



**Maestría Regional Centroamericana en  
Ciencias del Agua**  
Con énfasis en Calidad del Agua

---

**Trabajo de tesis  
Para optar al grado de  
Máster en Ciencias del Agua con Énfasis en Calidad del Agua**

**Potencial Hídrico y Calidad del Agua asociados con las Condiciones Socio-ambientales en la Microcuenca del Río Mapachá del Municipio de San Lorenzo, Departamento de Boaco**

**Presentado por:**

**Ing. Raquel Dolores Izabá Ruiz**

**Tutora:**

**Msc. Valeria Delgado Quezada**

**Asesora:**

**Msc. Selvia del Carmen Flores Sánchez**

**Managua, septiembre de 2016**

Tesis patrocinada por el CIRA/UNAN-Managua, por la University of Calgary, a través del proyecto *Manejo Comunitario del Agua en Nicaragua y Centroamérica* ACIDI-CIDA (UPCD 2010-2014).



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua  
UNAN-MANAGUA

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua  
CIRA/UNAN-Managua  
Maestría Regional Centroamericana en Ciencias del Agua con  
Énfasis en Calidad del Agua.  
Área de Docencia

“Año de la Madre Tierra”

REF.: PMRCA / PGV – 22/ 2016

### Acta de Defensa de Tesis de Posgrado No.22

De acuerdo con lo establecido por la **Ley No. 89 (Ley de Autonomía de las Instituciones de Educación Superior)** y en el **Título VII del Reglamento de Educación Continua y Estudios de Postgrado de la UNAN – Managua**, la Comisión del Programa de Maestría Regional Centroamericana en Ciencias del Agua con Énfasis en Calidad del Agua, conformó al **Tribunal Examinador** para el **Acto de Defensa de Tesis de Maestría** de la Ingeniera **Raquel Dolores Izabá Ruiz**, estudiante del IV Ciclo con Carnet No. 12301433, con los siguientes miembros:

<b>MSc. Yader Santiago Caballero Arbizú</b>	Presidente
<b>MSc. Pedro Pablo Orozco Bucardo</b>	Secretario
<b>MSc. Enoc Seth Castillo Hernández</b>	Vocal

Con el objetivo de evaluar el acto de defensa de la tesis titulada **“Potencial Hídrico y Calidad del Agua asociados con las Condiciones Socio-ambientales en la Microcuenca del Río Mapachá del Municipio de San Lorenzo, Departamento de Boaco.”**

Siendo las **14:00** horas del día martes 13 de septiembre de 2016, se encuentra reunido el **Tribunal Examinador** en el Aula de la Maestría del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN-Managua), habiendo evaluado el documento de tesis escrito y escuchado la presentación y defensa del tema, y recibidas las respuestas a las preguntas formuladas por los miembros de este tribunal presente, le otorgamos la calificación cualitativa de **Aprobado** correspondiendo a la calificación cuantitativa de **Noventa y dos (92)**, con lo cual se dan por concluidos los requisitos para que la Ingeniera **Raquel Dolores Izabá Ruiz** obtenga el título de Máster en Ciencias del Agua.

¡A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD!



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua  
UNAN-MANAGUA

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua  
CIRA/UNAN-Managua  
Maestría Regional Centroamericana en Ciencias del Agua con  
Énfasis en Calidad del Agua.  
Área de Docencia

**"Año de la Madre Tierra"**

El Tribunal Examinador asigna las siguientes recomendaciones a ser incorporadas al documento final de tesis (ver documento anexo). Una vez realizadas estas se le concede el Título de **Máster en Ciencias del Agua**.

Leida que fue la presente acta de defensa de tesis del Programa de Maestría Regional Centroamericana en Ciencias del Agua con énfasis en Calidad del Agua, la encontramos conforme, ratificamos y firmamos en la ciudad de Managua, República de Nicaragua, a los trece días del mes de septiembre de dos mil dieciséis.

**MSc. Yader Santiago Caballero Arbizú**  
Presidente

**MSc. Pedro Pablo Orozco Bucardo**  
Secretario

**MSc. Enoc Seth Castillo Hernández**  
Vocal

**MSc. Luis Beltrán Moreno Delgado**  
Coordinador

Programa de Maestría Regional Centroamericana en  
Ciencias del Agua con énfasis en Calidad del Agua  
CIRA/UNAN-Managua

Cc. Archivo

¡A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD!

Teléfonos ++ (505) 2278 6981 y 82 ext. 8320. Correos electrónicos: [luis.moreno@cira.unan.edu.ni](mailto:luis.moreno@cira.unan.edu.ni),  
[valeria.delgado@cira-unan.edu.ni](mailto:valeria.delgado@cira-unan.edu.ni), [maestria.cienciasdelagua@yahoo.com](mailto:maestria.cienciasdelagua@yahoo.com), [ciencias.agua@cira.unan.edu.ni](mailto:ciencias.agua@cira.unan.edu.ni)

## DEDICATORIA

*A las mujeres luchadoras de mi familia: mis abuelitas Dolores Barrios y Dora Gómez (q. e. p. d); mi madre Celia Ruiz; mis tías, en especial Gladys Ruiz (q. e. p. d) y Asunción Ruiz y mi hermana Ana Celia Izabá Ruiz, por ser ejemplo de trabajo, honestidad y dignidad.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al CIRA/UNAN-Managua por haberme brindado la oportunidad de ser parte del Programa de Maestría Regional Centroamericano en Ciencias del Agua con énfasis en Calidad del Agua y por el financiamiento para mi tesis a través del Proyecto Manejo Comunitario del Agua en Nicaragua y Centroamérica ACIDI-CIDA, impulsados por los PhD. Kathy Rain y David Bethune de la Universidad de Calgary, Canadá; así como a los docentes miembros de la comisión y la coordinación del Programa.

A mí comité de tesis, conformado por la MSc. Valeria Delgado y MSc. Selvia Flores, por sus apoyo y colaboración incondicional durante el desarrollo de mi proyecto de tesis.

Al doctorando Dimas García, por las recomendaciones y buenos consejos recibidos durante el desarrollo de la etapa de campo y revisión del documento final.

Al MSc. Yader Caballero a Juan Ariel Jirón, Carlos Mendieta y nuevamente a Dimas García, así como al personal técnico y administrativo del CIRA/UNAN por su colaboración en las giras de campo y análisis de laboratorio.

A mí compañero Eduardo Soza, por sus apoyo incondicional en las giras de campo y colaboración en SIG e hidrogeología.

A mí colega y amigo Camilo Fuentes Peña por su entusiasmo y ejemplo durante el desarrollo de la maestría hasta alcanzar nuestra meta final.

A mi padre Erwin Izabá (q.e.p.d), a mi madre Celia Ruiz y mis hermanos: Rodolfo, Carlos, Erwin y Ana Celia, por su confianza y apoyo y, a mí querido sobrino Marcelo Sánchez por motivarme por seguir adelante.

A los miembros y colaboradores de la asociación Quetzalcoatl en Nicaragua y Projete 9 en Mallorca, España: Samir Berrios, Rosa Deyá, Elisa Aguilar y Víctor García.

A los comunitarios de la microcuenca Mapachá: Isabel Gómez, José Miranda, Carlos Gómez, Raúl Gomez, Rosario Martínez, Jonathan Miranda, Raymundo Gómez, por su colaboración, humildad, confianza y trabajo en esta larga jornada.

Y finalmente, a miembros del Consejo Municipal de la Alcaldía de San Lorenzo, Boaco, pequeña contribución al desarrollo de la tesis.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE MAPAS .....	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	12
ÍNDICE DE TABLAS .....	14
INDICE DE FOTOS.....	16
INDICE DE ANEXOS .....	17
ABREVIACIONES.....	18
RESUMEN .....	19
I. INTRODUCCIÓN.....	21
1.1. Área de estudio .....	23
1.2. Antecedentes .....	24
1.3. Planteamiento del problema.....	26
1.4. Justificación.....	28
1.5 Objetivos .....	30
1.5.1.Objetivo General.....	30
1.5.2. Objetivos Específicos .....	30
II. MARCO TEÓRICO .....	31
2.1. Características físicas de la microcuenca del río Mapachá.....	31
2.1.1. Clima .....	31
2.1.2. Geomorfología .....	31
2.1.3. Geología .....	33
2.1.3.1. Características geológicas locales .....	35

2.1.4. Suelo .....	38
2.1.5. Uso potencial del suelo.....	40
2.1.6. Uso actual del suelo .....	40
2.1.7. Hidrología .....	42
2.1.8. Hidrogeología .....	44
2.1.9. Tipo hidroquímico .....	46
III. DISEÑO METODOLÓGICO.....	48
3.1. Tipo de estudio.....	48
3.2. Recopilación de información .....	48
3.2.1. Recopilación de Información secundaria .....	48
3.2.2. Reconocimientos hidrológico, hidrogeológico y geológico.....	48
3.2.3. Levantamiento de información socio-ambiental.....	50
3.2.4. Monitoreo de caudales en ríos, manantiales y mediciones de niveles en pozos .....	52
3.2.5. Pruebas de infiltración .....	53
3.2.6. Campañas de muestreo en aguas superficiales y subterráneas .....	54
3.3. Procesamiento de la información .....	58
3.3.1. Procesamiento de encuestas.....	58
3.3.2. Selección de datos meteorológicos .....	58
3.3.2.1. Precipitación.....	58
3.3.2.2. Temperatura.....	59
3.3.3. Metodología para la determinación de caudales (Q) en ríos .....	60
3.3.4. Metodología para determinar el Balance Hídrico Superficial .....	61

3.3.5. Metodología para determinar la recarga potencial (Rp).....	63
3.3.6. Metodología para determinar piezometria .....	63
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	64
4.1 Condiciones Socio-ambientales .....	64
4.1.1. Población .....	64
4.1.2. Características generales de la población .....	65
4.1.3. Acceso a la vivienda .....	66
4.1.4. Actividad productiva.....	67
4.1.4.1. Actividad agrícola .....	67
4.1.4.2. Actividad ganadera.....	68
4.1.5. Agua, Saneamiento y enfermedades asociadas.....	68
4.1.6. Contaminación de las fuentes de agua.....	73
4.2 Aguas superficiales: Balance Hídrico Superficial .....	74
4.2.1. Precipitación .....	74
4.2.2. Temperatura .....	76
4.2.3. Evapotranspiración Potencial(ETP) y Real(ETR) .....	76
4.2.4. Caudales en ríos.....	78
4.2.5. Escorrentía superficial .....	80
4.2.6 Infiltración .....	81
4.2.7. Recarga Potencial (Rp) a partir del Balance Hídrico de Suelo .....	82
4.2.8 Balance hídrico superficial .....	83
4.3 Aguas subterráneas .....	85



4.3.1	Inventario de objetos hidrogeológicos .....	85
4.3.2.	Nivel estático del agua (NEA) .....	88
4.3.3.	Piezometría.....	90
4.3.4.	Manantiales .....	91
4.3.5	Uso de la disponibilidad hídrica en la Microcuenca del Río Mapachá .	96
4.4	Tipo hidroquímico en aguas superficiales y subterráneas en la Microcuenca del Río Mapachá.....	99
4.5	Calidad del agua superficial y subterránea .....	102
4.5.1.	Fisicoquímico para aguas subterráneas .....	103
4.5.1.1.	Formas nitrogenadas inorgánicas (nitratos, nitritos y amonio) en aguas subterráneas.....	106
4.5.2.	Nitrógeno total ( $N_T$ ) y Fósforo total ( $P_T$ ) en aguas superficiales.....	109
4.5.3.	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Oxígeno Disuelto (OD) en aguas superficiales .....	111
4.5.4.	Metales pesados en aguas subterráneas .....	113
4.5.5.	Plaguicidas Organoclorados, Orgafosforados y Piretroides en aguas subterráneas.....	115
4.5.6.	Microbiológico en aguas subterráneas .....	116
4.6.	Clasificación del agua para riego en las aguas superficiales y subterráneas	118
V.	CONCLUSIONES .....	121
VI.	RECOMENDACIONES.....	123
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	124
VII.	ANEXOS.....	133

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Macro y micro localización de la microcuenca del Río Mapachá. ....	23
Mapa 2 Geomorfología de la microcuenca del Río Mapachá. ....	32
Mapa 3. Geología de la microcuenca del Río Mapachá.....	34
Mapa 4. Tipo de suelo en la microcuenca del Río Mapachá.....	39
Mapa 5. Vocación del suelo en la microcuenca del Río Mapachá. ....	40
Mapa 6. Uso actual del suelo en la microcuenca del Río Mapachá. ....	42
Mapa 7. Red hídrica en la microcuenca del Río Mapachá.....	43
Mapa 8. Mapa Hidrogeológico en la microcuenca del Río Mapachá. ....	45
Mapa 9. Mapa Hidroquímico de la Microcuenca del Río Mapachá. ....	47
Mapa 10. Ubicación de pozos, manantiales y puntos de aforos monitoreados en la microcuenca del Río Mapachá.....	50
Mapa 11. Puntos de muestreo época lluviosa(nov-13) y época seca (mar-14)....	56
Mapa 12: Distribución de la precipitación espacial de la precipitación anual en la microcuenca del Río Mapachá.....	75
Mapa 13.Puntos de aforo y caudales en la microcuenca Mapachá. ....	79
Mapa 14 Infiltración en mm.h <sup>-1</sup> en la microcuenca del Río Mapachá.....	82
Mapa 15: Ubicación de los objetos hidrogeológicos en la microcuenca del Río Mapachá. ....	86
Mapa 16. Mapa piezométrico en el medio poroso de la microcuenca Mapachá...	91
Mapa 17. Distribución espacial del tipo hidroquímico de las aguas superficiales y subterráneas en la microcuenca del Río Mapachá en el muestreo de nov-13....	101

---

Mapa 18. Distribución espacial del tipo hidroquímico de las aguas superficiales y subterráneas en la microcuenca del Río Mapachá en el muestreo de mar-14. ...	101
Mapa 19 Conductividad eléctrica (CE) $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en nov-13 y mar-14 en aguas subterráneas. ....	103
Mapa 20. Concentración de la Dureza y Alcalinidad Total $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en nov-13 y mar-14. ....	106
Mapa 21. Concentración de las especies nitrogenadas en las aguas subterráneas en $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en nov-13 y mar-14. ....	108
Mapa 22. Concentración del NT y PT en $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en las aguas superficiales en nov-13 y mar-14. ....	110
Mapa 23. Concentración de la demanda de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ , DQO y OD) en $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en las aguas superficiales (nov-13 y mar-14).....	111
Mapa 24. Concentraciones de los indicadores microbiológicos en NMP.100 $\text{ml}^{-1}$ en las aguas subterráneas de la microcuenca Mapachá. (nov-13 y mar-14).....	117

