+03	--
22	MB-1574	682524	1335432	05/11/2013	2.30E+03	4.90E+02	4.90E+02	--
23	MB-1582	675383	1336409	06/11/2013	4.90E+03	2.30E+03	2.30E+03	--
24	MB-1601	676408	1357290	07/11/2013	1.30E+05	2.30E+04	2.30E+04	--
25	MB-1598	671438	1351511	07/11/2013	4.90E+04	1.10E+04	1.10E+04	--
26	MB-1567	671559	1318174	05/11/2013	2.30E+04	3.30E+03	3.30E+03	--
27	MB-1624	680620	1353592	13/11/2013	2.30E+03	3.30E+02	3.30E+02	--

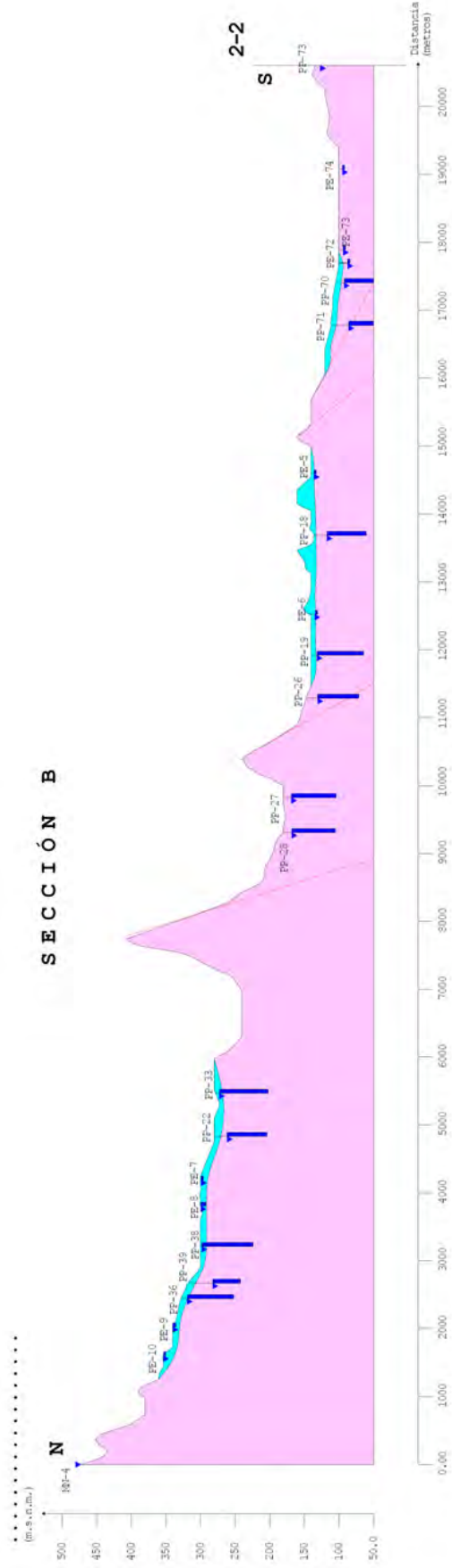
5 Agua Subterránea



SECCIÓN A



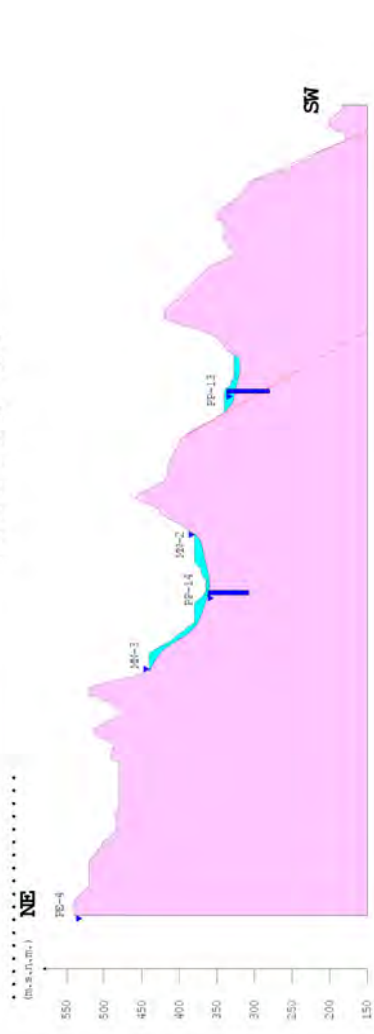
SECCIÓN B



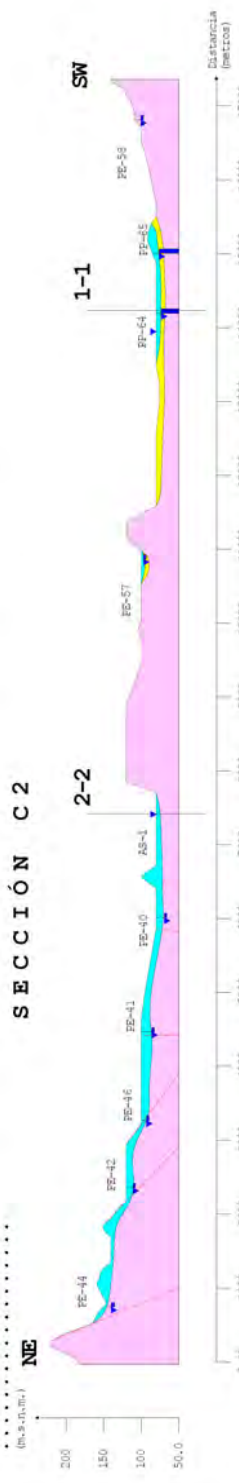
Eje Vertical 10 veces con respecto al eje Horizontal



SECCIÓN C 1



SECCIÓN C 2



SECCIÓN C 3



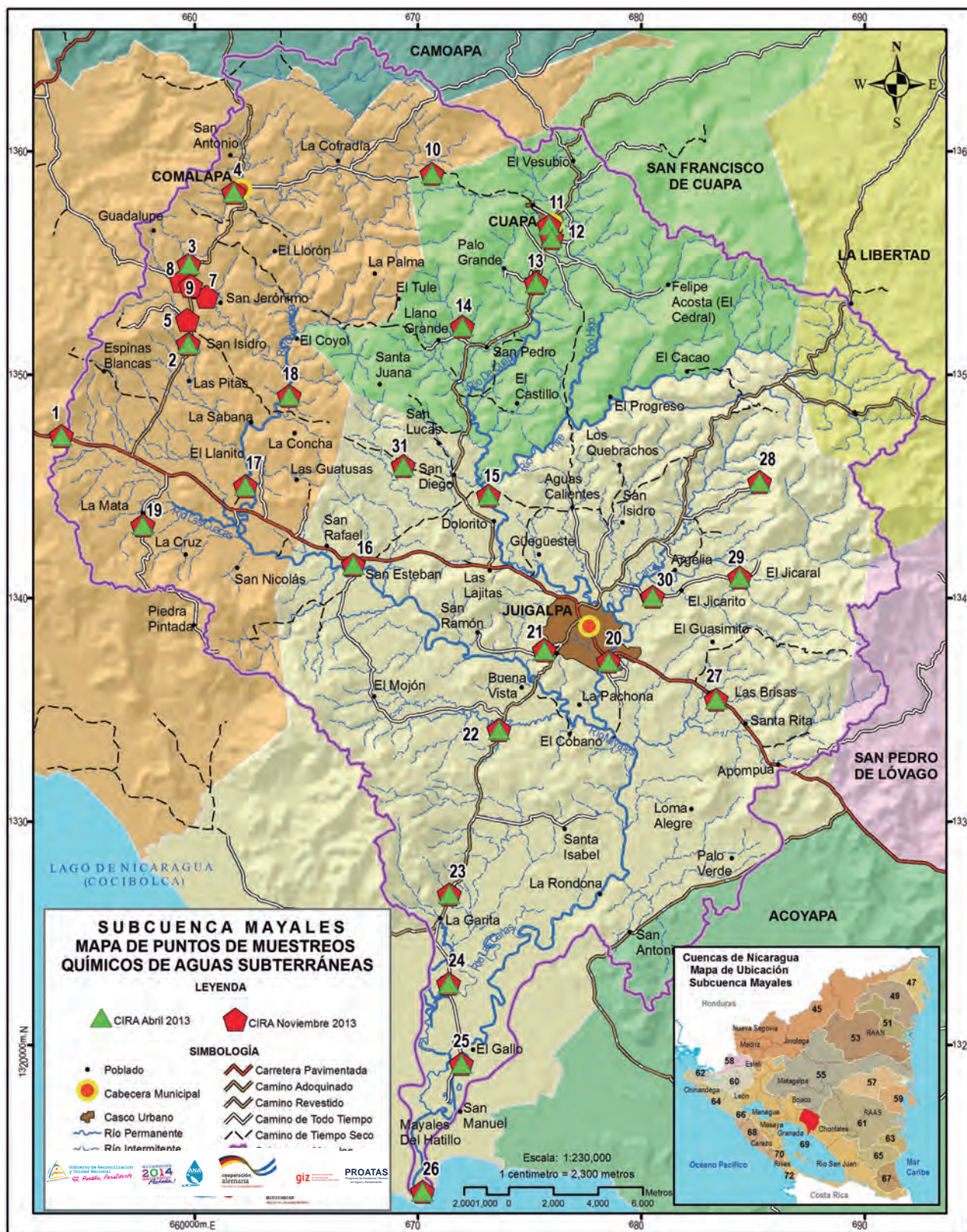
Eje Vertical 10 veces con respecto al eje Horizontal



6 Estado actual cualitativo aguas subterráneas

Anexo No. 6.1

Mapa de puntos de muestreo químico de aguas subterráneas



Anexo No. 6.2

Tabla Resultados de los parámetros físico - químicos de las aguas subterráneas en la Subcuenca Mayales

ID	ID-Lab	X	Y	Fecha de muestreo	pH	CE (µs/cm)	T (C°)	Turbidez (NTU)	SDT (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)
6	AN-450	654036	1347258	12/04/2013	7.44	664	28.4	0.70	436.89	3.1	<ld
7	AN-449	659709	1351385	12/04/2013	8.02	544	30.5	0.60	322.94	<ld	<ld
8	AN-444	659743	1354945	12/04/2012	7.65	492	30.4	0.50	343.38	4.1	<ld
9	AN-443	661746	1358153	12/04/2013	7.37	690	28.2	0.4	690	17.72	<ld
10	AN-442	670628	1359011	12/04/2013	7.94	575	26.9	0.75	350.48	1.06	0.003
11	AN-439	675864	1356690	11/04/2013	8.31	925	30.5	0.80	515.84	1.6	<ld
12	AN-440	675975	1356129	11/04/2013	7.04	895	28	0.95	501.11	1.82	0.102
13	AN-441	675278	1354116	11/04/2013	8.17	515	30.4	0.50	311.60	4.56	<ld
14	AN-446	671981	1352157	11/04/2013	7.75	575	30	0.50	389.48	5.1	0.003
15	AN-430	673146	1344593	11/04/2013	7.25	548	30.8	1.50	342.03	3.01	0.007
17	AN-431	667106	1341495	11/04/2013	7.32	434	29.3	0.80	307.31	1.99	0.003
18	AN-447	662276	1345023	12/04/2013	7.09	375	29.4	0.90	289.33	10.54	0.003
19	AN-445	664223	1349066	12/04/2013	7.8	525	30.5	0.50	366.61	2.26	<ld
20	AN-448	657679	1343270	12/04/2013	7.49	503	29.8	51.20	304.30	0.71	0.007
24	AN-422	678518	1337188	10/04/2013	7.49	739	30.2	0.65	490.44	19.05	0.01
25	AN-428	675645	1337692	11/04/2013	7.37	461	27.7	10.80	320.04	2.7	0.02
26	AN-416	673610	1334121	09/04/2013	7.69	396	30.6	1.20	302.70	1.29	0.003
27	AN-415	671399	1326765	09/04/2013	7.16	219	28.8	4.60	188.39	1.73	0.01
28	AN-414	671363	1322770	09/04/2013	7.08	476	28.8	7.05	343.57	0.22	0.003
29	AN-413	671940	1319170	09/04/2013	7.36	873	29.3	0.80	554.83	3.59	0.007
30	AN-412	670206	1313450	11/04/2013	8.21	833	28.1	24.20	511.07	0.53	0.038
32	AN-423	683334	1335488	11/04/2013	7.47	927	29.2	0.40	609.85	3.37	0.01
33	AN-424	685277	1345205	10/04/2013	7.21	450	26	3.60	314.23	0.53	0.003
34	AN-425	684396	1340922	11/04/2013	7.55	850	28.8	0.50	514.95	0.93	0.003
35	AN-426	680490	1340062	10/04/2013	7.42	499	30	0.50	356.99	2.88	0.003
36	AN-429	669341	1345916	11/04/2013	8.51	517	29.4	0.75	312.20	<ld	<ld

Anexo No. 6.3

Resultados de los análisis físico - químicos de las aguas subterráneas en la subcuenca Mayales