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Distribución anual de la temperatura en las estaciones Boaco y Juigalpa. .....	60
Gráfico 2. Distribución porcentual de la población por comunidad.....	64
Gráfico 3. Distribución del género. ....	65
Gráfico 4. Clasificación de la población por grupo de edad. ....	65
Gráfico 5. Nivel escolar en el cuadro familiar. ....	66
Gráfico 6. Ocupación en el cuadro familiar. ....	66
Gráfico 7. Acceso a vivienda en la Microcuenca del Río Mapachá.....	66
Gráfico 8. Agroquímicos más utilizados en la .....	67
Gráfico 9. Fuentes de abastecimiento de agua de uso actual.....	69
Gráfico 10. Tipo de servicio sanitario empleados por las familias de la microcuenca del Río Mapachá. ....	71
Gráfico 11. Porcentaje de familias sin servicio sanitario. ....	71
Gráfico 12. Ubicación de las letrinas con respecto a los pozos y manantiales. ....	72
Gráfico 13. Enfermedades relacionadas con el agua.....	72
Gráfico 14. Prácticas de manejo de los desechos sólidos. ....	73
Gráfico 15. Porcentaje de entrevistado que conoce si las fuentes de agua están contaminadas.....	74
Gráfico 16. Fuentes de contaminación de las aguas en la microcuenca Mapachá. .....	74
Gráfico 17. Temperatura mensual promedio estación Juigalpa, periodo 1995-2011. .....	76

Gráfico 18. Comportamiento ETP y ETR en la microcuenca Mapachá.....	77
Gráfico 19. Comportamiento de la ETP y T .....	78
Gráfico 20. Comportamiento de la ETR y P. ....	78
Gráfico 21. Comportamiento de NEA de oct-13 y mar-14 en la microcuenca Mapachá. ....	88
Gráfico 22. Diagramas de Piper en las aguas superficiales y subterráneas en nov-13 y marzo-14. ....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características Geomorfológicas de la microcuenca Mapachá.....	33
Tabla 2. Área porcentual del uso actual de suelo en la microcuenca Mapachá....	41
Tabla 3. Características de los principales ríos en la microcuenca del Río Mapachá. .....	43
Tabla 4. Características Hidrogeológicas de la microcuenca del Río Mapachá....	46
Tabla 5. Puntos de monitoreo en los tributarios y río principal de la microcuenca Mapachá. ....	49
Tabla 6. Determinación del número de encuestas en la microcuenca Mapachá. .	51
Tabla 7. Número de encuestas realizadas por comunidad en la microcuenca Mapachá .....	51
Tabla 8. Pruebas de infiltración en la microcuenca Mapachá. ....	54
Tabla 9. Parámetros analizados en la época lluviosa (nov-13) y época seca (mar-14) en la microcuenca del Río Mapachá.....	57
Tabla 10. Datos de precipitaciones promedio mensuales (mm), periodo 1995-2011. .....	58
Tabla 11. Estadística descriptiva de datos de precipitación media anual estaciones seleccionadas. ....	59
Tabla 12. Ecuación de velocidad en m/s de los molinetes utilizados. ....	60
Tabla 13. Principales cultivos, área y rendimiento promedio. ....	67
Tabla 14. Actividad ganadera en la microcuenca Mapachá.....	68
Tabla 15. Comportamiento espacial de la precipitación media anual en la microcuenca del Río Mapachá.....	75

Tabla 16. Escorrentía superficial (ESC) anual en mm. ....	80
Tabla 17. Infiltración, uso de suelo, geología y tipo de suelo en la Microcuenca del Río Mapachá.....	81
Tabla 18. Recarga potencial (Rp) por tipo de suelo en la microcuenca Mapachá.	83
Tabla 19. Balance hídrico superficial en la microcuenca del Río Mapachá en MMCA. ....	83
Tabla 20. Inventario de objetos hidrogeológicos microcuenca Mapachá. ....	85
Tabla 21. Disponibilidad en manantiales en la Microcuenca del Río Mapachá periodo 2013-2014. ....	92
Tabla 22. Disponibilidad de los manantiales proyectada en el periodo 2014-2015. ....	95
Tabla 23. Uso de la disponibilidad Hídrica en la microcuenca Mapachá periodo jun 2013-mar 2014.....	97
Tabla 24. Proyección del uso de la disponibilidad hídrica en la microcuenca del Río Mapachá periodo 2014-2015. ....	98
Tabla 25. Tipo hidroquímico en la microcuenca del Río Mapachá nov-13 y mar-14. ....	100
Tabla 26. Resultados de As (nov-13 y mar-14) y Pb (nov-13). ....	114
Tabla 27. Clasificación de la calidad de agua para riego para evitar problemas de toxicidad por el boro (nov-13 y mar-14). Fuente: Guía de evaluación de la calidad de agua para la agricultura (FAO, 1976).....	120

## INDICE DE FOTOS

Foto 1. Afloramiento de flujo de lava piroclástica.....	36
Foto 2. Cerró Monte fresco (Lava compacta).....	36
Foto 3. Lavas basálticas comunidad La Pita.....	36
Foto 4. Afloramiento de roca piroclástico, río El Terrero.....	36
Foto 5. Falla sobre el río Las Lajas aguas abajo.....	37
Foto 6. Sistema de falla conjugada en la parte media-baja en la microcuenca. ...	37
Foto 7. Fallas observada en la parte baja de la Microcuenca Mapachá. ....	37
Foto 8. Aluviales a 200 metros antes de la desembocadura del Río Mapachá.....	37
Foto 9. Medición de caudal en río Mapachá aguas arriba. ....	53
Foto 10. Medición de nivel en pozos en la comunidad Mapachá.....	53
Foto 11 Pruebas de infiltración en la comunidad Las Lajas.....	54
Foto 12.Prueba de infiltración en la parte SO de la caldera comunidad Los Bajos. .....	54
Foto 13. Roca fracturada comunidad La Pita.....	87
Foto 14. Afloramiento de manantial en la roca fracturada en la comunidad La Pita. .....	87
Foto 15. Afloramiento de manantial (MN-20), de la roca fracturada, comunidad La Uva.....	87
Foto 16. Sistema de manantiales en la comunidad La Güebe.....	87



## INDICE DE ANEXOS

Anexo I. Inventario de objetos Hidrogeológicos .....	133
Anexo II. Encuesta socio-Ambiental aplicada a la población de la Microcuenca del Río Mapachá.....	135
Anexo III. Aforos en aguas superficiales del periodo junio 2013 a marzo 2014 ..	140
Anexo IV. Nivel Estático y Piezométrico .....	141
Anexo V. Aforos de Manantiales .....	142
Anexo VI. Parámetros de campo en campaña de muestreo en noviembre-2013 y marzo-2014.....	143
Anexo VII. Metodología de análisis en los Laboratorios CIRA/UNAN-Managua .	145
Anexo VIII. Datos históricos de Precipitación y temperatura.....	148
Anexo IX. Pruebas de Infiltración en la microcuenca Mapachá .....	155
Anexo X. Balance Hídrico de Suelo en la microcuenca del Río Mapachá .....	156
Anexo XI. Disponibilidad Hídrica en manantiales en el periodo de jun-2013 a marzo 2014 .....	166
Anexo XII. Resultados de Laboratorio campañas de muestreo noviembre-2013 y marzo-2014.....	169
Anexo XIII. Normas Utilizadas para evaluación de la calidad del agua.....	177

## ABREVIACIONES

CAPRE	Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana
CAPS	Comité de Agua Potable y Saneamiento de Nicaragua
CIRA	Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
CONAGAN	Comisión Nacional Ganadera de Nicaragua
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua-México
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado
EPA	Environmental Protection Agency
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INEC	Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
INIDE	Instituto Nacional de Información de Desarrollo
MAGFOR	Ministerio Agropecuario y Forestal
MARENA	Ministerio del Ambiente y Los Recursos Naturales, Medio Ambiente
NTON	Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPS	Organización Panamericana de la Salud
UNAN- Managua	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

## RESUMEN

El proyecto de tesis se desarrolló en La Microcuenca del Río Mapachá localizada en el Municipio de San Lorenzo, Departamento de Boaco, con un área de 53,75 km<sup>2</sup>. El objetivo principal es estimar el potencial hídrico y calidad de agua para mejorar las condiciones de abastecimiento de agua a 1 875 personas asentadas en 375 viviendas.

Se realizó una caracterización socio-ambiental, reconocimiento geológico, hidrológico e hidrogeológico. Se realizaron mediciones de caudal en tres puntos en el río principal y cuatro puntos en los principales tributarios; mediciones de niveles de pozos, aforos en manantiales y diez pruebas de infiltración. Para determinar la calidad de agua se realizó muestreo en noviembre 2013 (nov-2013) y marzo 2014 (mar-14). Posteriormente se tabularon los datos aplicando métodos para la estimación del potencial hídrico y la calidad del agua se determinó a partir de los resultados del análisis en los laboratorios del CIRA/UNAN-Managua y comparando con las Normas CAPRE para la determinación si es apta para consumo humano.

Se estimó una disponibilidad de agua superficial en 0,29 MMCA; escaza, que se observa en la falta de caudal base de los principales tributarios. El potencial hídrico se presenta en las aguas subterráneas, con una recarga potencial estimada en 5,65 MMCA. El uso la demanda hídrica en la microcuenca del Río Mapachá se estimó en 0,065 MMCA la cual equivale al 1% del valor de la recarga potencial. Si se estima la demanda para consumo humano conforme los 100 l. persona<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> que establece la OMS (2003), la disponibilidad hídrica en la microcuenca tiene la capacidad para abastecer a la población.

En cuanto a los indicadores de calidad de agua (DBO<sub>5</sub>, DQO, OD), las aguas superficiales son aptas para conservación de la vida acuática. Los resultados de P<sub>T</sub>

y  $N_T$  en las aguas superficiales, son efectos secundarios de la ganadería y jabones utilizados en el lavado de ropa a orilla de los ríos.

Las aguas subterráneas químicamente son aptas para consumo humano, ya que cumplen con lo establecido por las Normas CAPRE, aunque presentan valores de dureza de duras a muy duras, que podría ser perjudicial para la salud. En cuanto a las especies nitrogenadas, solamente el PE-12, presentó mayores concentraciones de nitratos (mayores de  $44 \text{ mg. l}^{-1}$ ), que también representa un peligro para la salud humana. De acuerdo a los plaguicidas organoclorados, organofosforados, piretroides y metales pesados (arsénico y plomo) las aguas subterráneas son aptas para consumo humano; sin embargo, se encontró presencia de bacteria de origen fecal.

El potencial hídrico en la microcuenca Mapachá está representado por las aguas subterráneas y tiene capacidad para abastecer a la población de acuerdo a la dosis recomendada por la OMS. El agua es apta para consumo humano a excepción de la calidad bacteriológica. Las condiciones de abastecimiento de agua a la población se podrían mejorar formando los comités de agua y saneamiento en las comunidades, involucrando a la población para implementar planes de reforestación en las zonas de recarga y medidas de protección en las fuentes de agua para promover la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

**Palabras Claves: Balance hídrico superficial, recarga potencial, calidad de agua, consumo humano.**

## I. INTRODUCCIÓN

El potencial hídrico y la calidad del agua están siendo afectados por las actividades antropogénicas que se desarrollan en las cuencas, tanto en las zonas urbanas y rurales del país, observándose mayores afectaciones en las zonas rurales. En algunas zonas, las necesidades de agua exceden por mucho la disponibilidad en cuanto a cantidad y calidad se refiere.

La disminución del potencial hídrico en las cuencas del país, están influenciados principalmente por las actividades productivas que involucran la deforestación, como causa del aumento de la frontera agrícola y establecimiento de pastizales; consecuentemente disminuye la infiltración en el suelo, provocando una disminución en la recarga del acuífero y posteriormente en el caudal base de los ríos.

En cuanto a la calidad de las aguas, una de la principales problemáticas en los municipios son las aguas grises, ya que en la mayoría de los casos son vertidas sin un tratamiento previo a los cuerpos de agua superficiales. Aunado a esto, la falta de estructuras sanitarias en las pequeñas comunidades provoca el fecalismo al aire libre, lo que conlleva a la contaminación por bacterias, y a su vez, al aumento de las enfermedades gastrointestinales por falta de saneamiento.

La microcuenca del Río Mapachá, área del presente estudio, localizada en el municipio de San Lorenzo, forma parte de la subcuenca del Río Tecolostote (cuenca N°69, Cuenca de los Grandes Lagos y el Río San Juan). En ella se ubican 11 comunidades (aproximadamente 375 viviendas y 1875 personas), en donde debido a las difíciles condiciones de acceso en vehículo, principalmente en época lluviosa, el medio de transporte fundamental lo constituyen los animales de carga; y por tanto la agricultura de autoconsumo y la ganadería en pequeña escala representan sus principales medios de subsistencia. Otra problemática que se presenta en la

microcuenca, es el acceso a los servicios de salud, dado que carecen de un puesto médico con atención permanente.

La principal fuente de abastecimiento de agua en estas comunidades es el agua subterránea (manantiales y pozos), con poca o ninguna protección, expuestos a la permanente contaminación generada por las actividades antropogénicas.