ID	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	HCO3 (mg/l)	CO3 (mg/l)	SO4 (mg/l)	Fe (mg/l)	NO3 (mg/l)	F (mg/l)	Balance Iónico
6	35.15	0.13	99.4	8.26	32.97	358.8	0	4.25	0	3.1	0.26	1.9
7	104	0.42	16.03	2.43	59.4	207.47	0	12.26	0	0	1.23	1.9
8	52.9	0.32	50.5	9.72	12.41	307.54	0	2.09	0	4.1	0.33	1.8
9	47.3	0.52	78.56	14.09	44.58	331.95	0	9.41	0	17.7	0.32	1.8
10	74.2	0.42	36.87	16.04	14.43	356.36	0	3.38	0	1.06	0.3	0.6
11	196	1.31	9.62	2.92	45.39	368.56	38.4	9.3	0	1.6	0.31	2.7
12	75.9	2.49	77.76	18.95	62.67	380.77	0	13.31	0.09	1.82	0.31	3
13	96.5	0.42	14.43	1.17	9.46	312.42	0	1.59	0	4.56	0.29	-3.8
14	52.1	0.32	60.92	14.09	23.26	324.63	0	9.91	0	5.1	0.26	2.3
15	35.2	5.93	59.19	16.17	15.55	266.05	0	5.12	0	3.01	0.3	9.8
17	17.9	0.32	60.02	11.12	13.31	256.28	0	2.19	0.02	1.99	0	0.8
18	26.6	0.82	38.48	10.69	24.74	170.86	0	4.64	0	10.54	0	5.1
19	89.7	0.72	30.46	6.8	12.96	324.63	0	1.7	0	2.26	0.5	2.4
20	51.3	0.82	46.49	13.12	10.28	322.19	0	1.48	0	0.71	0	0.4
24	40.6	0.65	91.7	22.24	40.38	358.79	0	29.47	0.11	19.05	0	3.5
25	13.6	0.32	66.25	16.43	7.28	284.35	0	5.12	1.82	2.7	0	2.8
26	20.55	0.25	56.69	9.65	6.39	263.61	0	3.69	0	1.29	0	-0.6
27	39	1.24	12.51	3.54	5.73	139.13	0	1.9	0.05	1.73	0.25	3.2
28	25.9	0.45	53.35	16.18	30.84	188.19	0	44.9	0.24	0.22	0	2.4
29	42	0.35	100.04	35.89	35.96	463.75	0	27.0	0	3.59	0	3.2
30	102	5	56.69	17.69	43.74	444.23	0	4.27	1.31	0.53	0	1.4
32	22.9	0.25	135.88	26.78	17.39	422.25	0	127.9	0	3.37	0	-0.4
33	20.9	0.65	55.85	16.67	25.29	256.8	0	2.25	0.5	0.53	0.26	1.1
34	129	0.45	38.34	19.71	35.3	480	0	3.62	0	0.93	0.33	1.2
35	40.5	1.54	56.68	16.17	20.01	273.36	0	17.99	0	2.88	0.69	4.8
36	113	0.42	4.16	0.76	18.21	229.43	36	2.57	0	0	0.74	-3.1

Anexo No. 6.4

Tabla Resultados de los análisis bacteriológicos de las aguas subterráneas en la subcuenca Mayales

ID	ID Lab	X	Y	Fecha	ColiformeTotal (NPM/100 ml)	Coliforme Fecal (NPM/100 ml)	E.Coli (NPM/100 ml)
6	MB-513	654036	1347258	12/04/2013	3.40E+02	4.90E+02	1.10E+02
7	MB-512	659709	1351385	12/04/2013	<1.8	<1.8	<1.8
8	MB-509	659743	1354945	12/04/2013	4.50E+00	4.50E+00	4.50E+00
9	MB-507	661746	1358153	12/04/2013	1.70E+01	1.30E+01	4.50E+00
10	MB-506	670628	1359011	12/04/2013	3.50E+04	1.70E+04	1.50E+03
11	MB-504	675864	1356690	11/04/2013	1.70E+02	6.30E+01	2.30E+01
12	MB-502	675975	1356129	11/04/2013	6.30E+02	4.60E+02	2.30E+01
13	MB-503	675278	1354116	11/04/2013	2.20E+01	2.20E+01	2.20E+01
14	MB-505	671981	1352157	11/04/2013	4.90E+01	4.90E+01	2.30E+01
15	MB-500	673146	1344593	11/04/2013	3.30E+02	1.70E+01	4.00E+00
17	MB-501	667106	1341495	11/04/2013	1.60E+05	5.40E+04	1.70E+04
18	MB-510	662276	1345023	12/04/2013	1.30E+04	3.30E+01	3.30E+01
19	MB-508	664223	1349066	12/04/2013	7.80E+00	<1.8	<1.8
20	MB-511	657679	1343270	12/04/2013	4.00E+00	1.80E+00	1.80E+00
24	MB-487	678518	1337188	10/04/2013	3.30E+01	7.80E+00	7.80E+00
25	MB-498	675645	1337692	11/04/2013	>1.6E+05	1.70E+03	3.50E+02
26	MB-471	673610	1334121	09/04/2013	4.5	<1.8	<1.8
27	MB-470	671399	1326765	09/04/2013	3.30E+02	7.90E+01	2.30E+01
28	MB-469	671363	1322770	09/04/2013	1.40E+02	1.30E+02	7.90E+01
29	MB-468	671940	1319170	09/04/2013	2.30E+02	1.30E+02	7.80E+00
30	MB-467	670206	1313450	09/04/2013	2.30E+03	7.60E+02	7.80E+02
32	MB-0488	683334	1335488	10/04/2013	3.30E+01	2.30E+01	2.30E+01
33	MB-481	685277	1345205	10/04/2013	1.70E+02	7.80E+00	9.30E+00
34	MB-482	684396	1340922	10/04/2013	7.80E+00	2	2.00E+00
35	MB-483	680490	1340062	10/04/2013	2.00E+00	<1.8	<1.8
36	MB-499	669341	1345916	11/04/2013	2.00E+00	<1.8	<1.8
1	MB-1654	654036	1347258	14/11/2013	1.30E+03	2.20E+02	2.20E+02
2	MB-1618	659709	1351385	12/11/2013	1.30E+02	3.30E+01	3.30E+01
3	MB-1612	659743	1354945	12/11/2013	3.30E+01	6.80E+00	6.80E+00
4	MB-1609	661746	1358153	12/11/2013	<1.8	<1.8	<1.8

ID	ID Lab	X	Y	Fecha	ColiformeTotal (NPM/100 ml)	Coliforme Fecal (NPM/100 ml)	E.Coli (NPM/100 ml)
5	MB-1615	659664	1352457	12/11/2013	2.00E+00	<1.8	<1.8
6	MB-1628	659715	1351383	13/11/2013	4.90E+03	2.30E+02	2.30E+02
7	MB-1616	660529	1353496	12/11/2013	2.20E+01	2.20E+01	2.20E+01
8	MB-1614	659409	1354195	12/11/2013	<1.8	<1.8	<1.8
9	MB-1617	659819	1353975	12/11/2013	<1.8	<1.8	<1.8
10	MB-1630	670628	1359011	13/11/2013	2.30E+04	1.30E+04	1.30E+04
11	MB-1603	675864	1356690	07/11/2013	4.00E+00	4.00E+00	4.00E+00
12	MB-1602	675975	1356129	07/11/2013	7.80E+00	4.50E+00	2.00E+00
13	MB-1605	675278	1354116	07/11/2013	<1.8	<1.8	<1.8
14	MB-1594	673146	1344593	07/11/2013	4.90E+01	4.90E+01	4.90E+01
15	MB-1649	667106	1341495	14/11/2013	7.90E+02	7.90E+02	7.90E+02
16	MB-1652	662276	1345023	14/11/2013	2.30E+02	1.30E+01	1.30E+01
17	MB-1650	664223	1349066	14/11/2013	1.10E+01	1.10E+01	1.10E+01
18	MB-1653	657679	1343270	14/11/2013	3.30E+01	<1.8	<1.8
19	MB-1573	678518	1337188	05/11/2013	4.50E+00	<1.8	<1.8
20	MB-1571	675645	1337692	05/11/2013	7.90E+03	1.10E+03	1.10E+03
21	MB-1572	673610	1334121	05/11/2013	4.90E+02	2.30E+01	2.30E+01
22	MB-1570	671399	1326765	05/11/2013	2.30E+03	2.30E+03	1.30E+03
23	MB-1569	671363	1322770	05/11/2013	2.40E+04	1.30E+04	4.90E+03
24	MB-1568	671940	1319170	05/11/2013	3.30E+01	4.00E+00	4.00E+00
25	MB-1575	683334	1335488	05/11/2013	4.90E+01	2.30E+01	2.30E+01
26	MB-1584	685277	1345205	06/11/2013	2.20E+01	<1.8	<1.8
27	MB-1586	684396	1340922	06/11/2013	2.20E+01	1.80E+00	1.80E+00
28	MB-1585	680490	1340062	06/11/2013	2.00E+00	<1.8	<1.8
29	MB-1596	669341	1345916	06/11/2013	<1.8	<1.8	<1.8