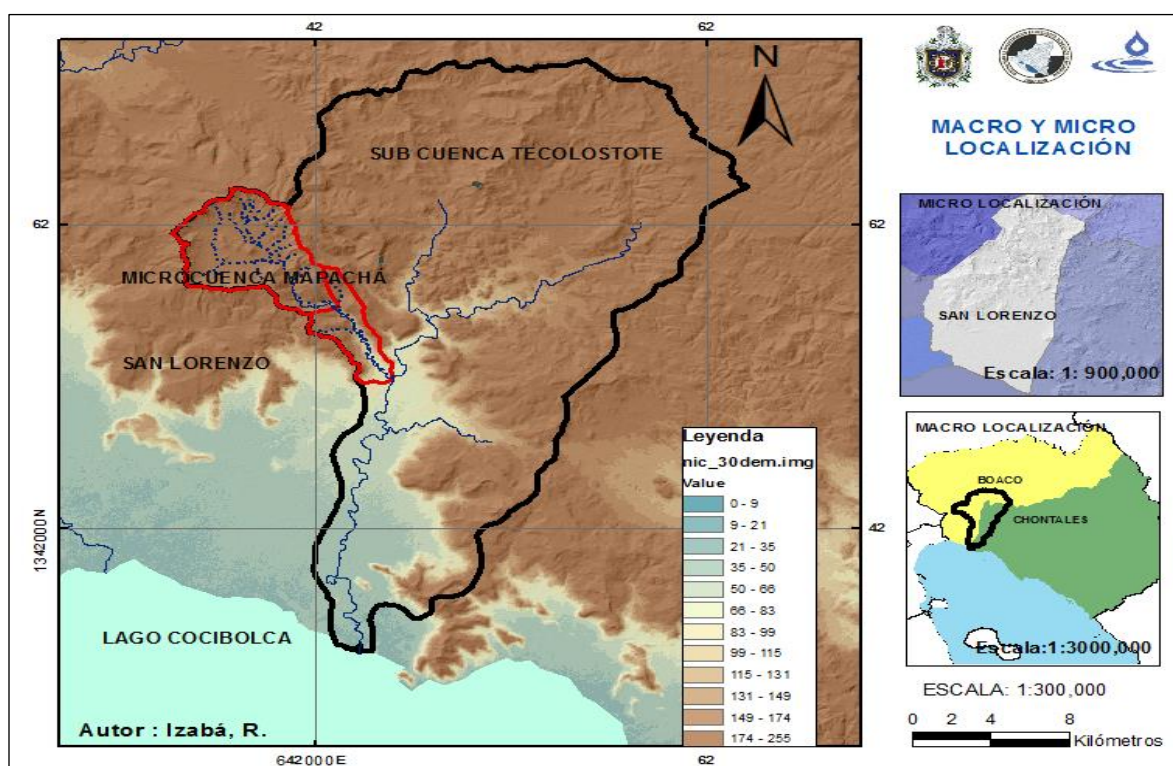
En la microcuenca del Río Mapachá, la mayor preocupación radica en la exposición permanente a fuentes de contaminación de origen bacteriológico (materia fecal humana y animal); también se destaca el uso y manejo de agroquímicos, así como el incremento de áreas deforestadas por el avance de la frontera agrícola y ganadera, sumado a la ausencia total de un sistema de recolección de los desechos sólidos. El planteamiento anterior, aparte de repercutir en la calidad del agua, también afecta el volumen de la misma, ya que las actividades que se desarrollan en la microcuenca relacionadas con el cambio del uso de suelo, provocan la disminución de la capacidad de infiltración de los suelos, restringiendo y disminuyendo su disponibilidad para el consumo de la población y otros usos. El objetivo principal del estudio es evaluar el Potencial Hídrico y la Calidad del Agua asociados a las condiciones socio-ambientales en la microcuenca del Río Mapachá.

Este estudio determinó el volumen de agua disponible, tanto superficial como subterráneo, junto con la evaluación de la calidad del agua para dos usos: el de consumo humano, como prioridad al ser un derecho humano; seguido de la calidad para riego, proporcionando información relevante, que podrá ser utilizada como herramienta para la promoción e implementación de medidas por parte de la población y de la municipalidad, que aseguren una adecuada explotación, protección y conservación del recurso agua en la zona y con ello garantizar el aprovechamiento actual y futuro. Este estudio ofrece una herramienta modelo a las instituciones gubernamentales, municipales y Organismos no gubernamentales para la gestión de los recursos hídricos desde el enfoque integral de cuenca,

considerando los aspectos sociales, lo que también motivará el interés de su implementación en otras microcuencas del municipio.

### 1.1. Área de estudio

La microcuenca del Río Mapachá, está ubicada en el municipio de San Lorenzo, Departamento de Boaco (Mapa 1), forma parte de la subcuenca del Río Tecolostote que pertenece a la Cuenca N°69 (Cuenca de los Grandes Lagos y el Río San Juan), con coordenadas en la parte alta 638355E 1360599N y en la parte baja 644237E 1354432N. En la parte alta se encuentran 9 comunidades, las cuales son: La Pita, Las Lajas, Los Panamases, El Caribe, El Aguacate, Las Guabas, La Guebe, Los Bajos y La Uva. En la parte baja solamente se ubican las comunidades El Tigre y Mapachá. En la microcuenca se encuentran establecidas 1875 personas (375 viviendas).



Mapa 1. Macro y micro localización de la microcuenca del Río Mapachá.

## 1.2. Antecedentes

En 1986, el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) inició con la Mapificación Hidrogeológica e Hidrogeoquímica de la zona del Pacífico de Nicaragua, por la importancia socioeconómica que representa esta zona para el país. El objetivo del estudio fue determinar el potencial hidráulico, hidrodinámico, hidrogeoquímico y la calidad y uso de las aguas subterráneas en dicha región para irrigación, la cual se dividió en las hojas topográficas de Granada, Managua y Chinandega. Los resultados de este estudio concluyeron en 1989, con la publicación de los Mapas Hidrogeológico, Hidroquímico y la clasificación de las aguas para riego en escala 1: 250,000 (Krásný & Hecht, 1989).

Entre el 2004 y el 2005, el MSc. Nelson Buitrago Trujillo, realizó el estudio Evaluación del Potencial Hídrico en el Entorno a la Ciudad de Boaco. Los resultados reflejaron que el medio hidrogeológico de esta zona es un acuífero fisurado, discontinuo por causa de la meteorización. En la identificación de posibles fuentes de agua para abastecimiento, se concluyó que es una estructura almacenadora de agua por las fallas, fracturas y fisuras. En la estimación del potencial hídrico subterráneo se define como un acuífero de confinado a semiconfinado y de aprovechamiento local que representa una disponibilidad de 14 MMC anuales.

En el 2005, se realizó el estudio A Water Quality Assessment of the Upper Rio Fonseca Drainage Basin, Boaco, Nicaragua, por la estudiante Erin Carroll de la University of New Mexico, en el cual: 1) se evaluó el grado de contaminación física, química y bacteriológica, 2) se analizó la distribución espacial de los contaminantes y 3) se diseñó un plan de monitoreo de la calidad de agua. Los resultados del estudio revelaron que la química del agua está fuertemente controlada por la geología volcánica fracturada y que las prácticas agrícolas entre los Municipios de Santa Lucía y Boaco, contribuyen a la contaminación del Río Fonseca a través del transporte de los agroquímicos vía escorrentías superficiales. Entre otros datos se destacaron las altas concentraciones de nitrito, amonio y *E. Coli*, como



consecuencia de la descarga de aguas residuales sin tratamiento directamente al Río Fonseca. Estas mismas variables también se detectaron en las aguas subterráneas, debido a la estrecha interconexión agua subterránea-agua superficial, ya que el sistema de fallas les permite un flujo rápido de los contaminantes. (Caroll, 2006)

### **1.3. Planteamiento del problema**

Aunque Nicaragua presenta el mayor potencial hídrico de Centroamérica con 38 668 m<sup>3</sup> per cápita por año (Banco Mundial, 2001), a nivel nacional la carencia de sistemas de suministro de agua por Departamento es alta.

En el Municipio de San Lorenzo, el 22% de la población está asentada en la zona urbana; de este 22%, un 89,10% de las viviendas -que equivalen a 899 viviendas- cuenta con el servicio de abastecimiento de agua potable a través de tubería dentro de la casa o del terreno, de conexiones por el sistema de drenaje de ENACAL o comunal. No obstante, en la zona rural donde se concentra el 78% de la población, el 22,7% (771 viviendas) cuenta con tubería dentro de la casa o del terreno, y el 77,4% (2 633 viviendas) tienen abastecimiento del servicio de agua a través de pozos privados, puestos públicos, manantiales propios, privados o comunales (INEC, 2006).

La desigual distribución territorial de las fuentes de agua y de los servicios de suministro, evidencia que donde se encuentra el mayor porcentaje de la población en el municipio, existe menor acceso y cobertura del vital líquido; por lo que tienen que obtenerla fuera de la vivienda, en muchos casos muy distante de la misma, a través de manantiales y pozos con tratamiento mínimo de potabilización (cloración doméstica) para consumo humano.

Las comunidades asentadas en la microcuenca del Río Mapachá, ejercen una influencia desfavorable sobre el potencial hídrico, por cuanto en el desarrollo de las prácticas productivas involucran la deforestación y con ello el avance de la frontera agrícola, la quema intensiva y en general la confrontación del uso del suelo. Resultado de lo anterior la disminución de la capacidad de infiltración, así como un transporte de contaminantes hacia las fuentes superficiales. Por otro lado, se destacan los hábitos de la población en el uso del agua de los ríos y quebradas para las actividades domésticas (lavandería, baño personal y de animales domésticos),

las cuales son realizadas directamente sobre las fuentes. Al mismo tiempo, la ausencia total de un sistema básico de manejo de los desechos sólidos, el fecalismo al aire libre y en algunos casos la construcción de letrinas aguas arriba de los pozos o cerca de ríos y manantiales, conlleva a la contaminación de las fuentes de agua, lo que deriva en problemas de salud y disminución de la calidad de vida de la población.

#### 1.4. Justificación

Tanto a nivel internacional como nacional se trabaja para garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y consecuentemente de los recursos hídricos a través de objetivos, metas, planes y estrategias para reducir la falta de acceso al agua potable y saneamiento.

A nivel internacional, los Objetivos de Desarrollo del Milenio propuestos por la ONU (2013-2015), proyectan en el objetivo 7, meta C, el “Reducir a la mitad para el 2015, el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios de saneamiento básicos”<sup>1</sup>.

En Nicaragua, a nivel nacional, a través de la **Ley General de Aguas Nacionales (Ley N°620)**, tiene como objetivo: establecer el marco jurídico institucional para la administración, conservación, desarrollo, uso, aprovechamiento sostenible, equitativo, y preservación de la cantidad y calidad de los recursos hídricos existentes en el país.

Por otra parte, a nivel municipal, la alcaldía del Municipio de San Lorenzo, a través de su Plan Ambiental Municipal (2006-2016), tiene como línea estratégica para el recurso agua la de “Garantizar amplia cobertura del servicio de agua; mejorar la calidad a través de la protección y conservación de las fuentes de agua para consumo humano”.

Como el Municipio de San Lorenzo, se encuentra dentro de dos subcuencas que nacen de las divisiones montañosas que predominan en el Departamento de Boaco, la subcuenca del Río Tecolostote y la subcuenca del Río Malacatoya; ambas subcuencas forman parte de la Cuenca de los Grandes Lagos y el Río San Juan

---

<sup>1</sup> Objetivos del Milenio: Informe 2013: Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.

(cuenca N°69), considerada, la cuenca más estratégica del país. La microcuenca del Río Mapachá es segmento de la subcuenca del Río Tecolostote, que es una de las subcuencas más deterioradas de la cuenca N°69, como consecuencia de la deforestación, crecimiento de la frontera agrícola y la ganadería extensiva (Mendieta, 2010).

El Río Tecolostote drena hacia el Lago Cocibolca, que es considerado por su extensión el lago más grande de Centroamérica y el segundo de mayor tamaño en Latinoamérica. El lago Cocibolca ha sido declarado por la Ley General de Aguas Nacionales (Ley N°620), como una reserva natural de agua potable, específicamente en el Pacífico. Actualmente, se utiliza para abastecer de agua potable las ciudades de Juigalpa y San Juan del Sur y se están ejecutando un proyecto para abastecer de agua potable a la ciudad de San Carlos y Cárdenas (ENACAL, 2011); por lo tanto, es importante asegurar y mantener (o mejorar) su calidad de sus aguas como cumplimiento de los artículos 96 y 97 de la Ley N°620.

En este contexto, los resultados obtenidos a través de este estudio en la microcuenca del Río Mapachá, se convierten en un instrumento importante para cumplir con las metas internacionales, leyes nacionales y estrategias municipales, institucionales y de otros organismos que tengan incidencia en la microcuenca, en especial de aquellas propuestas que estén dirigidas a la preservación y conservación de las fuentes de agua, enfocadas a garantizar un suministro de agua segura para la población; tanto en cantidad como en calidad.

A la vez, esta metodología de evaluación, servirá como antecedente y modelo a implementar en futuras investigaciones sobre potencial hídrico y calidad del agua en otras microcuencas del municipio.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Evaluar el Potencial Hídrico y Calidad del Agua asociados con las condiciones Socio-ambientales en la microcuenca del Río Mapachá del Municipio de San Lorenzo, Departamento de Boaco.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Identificar las condiciones socio-ambientales de la microcuenca del Río Mapachá.
- Estimar el potencial hídrico en la microcuenca del Río Mapachá.
- Determinar la calidad del agua superficial y subterránea en la microcuenca del Río Mapachá.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Características físicas de la microcuenca del río Mapachá

#### 2.1.1. Clima

El clima del municipio es de sabana tropical (Köppen, 1900). Los registros climáticos del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) reportan una precipitación media anual entre 1427 mm, con una temperatura media anual de 27,17 °C.

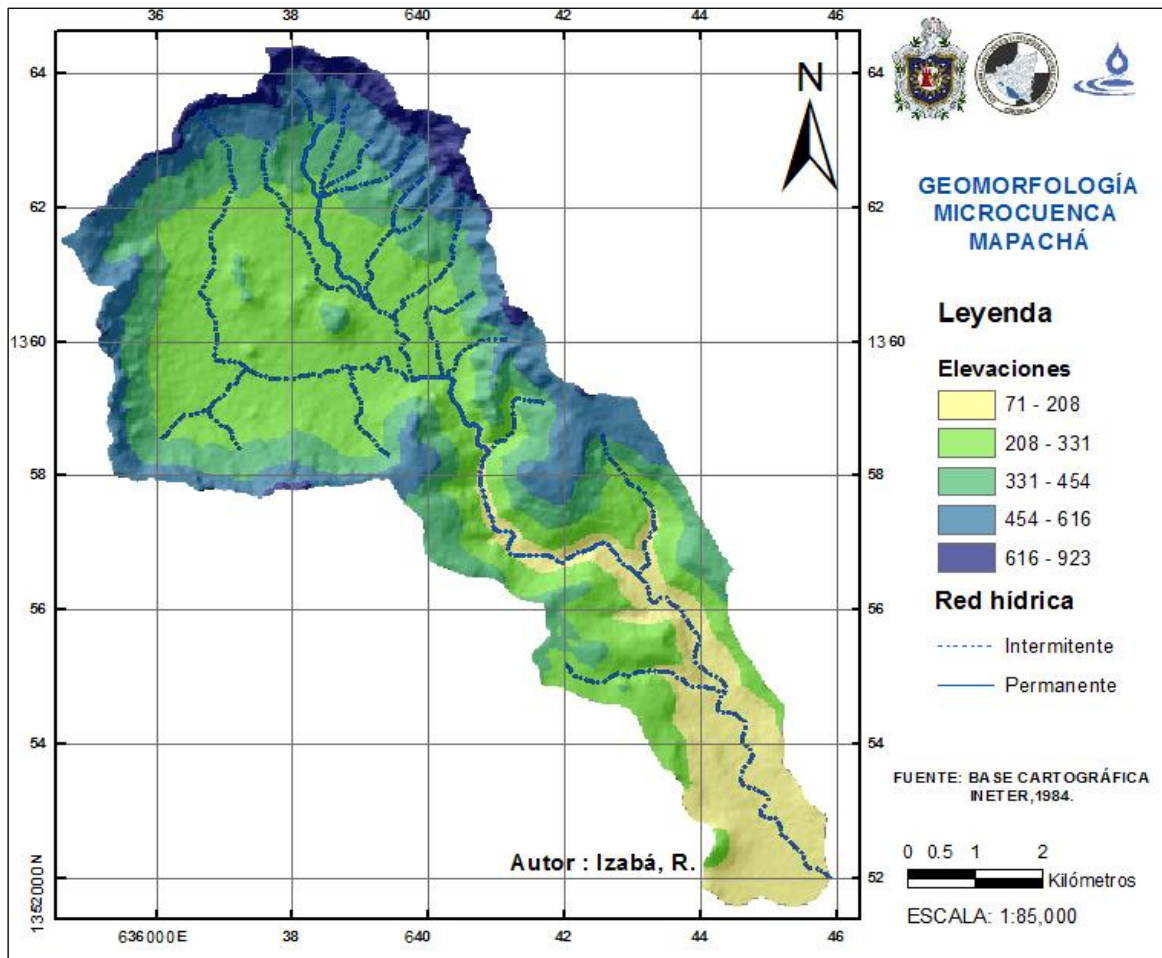
#### 2.1.2. Geomorfología

La zona de la microcuenca Mapachá pertenece a la Provincia Geológica Central o tierras altas del interior; es la región más elevada de la región central, de terreno abrupto, de moderado hasta muy escarpado, con pendientes de 15-75%; el relieve es fuertemente-accidentado, resultado de un sistema de fallas denso y complejo (Fenzl, 1989).

La geomorfología en la parte alta media de la microcuenca Mapachá, es ondulada y rocosa, con máximas elevaciones entre 616-923 msnm; las menores elevaciones se encuentran en la parte baja con elevación mínima de 71 msnm.

La cuenca tiene 53,75 km<sup>2</sup> de área, con perímetro de 42,11 km. Presenta pendiente media de 34% y la pendiente media del río principal es de 20%. Esta característica favorece a la escorrentía superficial (González & Guerra, 2002) y al aumento de la velocidad en el caudal en caso de tormentas (Gasparí *et al.*, 2012).

El factor de forma de Horton (0,24) indica que es una cuenca alargada; de acuerdo con el índice de Gravelius (1,62) también la clasifica como una cuenca rectangular-alargada, lo que sugiere que presenta menos torrencialidad (Londoño, 2001) y que es poco susceptible a crecidas; cuyas aguas desaguan hacia una misma corriente principal (Gasparí *et al.*, 2012).



**Mapa 2** Geomorfología de la microcuenca del Río Mapachá.

La microcuenca del río Mapachá, presenta una densidad de drenaje (Dd) de 1,03 km<sup>2</sup>, la cual es influenciada por la Geología, la cubierta vegetal, la cantidad de precipitación y la pendiente (Londoño, 2001). Este valor de densidad de drenaje revela que es una cuenca bien drenada, ya que se puede considerar que valores de Dd de 0,5 km/km<sup>2</sup> o mayores, muestran la eficiencia de la red de drenaje (Fuentes, 2004).

En la Tabla 1, se presentan las características geomorfológicas de la microcuenca Mapachá.



**Tabla 1.** Características Geomorfológicas de la microcuenca Mapachá.

Descripción	Cantidad
Área (km <sup>2</sup> )	53,75
Perímetro (km)	42,11
Longitud de la cuenca(km)	14,87
Ancho de la cuenca (w) en km	3,61
Pendiente Media microcuenca (%)	34,00
Pendiente media del Río Principal (%)	20,00
Índice de Gravelius (K)	1,62
Índice de Forma o de Horton	0,24
Longitud del río principal (km)	6,62
Densidad de la corriente (km <sup>2</sup> )	0,45
Densidad de Drenaje (km.km <sup>-2</sup> )	1,03
Elevación máxima (msnm)	923,00
Elevación media (msnm)	497,00
Elevación mínima (msnm)	71,00

Fuente: Elaboración propia a partir de la base cartográfica de INETER, 1984.

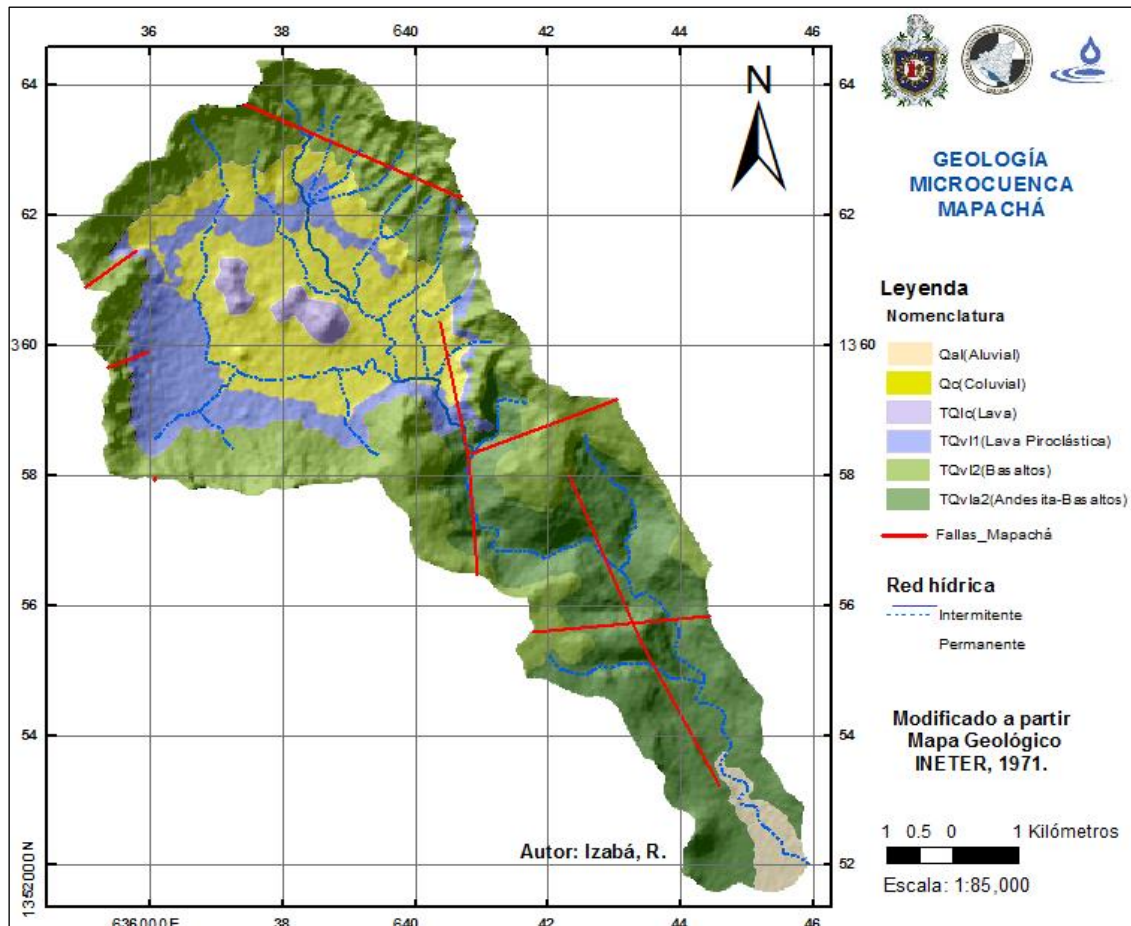
### 2.1.3. Geología

La microcuenca del río Mapachá (Mapa 3), pertenece a la Provincia volcánica terciaria central (Fenzl, 1989), predominan rocas volcánicas indiferenciadas del terciario o cuaternario (Losilla, Rodríguez, Schosinky, Stimson, & Bethune, 2001), representado por lavas y piroclastos indiferenciados. Las principales rocas observadas son: flujos de basaltos compactos y andesitas-basaltos; descansan sobre las formaciones sedimentarias terciarias y están cubiertas por depósitos cuaternarios que rellenan las zonas planas y valles de los ríos (Krásný & Hecht, 1989; Fenzl, 1989).

En la parte alta media de la microcuenca está representada por una caldera volcánica inactiva donde se ubican rocas basálticas (TQvl<sub>2</sub>) con 19,68 km<sup>2</sup> (37% del área); lava piroclástica (TQvl<sub>1</sub>) con 6,48 km<sup>2</sup> (12% del área), cuaternario coluvial

(Qc) con 10,78 km<sup>2</sup> (20% del área) y cuaternaria lava compacta (Qlc) con 0,92 km<sup>2</sup> (1,7% del área).

En la parte media-baja de la microcuenca se encuentra representada por rocas andesitas-basaltos con 14,71 km<sup>2</sup> (27% del área) y aluvial (Qal), con 1,17 km<sup>2</sup> (2% del área; Mapa 3).



**Mapa 3.** Geología de la microcuenca del Río Mapachá.

Las unidades geológicas presentes en la microcuenca se describen a continuación:

- **Cuaternario Coluvial (Qc) y Aluvial (Qal):** Se presentan en terrenos planos, ligeramente ondulados, a veces con terrazas ligeramente escalonadas. Generalmente estos materiales son depositados a lo largo de algunos valles

inmediatamente alrededor de los ríos. Estos depósitos están constituidos con gravas cuarzosas, fragmentos volcánicos y silicios con matriz de arcillas (Fenzl, 1989; INETER, 2009).

- **Cuaternario, flujo de lava Piroclástico (TQvl<sub>1</sub>):** Rocas volcánicas del cuaternario compuesto por flujos de lava piroclásticas (Fenzl, 1989).
- **Terciarios basaltos (TQvl<sub>2</sub>):** Rocas volcánicas terciarias, están básicamente compuestas por rocas basálticas (Fenzl, 1989).
- **Terciario, rocas Basaltos-andesitas (TQvl<sub>2</sub>):** Compuesto por flujo de lava de basaltos-andesitas (Fenzl, 1989).

### 2.1.3.1. Características geológicas locales

La Geología de la microcuenca del Río Mapachá está constituida principalmente por rocas volcánicas indiferenciadas<sup>2</sup>. De acuerdo con el reconocimiento de campo, la Geología en la parte alta de la microcuenca se encuentra en una caldera volcánica inactiva (Caldera Las Lajas), que contiene basaltos intercalados con aglomerados (Fenzl, 1989). Observándose rocas consolidadas tipo basalto, alteradas y fracturadas; además, afloramiento de flujo de lava piroclástica consolidada, poco alterado, de color gris; con fractura S 46 E y N 55 E; presentando aluviones de arcilla. En el flujo piroclástico (Foto 1), se observan fragmentos de granos gruesos de grava, matriz de cenizas muy compactas con rumbo N71W y buzamiento 13° NW. En la Foto 2 se observa el Cerro Monte fresco-, compuesto de flujo de lava consolidada, roca poca alterada de 150 m de espesor, identificados en el Mapa 3 como TQlc (lava compacta).

---

<sup>2</sup> Mapa Geológico de Nicaragua, según Weyl, citado por Losilla et al., 2001.



**Foto 1.** Afloramiento de flujo de lava piroclástica.



**Foto 2.** Cerró Monte fresco (Lava compacta).

En la parte plana de la caldera se observan coluviales del cuaternario (Qc), poco profundos, fragmentos de rocas de granos gruesos a finos (arena, grava y arcilla) (Krásný & Hecht, 1989).

En la parte NO superior en la caldera, se identifican aglomerados volcánicos compactos, compuestos de lavas basálticas en una matriz de ceniza basáltica (Foto 3; (Krásný & Hecht, 1989) ubicados en la comunidad La Pita. El tamaño de los granos es de medio grueso a grueso; afectados por fracturas abiertas rellenas de arena fina y arcillas, identificado en el Mapa 3 como TQlv<sub>2</sub> (basaltos).



**Foto 3.** Lavas basálticas comunidad La Pita.



**Foto 4.** Afloramiento de roca piroclástica, río El Terrero.

En la parte NO inferior de la caldera, se observa un flujo de lavas piroclásticas ligeramente alterada, se observan fallas, donde se forman un sistema de manantiales.

En la parte alta media de la microcuenca, se observan afloramientos de roca piroclástica sobre el río El Terrero (Foto 4), poca alterada con 200 m de espesor y presenta fractura de rumbo  $284^\circ$  y buzamiento S15W y en la parte media baja, se observa (sobre el río Las Lajas) falla de flujo de lava basáltica inclinada  $10^\circ$  NE y Rumbo  $N40^\circ$ W. (Foto 5).

En la parte baja en la microcuenca, se identificó rocas andesitas-basaltos; observándose la roca completamente deformada y afectada por fallas, planos en dos direcciones indicando conjugación de fallas que se cortan con dirección predominante  $N19^\circ$ W (Foto 6).



**Foto 5.** Falla sobre el río Las Lajas aguas abajo.



**Foto 6.** Sistema de falla conjugada en la parte media-baja en la microcuenca.

Se observó fuerte deformación de la roca debido a la presencia de esfuerzos de falla, fracturamiento paralelo en la zona con dirección predominante  $N29^\circ$ E (Foto 7) y en la desembocadura del Río Mapachá el material presente es aluvial, conformado por arena, grava y arcilla (Krásný & Hecht, 1989) (Foto 8).



**Foto 7.** Fallas observadas en la parte baja de la Microcuenca Mapachá.

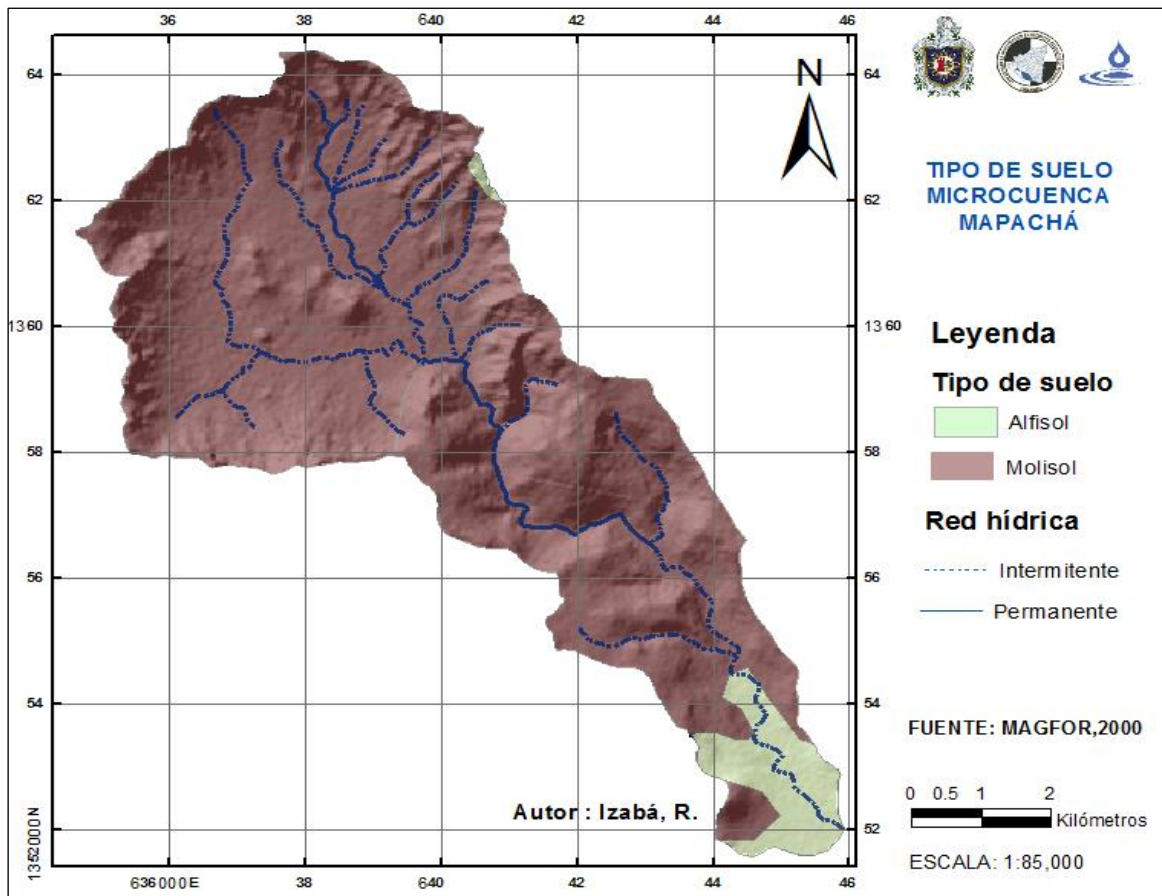


**Foto 8.** Aluviales a 200 metros antes de la desembocadura del Río Mapachá.

#### 2.1.4. Suelo

En el área de estudio se han identificado dos órdenes de suelo: molisoles y alfisoles. Los suelos molisoles, se destacan en la parte alta, media y media baja de la microcuenca, abarcando un 97% del área (50,39 km<sup>2</sup>); y los suelos alfisoles predominan en la parte baja con un 3% del área (3,36 km<sup>2</sup>; Mapa 4).

**Suelos molisoles:** son suelos minerales, de color oscuro, ricos en humus, bien estructurados, suaves en seco y con un subsuelo con acumulación de arcilla aluvial. Con profundidades de poco profundo a muy profundo; y fertilidad de baja a alta. Desarrollados de depósito aluviales y lacustre sedimentados de origen volcánico, rocas básicas, metamórficas, sedimentarias y piroclásticas. En pendientes entre 0-15%. Son aptos para el cultivo de ajonjolí, maní, sorgo, caña de azúcar y arroz. En pendientes entre 15-30% son aptos para pastizales, agroforestería y bosques; en pendientes 30-50% son aptos para bosques de protección y agroforestería; y con pendientes mayores de 50%, son aptos únicamente para bosque de protección (Gardi et al, 2014; WRB, 2007)

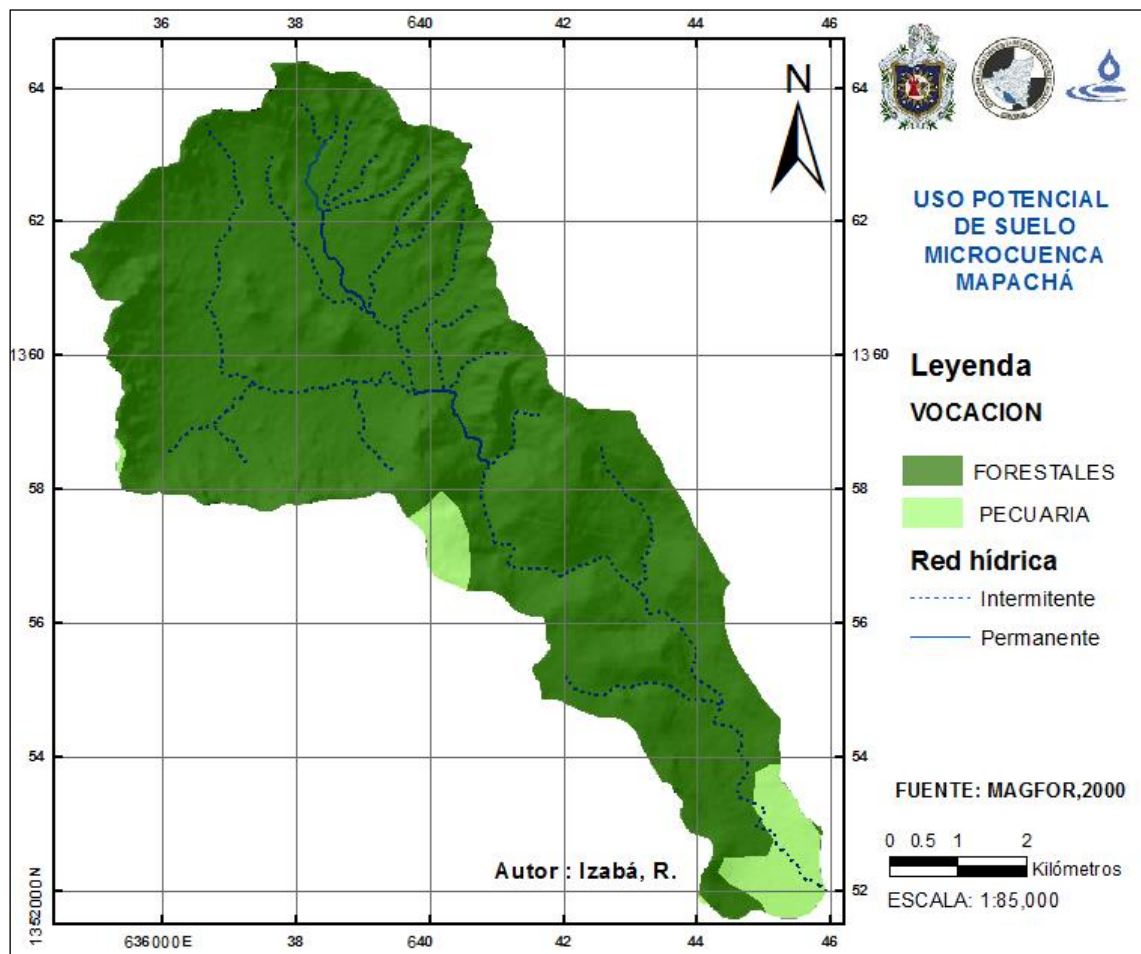


**Mapa 4.** Tipo de suelo en la microcuenca del Río Mapachá.

**Suelos alfisoles:** son suelos minerales maduros, más desarrollados, de color oscuro, con acumulación de arcilla aluvial, de poco profundo a muy profundo, se encuentran en relieves planos a muy escarpados, con fertilidad de baja a media. Desarrollados a partir de rocas ácidas, básicas, metafóricas, materiales diferenciados y estratos sedimentarios de lutitas. De textura arcillosa, franco-arcillosa a franco-arenosa. Aptos para cultivos de maíz, sorgo, plátano, yuca, arroz y piña en pendientes de 0-15%. Con pendientes de 30-50%, son aptos para agroforestería, bosque de conservación y explotación; y con pendientes mayores de 50%, son aptos para bosques de protección y conservación (Gardi, y otros, 2014) (WRB, 2007)

### 2.1.5. Uso potencial del suelo

El uso potencial del suelo en la microcuenca Mapachá es predominantemente forestal, seguido del pecuario. De acuerdo al Mapa 5, la parte alta-media y media-baja de la microcuenca, que corresponde el 94% del área (50,78 km<sup>2</sup>), es de vocación forestal; y el 4% restante (2,96 km<sup>2</sup>), ubicada en la parte media (sobre todo la planicie de la microcuenca) son de vocación pecuaria.



**Mapa 5.** Vocación del suelo en la microcuenca del Río Mapachá.

### 2.1.6. Uso actual del suelo

El uso actual del suelo en la microcuenca está en correspondencia con las principales actividades económicas desarrolladas por la población; así, el mayor

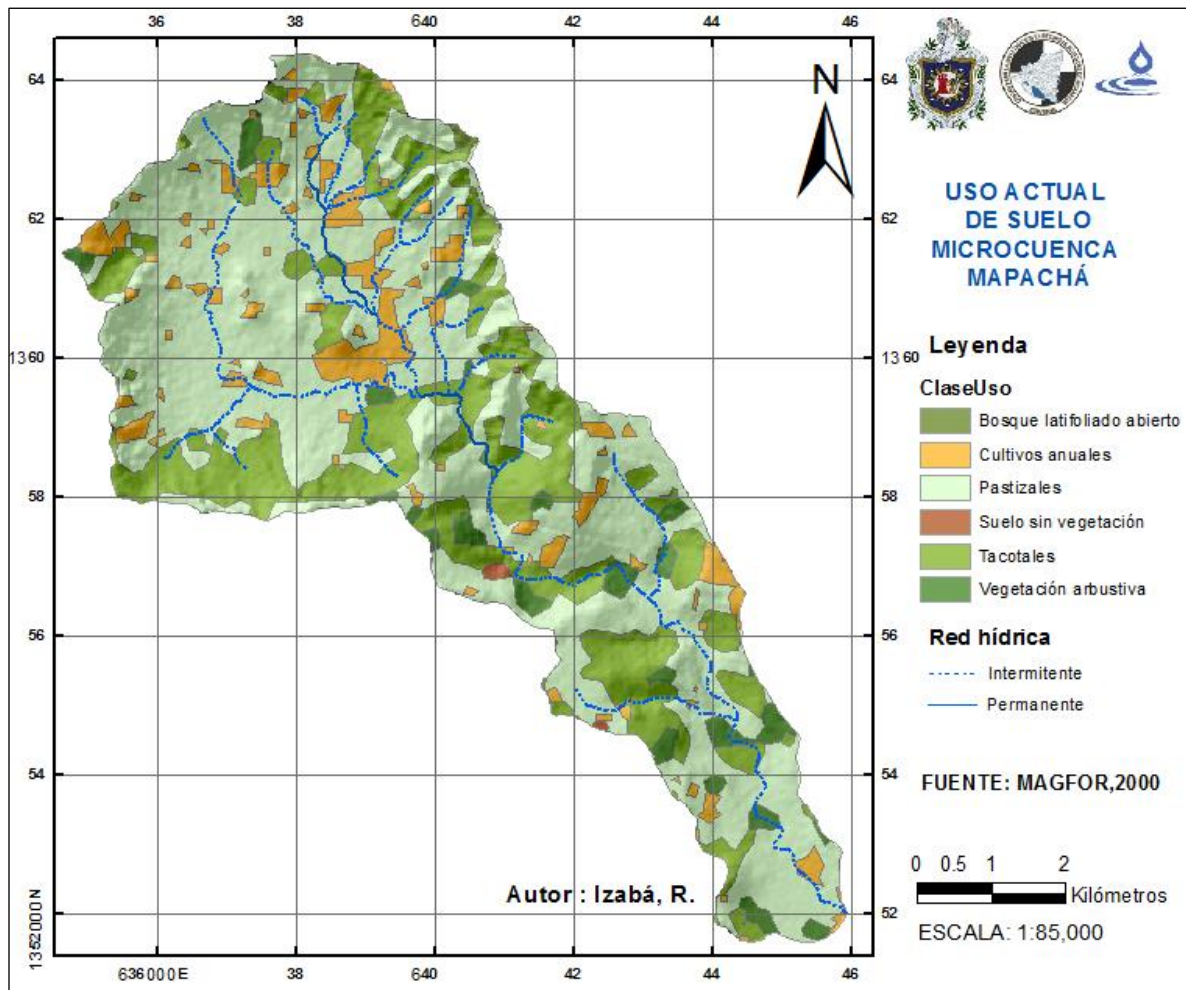


porcentaje del territorio está ocupado por pastizales con 60,88% (32,72 km<sup>2</sup>), seguido de tacotales con 25,32% (13,61 km<sup>2</sup>) para el ganado vacuno; los cultivos anuales (maíz, frijol y sorgo, para autoconsumo) con 9,05% (4,87 km<sup>2</sup>), vegetación arbustiva con 4,58% (2,46 km<sup>2</sup>) y en un bajo porcentaje el bosque latifoliado abierto con 0,10% (0,06 km<sup>2</sup>), el cual está siendo amenazado por el avance de la frontera ganadera que caracteriza al municipio de San Lorenzo; y el suelo sin vegetación con 0,05% (0,03 km<sup>2</sup>) (Tabla 2 y Mapa 6). (Schosinsky & Losilla, 2000)

**Tabla 2.** Área porcentual del uso actual de suelo en la microcuenca Mapachá.

Uso de suelo	Área (km <sup>2</sup> )	%
Pastizales	32,72	60,88
Tacotales	13,61	25,32
Cultivos anuales	4,87	9,05
Vegetación arbustiva	2,46	4,58
Bosque Latifoliado abierto	0,06	0,10
Suelo sin vegetación	0,03	0,05

Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de uso de suelo MAGFOR, 2000.



**Mapa 6.** Uso actual del suelo en la microcuenca del Río Mapachá.

### 2.1.7. Hidrología

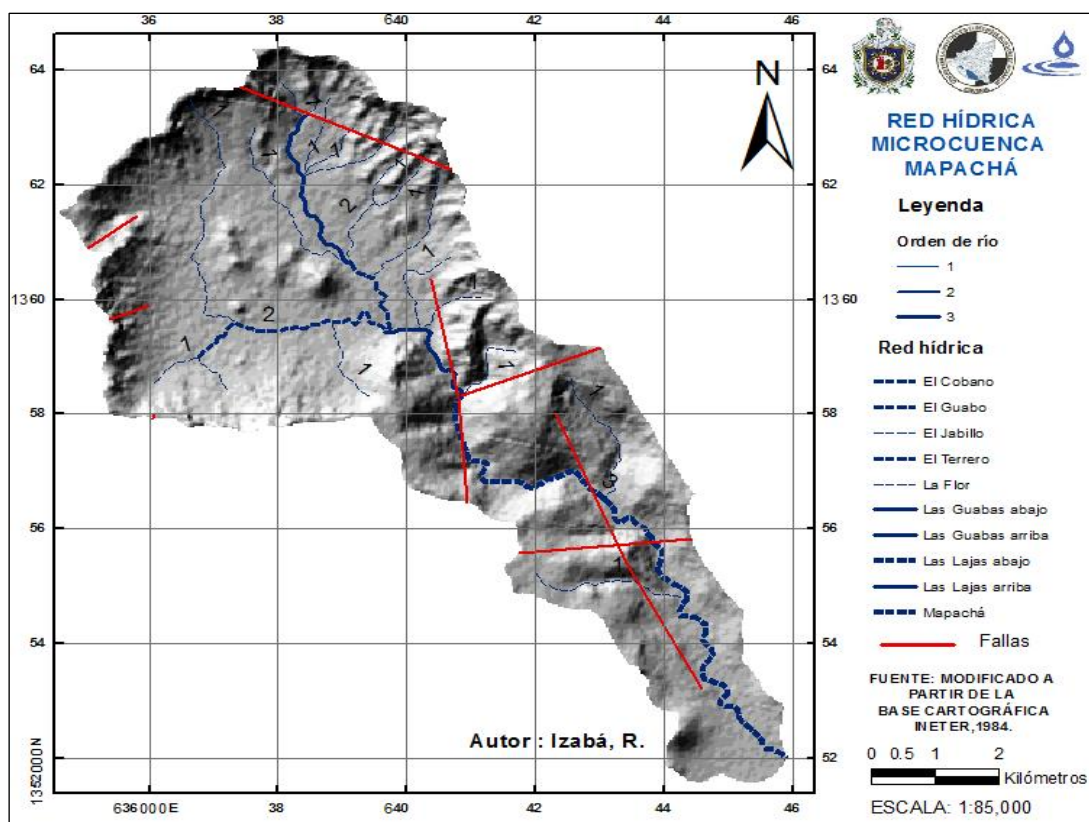
El río Mapacha es el río principal de la microcuenca con su nombre, tiene una longitud de 6 km, desde su nacimiento al NE de la microcuenca hasta su desembocadura con el río Tecolostote. Su lecho es poco profundo, en época seca pierde su caudal base, influenciado por las características hidráulicas de la rocas basálticas-andesíticas (Krásný & Hecht, 1989).

La red hídrica de la microcuenca Mapachá comprende el río principal con 23 ríos tributarios, de los cuales, 18 ríos de orden 1, 3 ríos de orden 2 y 2 ríos de orden 3 (Mapa 7). Sus principales tributarios son: Las Lajas, El Guabo, Las Guabas, El Terrero y La Flor (Tabla 3).

**Tabla 3.** Características de los principales ríos en la microcuenca del Río Mapachá.

Nombre del río	Número de orden	Tipo de corriente		Longitud (km)
		Intermitente	Permanente	
Mapachá	3	X		6,62
Las Lajas	3		X	6,04
El Guabo	2	X		1,61
Las Guabas	2		X	3,17
El Terrero	2	X		2,97
El Cobano	2	X		0,88
La Flor	1	X		4,73
El Jabillo	1	X		2,54

Fuente: Elaboración propia a partir de la base cartográfica INETER, 1984.

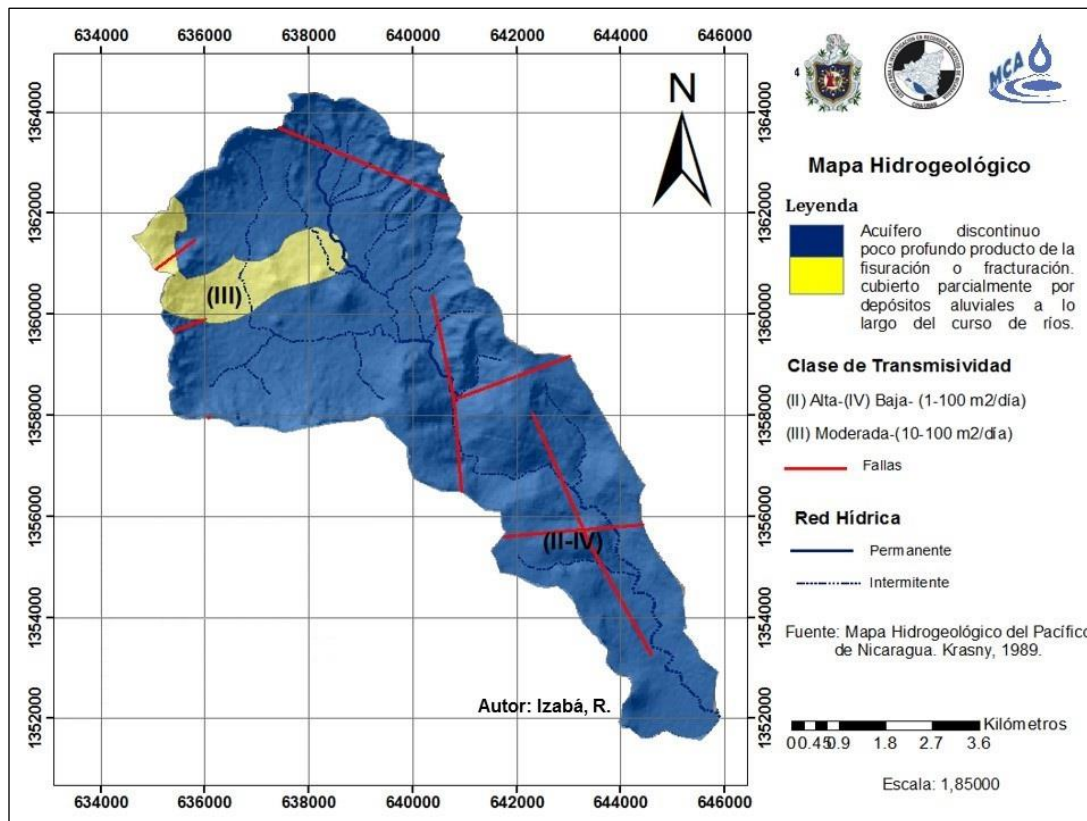


**Mapa 7.** Red hídrica en la microcuenca del Río Mapachá.

La mayoría de los afluentes son intermitentes incluyendo el río principal; a excepción de los ríos Las Lajas y El Guabo, que son permanentes probablemente al aporte de los manantiales ubicados al NO de la parte superior de la microcuenca (Mapa 7).

### **2.1.8. Hidrogeología**

La provincia central es una zona poca estudiada en cuanto a detalles geológicos e hidrogeológicos (Krásný & Hecht, 1989). Las características Geológicas del área de estudio más aproximadas son las del Grupo Coyol. En cuanto a su clasificación en el mapa Hidrogeológico del Pacífico de Nicaragua, se encuentra mayoritariamente en la clase II-IV de transmisividad, que lo caracteriza como un acuífero discontinuo poco profundo, producto de la meteorización y fisuración o fracturación; parcialmente cubierto por depósitos aluviales cuaternarios a lo largo de los ríos. Las rocas presentan fallas, fracturas y grietas, en la mayoría de los casos verticales abiertas, rellenas de materiales arcillosos, el cual reduce la posibilidad de recarga y disminución de la permeabilidad ( (Krásný & Hecht, 1989; Fenzl, 1989) (Mapa 8). En una pequeña porción se clasifica en la clase III de trasmisividad, considerados acuíferos productivos.



**Mapa 8.** Mapa Hidrogeológico en la microcuenca del Río Mapachá.

La caldera volcánica inactiva de la microcuenca Mapachá se localiza dentro del producto de los volcanes de la edad Cuaternaria-Terciaria (Cerro El Ciguatepe, Volcán San Jacinto y Volcán Las Lajas), por ser relativamente joven, se considera con permeabilidad prevaeciente por lo menos en algunas zonas altas y generalmente con permeabilidad mayores en los rellenos de los valles en los ríos (Krásný & Hecht, 1989).

En la microcuenca del Río Mapachá, está representados por rocas volcánicas cuaternaria, presenta medios físicos fracturados con transmisividad de alta/baja (II-IV); también, aluviales, coluviales, representado por medio físico poroso con transmisividad medias (III), considerados acuíferos productivos (Tabla 4).

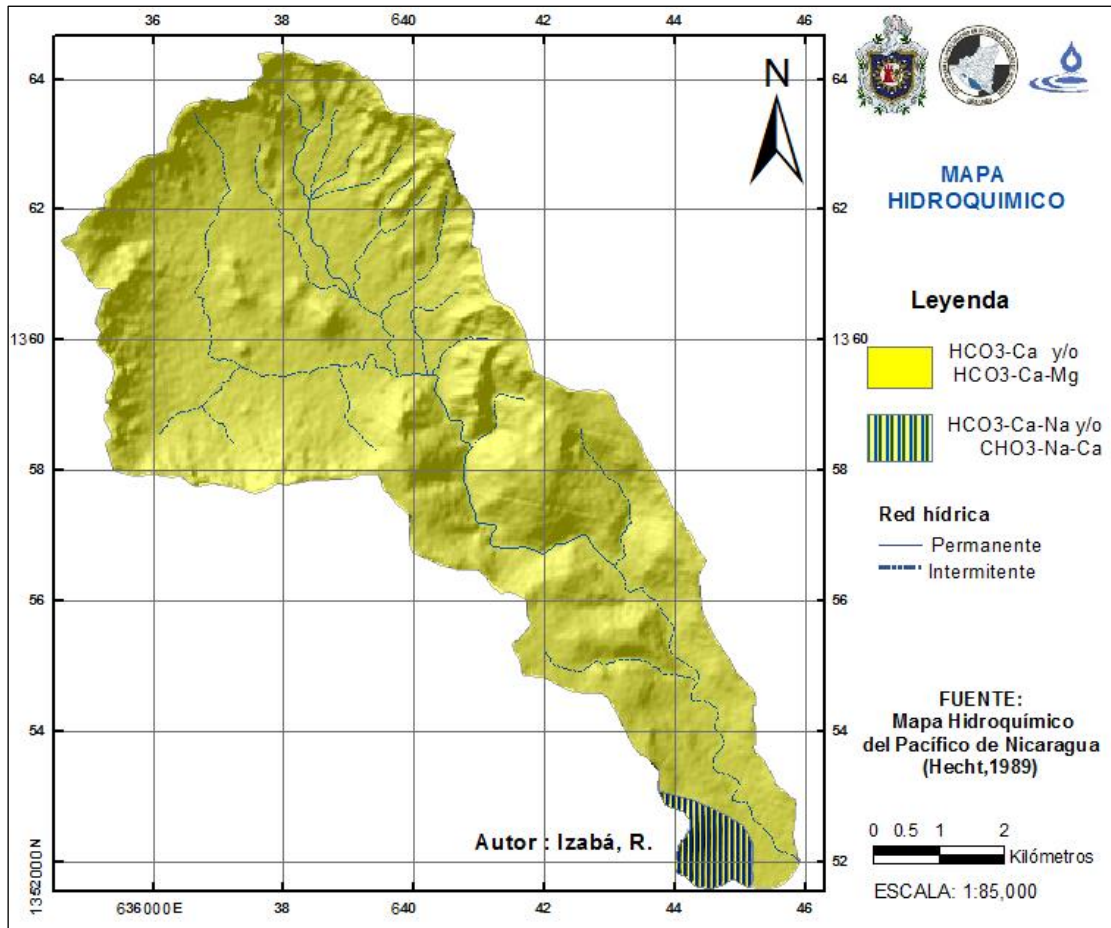
**Tabla 4.** Características Hidrogeológicas de la microcuenca del Río Mapachá.

<b>Formación / Grupo</b>	<b>Medio físico</b> (Fenzl, 1989)	<b>Valores de Transmisividad</b> $m^2.día^{-1}$	<b>Clasificación Transmisividad</b> (Krásný & Hecht, 1989)	<b>Clase</b>	<b>Descripción</b> (Krásný & Hecht, 1989)
Volcánicos Cuaternarios	Fracturado /Poroso	1-10 100-1000	Baja Alta	II-IV	Acuíferos pocos productivos a productivos
Aluviales y coluviales.	Poroso	10-100	Media	III	Acuíferos productivos

Las rocas volcánicas cuaternarias, no han desarrollado acuíferos continuos de gran extensión debido a sus contextos hidrodinámicos desfavorables. Solamente pueden ser aprovechados pequeños acuíferos locales desarrollados en el sistema de fisuras y grietas, o rocas porosas dentro de la secuencia volcánica. La presencia de suelos antiguos y zonas de rocas meteorizadas, alterando con capas de rocas poco meteorizadas o fracturadas, favorecen la formación de acuíferos colgados, que al ser cortados por las quebradas dan origen a manantiales (Fenzl, 1989).

### 2.1.9. Tipo hidroquímico

De acuerdo con el mapa Hidrogeoquímica de la Región del Pacífico de Nicaragua (Hecht, 1989), el tipo hidroquímico predominante en la microcuenca del Río Mapachá es  $HCO_3-Ca$  o  $HCO_3-Ca-Mg$ ; y en una pequeña proporción en la parte baja de la microcuenca se encuentra el tipo hidroquímico  $HCO_3-Ca-Na$  o  $HCO_3-Na-Ca$  (Mapa 9). Tomando en cuenta que el Río Mapachá es un tributario del Río Tecolostote y descarga sus aguas al Lago Cociboca, coincide con el tipo hidroquímico predominante de las aguas de los ríos de la Región Central de Nicaragua que descargan al Lago Cocibolca ( $HCO_3-Ca$ ) y en pequeña escala son  $HCO_3-Na$ ,  $HCO_3-Mg$  y  $HCO_3-Ca-Na$  (Hecht, 1989).



**Mapa 9.** Mapa Hidroquímico de la Microcuenca del Río Mapachá.

### **III. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo de estudio**

De acuerdo con Piura (2006), el estudio es de tipo descriptivo.

#### **3.2. Recopilación de información**

##### **3.2.1. Recopilación de Información secundaria**

En el periodo de diciembre 2012 a mayo 2013 se realizó la recopilación de información secundaria que consistió en las hojas topográficas de la zona de estudio; ecología, datos meteorológicos, población rural del Municipio de San Lorenzo; tipo de suelo, uso actual y potencial del suelo; planificación del municipio y principales actividades económicas. Posteriormente se revisó y se extrajo la información base para la gira de reconocimiento, lo que permitió delimitar en el mapa la microcuenca con su red hídrica. Esta información fue recopilada en diferentes instituciones del país, como INETER, MAGFOR, MARENA, INIDE, páginas web oficiales. También se adquirió información secundaria sobre otros estudios relacionados con el tema en páginas web de bases científicas.

##### **3.2.2. Reconocimientos hidrológico, hidrogeológico y geológico**

En el mes de junio 2013, se realizó giras de reconocimientos del área, hidrológico, hidrogeológico y geológico. Durante estas giras se recorrió la microcuenca, visitando las 11 comunidades ubicadas en la microcuenca, en donde se conoció que la población es de aproximadamente 1875 personas y 375 viviendas; así como las fuentes de agua de consumo, situación de saneamiento y principales actividades antropogénicas en la microcuenca. Se identificó la red hídrica, se realizó inventario de objetos hidrogeológicos y se corroboraron las unidades geológicas del área de estudio. Producto del reconocimiento hidrológico, se definió el orden del río principal y sus tributarios; y se definieron 7 puntos de monitoreo de caudales distribuidos en



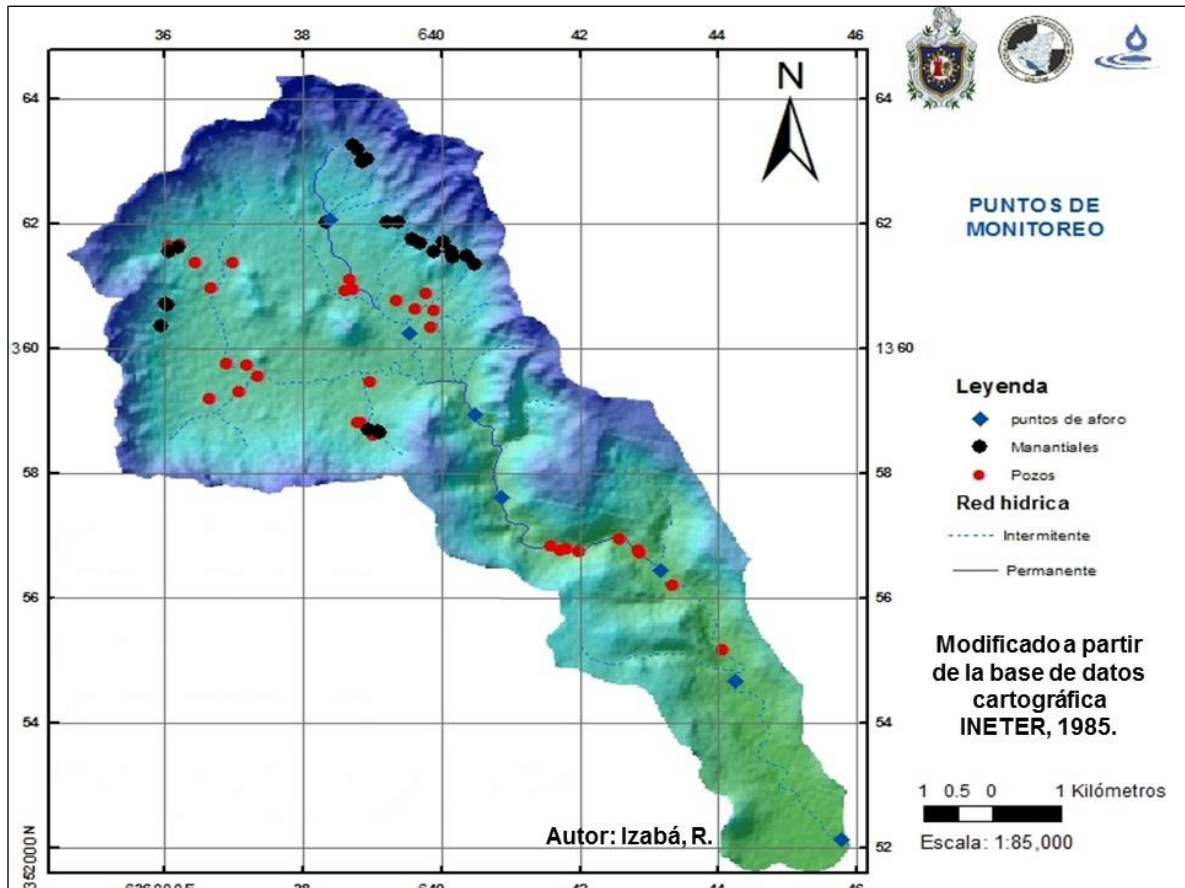
la red hídrica (Tabla 5). A la vez, el inventario de objetos hidrogeológicos, arrojó como resultado 40 pozos (39 pozos excavados identificados como PE)- un pozo perforado identificado como PP-30) también, se identificaron 25 manantiales con los códigos MN-1 hasta MN-25 (Mapa 10, Anexo I).

**Tabla 5.** Puntos de monitoreo en los tributarios y río principal de la microcuenca Mapachá.

ID	Nombre del río	Coordenadas		Elevación msnm
		E	N	
1	Las Guabas	638384	1362068	321
2	El Guabo	639533	1360247	237
3	Las Lajas aguas arriba	640484	1358938	223
4	Las Lajas aguas abajo	640864	1357618	198
5	Mapachá aguas arriba	643164	1356440	153
6	Mapachá Centro	644261	1354658	112
7	Mapachá a 100 metros	645786	1352130	92

En el reconocimiento geológico se identificó unidades geológicas, tipos de rocas, fallas y fracturas, así como rumbo y buzamiento de las mismas. Además, se identificó las rocas predominantes en las zonas de afloramientos de los manantiales identificados.

En esta gira de reconocimientos, también se realizó la primera campaña de mediciones de niveles de caudales en ríos y niveles de los 40 pozos inventariados. Tanto a los sitios de monitoreo de agua superficial como de agua subterránea, se les midieron los parámetros de campo: pH, temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD) y potencial de reducción-oxidación (Redox).



**Mapa 10.** Ubicación de pozos, manantiales y puntos de afloramientos monitoreados en la microcuenca del Río Mapachá.

### 3.2.3. Levantamiento de información socio-ambiental

Para obtener la información socio-ambiental en la microcuenca del río Mapachá, se formuló un instrumento de recolección de información (Anexo II), el cual se implementó a los jefes y jefas de familia. Para la determinación de la muestra de jefes/jefas de familia a entrevistar, se consideró como población general en la microcuenca Mapachá, al número de viviendas presentes (375 viviendas); y se utilizó la Ecuación 1, para calcular el tamaño de la muestra (**Munch, 1996**).

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{N * e^2 + Z^2 * p * q} \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde: *n*: tamaño calculado de la muestra.

Z: igual a 1.81 para un nivel de confianza de 93%.

p y q: son probabilidades complementarias, de 0.5, cada una.

N: el Universo.

e: error de estimación aceptable para encuesta entre 1% -10%.

Al aplicar la Ecuación 1, se seleccionó una muestra con el 0,93 de confianza y 7% de error. Resultando 116 jefes/jefas de familia a encuestar (Tabla 6).

**Tabla 6.** Determinación del número de encuestas en la microcuenca Mapachá.

<b>Población objetivo</b>	375 viviendas
<b>Tamaño de Muestra ("n")</b>	<b>116 viviendas</b>
<b>Para un error "e" de estimación</b>	7%
<b>Nivel de Confianza</b>	0.93
<b>Valor de Z<sup>2</sup></b>	3,28

Fuente: Munch, 1996. En negrita la muestra seleccionada. e: error de estimación aceptable para encuesta entre 1% -10%.

Las encuestas se aplicaron en dos etapas, la primera etapa en julio del 2013, en donde se efectuaron 77 encuestas; y la segunda etapa fue en marzo del 2014, realizando 31 encuestas con un total de 108 encuestas. No se completaron las 116 encuestas (hicieron falta 8), debido a problemas de accesibilidad a las casas de los habitantes de una comunidad a otra en la microcuenca. En la Tabla 7, se brinda la información de la distribución de las encuestas realizadas por comunidad.

**Tabla 7.** Número de encuestas realizadas por comunidad en la microcuenca Mapachá

Comunidades	N° Personas	N° viviendas	% de viviendas por comunidad	N° encuestas por comunidad	Encuestas realizadas
Las Lajas	535	107	29	33	26
Los Panamases	250	50	13	16	16
La Uva	250	50	13	16	17
El Caribe	225	45	12	14	12
El Aguacate	205	41	11	13	10
La Pita	100	20	5	6	10
El Tigre	100	20	5	6	4
Mapachá	75	15	4	5	4
Los Bajos	50	10	3	3	4
La Güebe	50	10	3	3	3
Las Guabas	35	7	2	2	2
<b>Total</b>	<b>1875</b>	<b>375</b>	<b>100</b>	<b>116</b>	<b>108</b>

### **3.2.4. Monitoreo de caudales en ríos, manantiales y mediciones de niveles en pozos**

Los aforos en ríos se realizaron cada dos meses en época lluviosa 2013 (junio, agosto y octubre) y época seca 2014 (febrero y marzo) en los 7 puntos seleccionados en la gira de reconocimiento; esto con el fin de tener representatividad del régimen hídrico del río en los meses de mayor pluviosidad y sequía, respectivamente.

Para las mediciones de velocidad del caudal (Foto 9), se utilizó el Molinete Gurley Pigmeo modelo 625 para flujo menos abundante y el molinete Scientific instruments Inc. modelo tipo AA, para flujos más abundantes. Registrándose los datos en la hoja de campo, anotando la fecha, lugar, hora inicio, coordenadas, ancho de aforo, profundidad y número de revoluciones (Anexo III).

Del total de pozos y manantiales, se seleccionó la red de monitoreo de objetos hidrogeológicos, donde los criterios de selección fueron: a) el tipo de uso de la fuente de agua; b) el número de familias que abastece y c) su ubicación en la microcuenca con respecto a las características geológicas, hidrogeológicas y el diseño del pozo. Se priorizaron las fuentes de agua que se utilizan para consumo humano. Esta red estuvo compuesta por 30 pozos (29 pozos excavados y un pozo perforado; Mapa 9). El monitoreo de esta red, se realizó en el mismo periodo de medición de caudales en el río (junio, agosto y octubre 2013; febrero y marzo 2014) (Foto 10).

Para la medición del nivel estático del agua en pozos, se utilizó la sonda Solinst de 100 metros; y para la medición de caudal en manantiales se utilizaron baldes de 20 litros, beaker de 5000 ml y beaker de 2000 ml, registrándose los datos en hojas de campo correspondientes.

Se realizaron 5 campañas de monitoreo distribuidas en época lluviosa 2013 (junio, agosto y octubre) y en época seca 2014 (febrero y marzo) en 29 pozos excavados

(PE) (Foto 10) y 1 pozo perforado (PP) En el Anexo IV, se detalla cada uno de los pozos monitoreados.

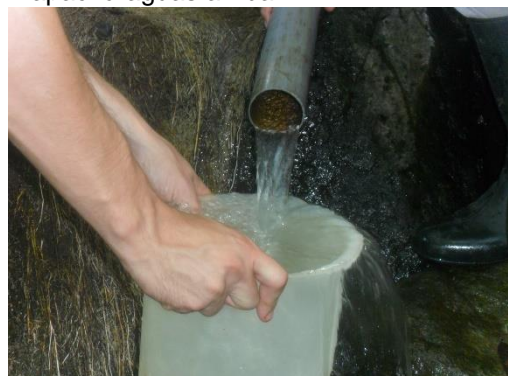
Se realizaron mediciones de caudales a 21 manantiales (Fotos 11 y 12) en época lluviosa 2013 (agosto y octubre) y época seca 2014 (febrero y marzo), los cuales se detallan completamente en el Anexo V.



**Foto 9.** Medición de caudal en río Mapachá aguas arriba.



**Foto 10.** Medición de nivel en pozos en la comunidad Mapachá.



**Foto 11.** Aforo manantial en la comunidad El Aguacate(MN-13).



**Foto 12.** Aforo de manantial en la comunidad La Pita (MN-3).

### 3.2.5. Pruebas de infiltración

Para determinar la recarga a los acuíferos se realizaron 10 pruebas de infiltración por el Método de Müntz (de doble cilindro). Los sitios para la prueba de infiltración fueron distribuidos en toda la microcuenca de acuerdo al tipo de suelo, realizándose nueve pruebas en el tipo molisol y una prueba en el tipo alfisol. Las pruebas se realizaron en el mes de febrero de 2014. En la Tabla 8, Fotos 13 y 14, se puede

observar la técnica utilizada y la selección de los tipos de suelos. También se determinó la textura del suelo con una prueba rápida de campo. Se observó el contorno del área de la prueba para tener una visión de la actividad predominante en la zona (pastizales y cultivos anuales).



**Foto 11** Pruebas de infiltración en la comunidad Las Lajas.



**Foto 12.**Prueba de infiltración en la parte SO de la caldera comunidad Los Bajos.

**Tabla 8.** Pruebas de infiltración en la microcuenca Mapachá.

IDEN	Fecha	Ubicación	E	N	Elev msnm
1	10/02/2014	La Uva	638811	138834	268
2	10/02/2014	Las Lajas	638347	1362064	324
3	11/02/2013	La Pita	638849	1363030	427
4	11/02/2013	El Aguacate	640509	1361366	357
5	12/02/2014	Las Guabas	636055	1361539	336
6	12/02/2014	Los Bajos	636662	1359195	272
7	13/02/2014	Río Las Lajas	640814	1358462	232
8	13/02/2014	El Tigre	642063	1356802	170
9	14/02/2014	Mapachá	644076	1355189	126
10	14/02/2014	San Antonio	645153	1353566	89

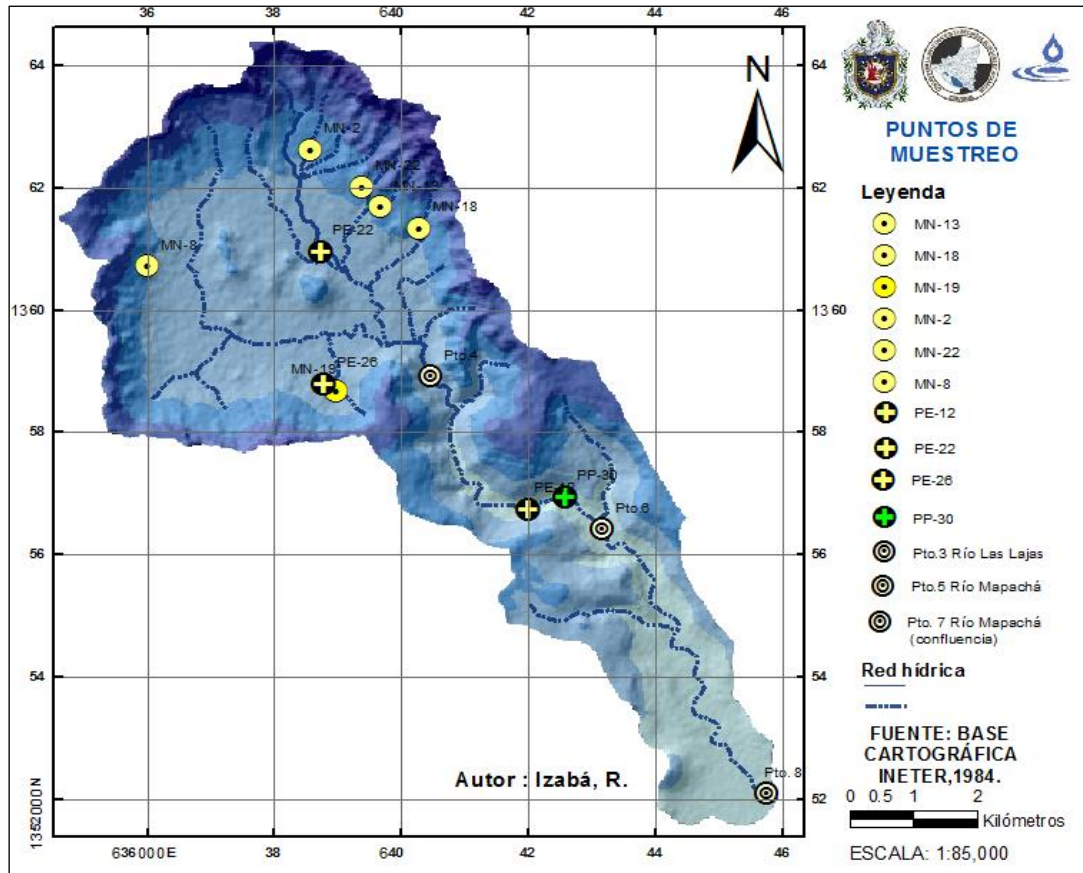
Los resultados de las pruebas fueron utilizados para el cálculo del balance hídrico de suelo (BHS).

### 3.2.6. Campañas de muestreo en aguas superficiales y subterráneas

En un año hidrológico, se desarrollaron dos campañas de muestreo: a principios de noviembre 2013 (nov-13), correspondiente a la época lluviosa; y en marzo 2014 (mar- 14), correspondiente a la época seca. En cada una de las campañas de

muestreo, se tomaron muestras de agua en los sitios previamente seleccionados en los ríos y en la red de monitoreo de objetos hidrogeológicos (pozos y manantiales). A estas muestras de agua se les realizaron análisis fisicoquímico completo, boro, microbiológico, plaguicidas organofosforados, organoclorados y piretroides (solamente en el muestreo de época lluviosa (noviembre 2013)), metales pesados, nutrientes en aguas superficiales, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>); estos tres últimos en aguas superficiales (Tabla 9). Paralelamente al muestreo se realizaron mediciones de algunos parámetros *in situ* (pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, y potencial REDOX; (Anexo VI). Esta actividad se realizó siguiendo los Procedimientos Operativos del Aseguramiento y Control de la Calidad del CIRA/UNAN (PROC): Procedimientos para la colecta, preservación, almacenamiento y transporte de muestras, disponibles en los laboratorios correspondientes de la Institución; formato de Campo (FOR-CIRA-ATACC-27) y formato de custodia (FOR-CIRA-ATACC-28).

Los puntos de muestreo se seleccionaron de acuerdo a los objetos hidrológicos e hidrogeológicos inventariados (Mapa 11). Para el análisis de arsénico y plomo en el muestreo de nov-13 (época lluviosa) se eligieron dos pozos excavados, un pozo perforado y tres manantiales. Después de obtener los resultados de plomo y arsénico del primer muestreo (analizado no detectado), para el muestreo de mar-14, se decidió solamente realizar el análisis para arsénico, incluyéndose tres manantiales y un pozo excavado. La metodología empleada para la determinación de cada parámetro analizado se presenta en el Anexo VII.



Mapa 11. Puntos de muestreo época lluviosa (nov-13) y época seca (mar-14).



**Tabla 9.** Parámetros analizados en la época lluviosa (nov-13) y época seca (mar-14) en la microcuenca del Río Mapachá.

Parámetros	Agua superficial		Agua subterránea		Puntos de muestreo
	Época Lluviosa (nov-13)	Época seca (mar-14)	Época Lluviosa (nov-13)	Época seca (mar-14)	
Físico-químico completo y Boro	X	X	X	X	MN-2, MN-8, MN-13, MN-18, MN-19, MN-22; PE-12, PE-22, PE-26, PP-30, Pto.3, el Pto. 5 y el Pto. 7.
<b>Metales pesados</b>					
Arsénico			X	X	Época lluviosa (MN-8, MN-19, MN-22, PE-12, PE-22), época seca (MN-2, MN-8, MN-13, MN-18, MN-19, PE-12, PE-22, PE-26, PP-30)
Plomo			X		MN-8, MN-19, MN-22, PE-12, PE-22
Plaguicidas organofosforados, organoclorados y piretroides			X		PE-22, PE-26, MN-8, MN-22, MN-19, PP-30, MN-18, MN-2
Nutrientes: fósforo total (PT), nitrógeno total (NT)	X	X			Pto.3, el Pto. 5, Pto. 7. En época seca en río solamente Pto.3 (El único punto donde había corriente en época seca)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	X	X			Pto.3, el Pto. 5, Pto. 7.
Demanda química de oxígeno (DQO)	X	X			En época seca en el Pto.3 (El único punto donde había corriente en época seca).
Microbiológico (Coliformes totales, Coliformes Termotolerantes, E. Coli y enterococos)			X	X	MN-2, MN-8, MN-13, MN-18, MN-19, MN-22 ; PE-12, PE-22, PE-26, PP-30

MN: manantial; PE: Pozo Excavado; PP: Pozo perforado; Pto.3: Río Las Lajas; Pto.5. Río Mapachá Centro; Pto.7. Río Mapachá (100 m confluencia).

### 3.3. Procesamiento de la información

#### 3.3.1. Procesamiento de encuestas

Las encuestas socio-ambientales, se enumeraron, codificaron e ingresaron en el programa estadístico SPSS versión 19. A partir de la base de datos generada por el programa, la información se presenta en tablas y gráficos para su posterior interpretación.

#### 3.3.2. Selección de datos meteorológicos

##### 3.3.2.1. Precipitación

Los datos de precipitación se obtuvieron a través de la base de datos meteorológica de INETER (Anexo VIII). Se seleccionaron 5 estaciones pluviométricas distribuidas en torno a la microcuenca (Tabla 10), con la serie de datos de precipitación para el periodo comprendido de 1995 al 2011; con excepción de la estación de El Cascabel que tiene una serie de registros de 1995 a 2009.

**Tabla 10.** Datos de precipitaciones promedio mensuales (mm), periodo 1995-2011.

Meses	San Lorenzo	Las Canoas	Teustepe	El Cascabel*	Tecolostote
Enero	8,77	2,50	2,11	12,51	4,19
Febrero	5,69	0,00	0,96	3,61	2,03
Marzo	6,40	0,79	2,00	2,34	7,24
Abril	15,86	10,69	15,45	11,56	27,04
Mayo	136,31	159,42	149,98	103,25	163,99
Junio	184,51	172,02	168,83	207,19	289,13
Julio	142,78	123,34	133,16	197,27	250,87
Agosto	173,64	138,17	193,09	214,65	292,26
Septiembre	221,49	242,20	203,89	233,88	405,24
Octubre	215,44	265,46	213,03	270,93	344,79
Noviembre	63,28	53,62	50,32	68,12	96,12
Diciembre	8,16	0,24	3,96	16,86	8,68
<b>Suma</b>	<b>1182,32</b>	<b>1168,46</b>	<b>1136,78</b>	<b>1342,16</b>	<b>1891,58</b>

Fuente: INETER. \* El Cascabel serie de años 1995-2009.

Se realizó el análisis de estadística descriptiva con el fin de observar la distribución de los datos de las estaciones que se encuentran dentro del comportamiento del rango nacional en la zona de estudio que oscilan entre 1000-1400 mm (INETER,

2005), llegando a la conclusión que son datos aceptables ya que el mínimo y el máximo se encuentran dentro de este rango. En la Tabla 11, se presentan los resultados del análisis estadístico.

Tabla 11. Estadística descriptiva de datos de precipitación media anual estaciones seleccionadas.

Parámetros estadísticos		Precipitación media anual estaciones seleccionadas (mm)
Media		1204,35
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	1069,58
	Límite superior	1339,12
Mediana		1176,36
Varianza		7173,04
Desviación estándar		84,69
<b>Mínimo</b>		<b>1136,78</b>
<b>Máximo</b>		<b>1327,89</b>

A partir de los datos pluviométricos se realizó el mapa de isoyetas para determinar el comportamiento espacial de las precipitaciones.

### 3.3.2.2. Temperatura

La estación Boaco es la más cercana al área de estudio, en donde se cuenta con el registro de los datos de temperatura para el periodo de 1971-1986; seguida de la estación Juigalpa, con un registro completo de datos para el periodo de 1971-2011. Se realizó una comparación del comportamiento de la temperatura media entre los registros de la estación de Boaco y la de Juigalpa para el periodo registrado en ambas (Gráfico 1), concluyendo que éstas presentan un comportamiento semejante a pesar que la estación Boaco solamente tiene registros hasta 1986; por lo tanto, se seleccionó la estación Juigalpa por presentar datos más completos y recientes, como temperatura media representativa de la zona de estudio.

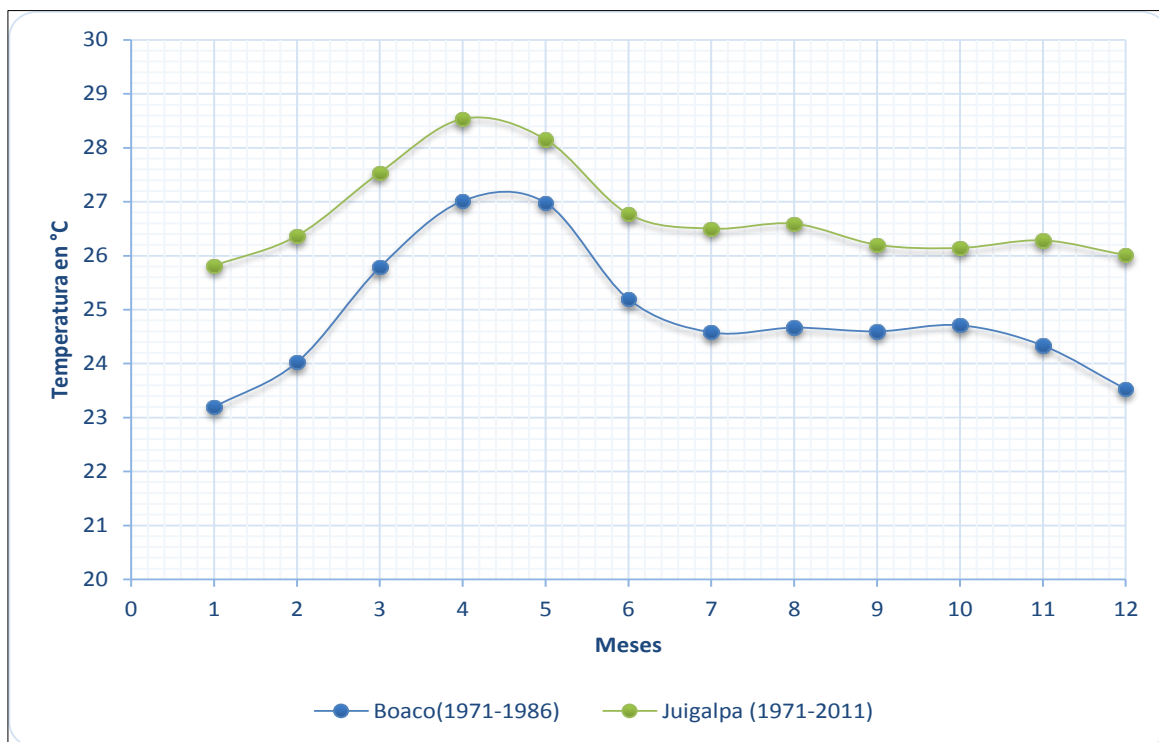


Gráfico 1 Distribución anual de la temperatura en las estaciones Boaco y Juigalpa.

### 3.3.3. Metodología para la determinación de caudales (Q) en ríos

Para la determinación de caudales (Q), se necesita conocer la velocidad a la cual transita la corriente de agua por una sección transversal del río. La velocidad de la corriente se calcula utilizando las ecuaciones de los molinetes (instrumentos) utilizados para tal fin. Así, los instrumentos utilizados y sus ecuaciones se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Ecuación de velocidad en m/s de los molinetes utilizados.

Molinete	Ecuación de velocidad (m/s) del Molinete
Gurley Pigmeo modelo 625	$v = (0.2927 * n + 0.0095)$ (