Referencias del Diagnóstico

1. Alcaldía Municipal de Comalapa, 2006. Plan Ambiental Municipal de Comalapa, Chontales.
2. Alcaldía Municipal de Comalapa, 2007. Plan Estratégico de Desarrollo de Comalapa, Chontales, 2008 - 2020.
3. Alcaldía Municipal de Comalapa. Plan de Ordenamiento Territorial en Comalapa.
4. Alcaldía Municipal de Juigalpa, 2006. Plan Ambiental Municipal del Municipio de Juigalpa.
5. Alcaldía Municipal de Juigalpa, 2009. Política Ambiental.
6. Alcaldía Municipal de San Francisco de Cuapa, 2006. Plan Ambiental Municipal de San Francisco de Cuapa.
7. Alcaldía Municipal de San Francisco de Cuapa, 2013. Ordenanza 03-2013 "Conservación, Protección y Manejo de los sitios de relevancia ambiental y social de las fuentes de agua comprendidos por los cerros Monte Cristo, Santa Faustina, La Victoria, Margarita, Las Cuchillas, Tumbe y El Cafetal en el municipio de San Francisco de Cuapa, Departamento de Chontales".
8. ANA, 2013. Plan Estratégico Institucional (PEI) 2013 - 2017. Autoridad Nacional del Agua, Managua.
9. CAPRE, 1994. Normas de Calidad del agua para consumo humano. Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana. San José
10. FCCyT, 2012. Diagnóstico Hídrico en las Américas. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, México.
11. Di Gregorio, A. & Jansen, L.J.M. 1997. A new concept for a land cover classification system. Proceedings of the Earth Observation and Environmental Information 1997 Conference. Alexandria, Egypt, 13-16 October 1997.
11. GRUN, 2012. Plan nacional de Desarrollo Humano 2012 - 2016, Versión Preliminar. Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional.

12. INETER, 2010. Estudio técnico de caracterización territorial del medio biofísico de La Subcuenca del Río Mayales que integra los municipios de San Francisco de Cuapa, Comalapa y Juigalpa. Proyecto: Apoyo al fortalecimiento municipal AECID/INIFOM. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Managua.
13. INIDE, 2006. VIII Censo de Población y IV de Vivienda, Población-Municipios. Volumen IV. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
14. INIFOM, 2012. Caracterización Municipal de Juigalpa, Chontales. Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal.
15. MAG, 2009. Plan Sectorial PRORURAL Incluyente 2010 - 2014. Ministerio de Agricultura y Forestal. Managua
16. Margalef, R., 1983. Información y diversidad específica en las comunidades de organismos. Limnología. Ediciones Omega, Barcelona, 1001 pp.
17. MARENA, 2011. Estrategia Nacional Ambiental y del Cambio Climático Plan de Acción 2010 - 2015. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.
18. MINSA, 2011. Estrategia de Salud y la Política Nacional de Salud. Ministerio de Salud.
19. Milan, J., 2010. Apuntes sobre el Cambio Climático en Nicaragua
20. Mendoza, J., 2013. Análisis Multitemporal del Cambio de Uso del Suelo en base a Imágenes Satelitales de la Subcuenta Mayales para el período de tiempo 1986-2000, 2000-2010 y 2010-2012/13 en el departamento de Chontales, Nicaragua. Reporte final consultoría realizada para el Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento (PROATAS).
21. OMS, 2006. Guía para la calidad del agua potable, Volumen 1 Recomendaciones. Organización Mundial de la Salud Ginebra.
22. Pujante, A, M., 1997. Los Arthropodos como Bioindicadores de la Calidad de las Aguas, Departamento de Biología Animal, Facultad de Biología, Universidad de Valencia. Dr Moliner. Edición Bol. S.E.A, no 20.
23. Roback, S.S., 1974. Insect (Arthropoda= Insecta) In: Hart, C.W, Pollution Ecology of freshwater invertebrate. Academic Press. New York, 314 - 376 pp.
24. Vogel, M. 2013. Presentation of Juigalpa water supply system.

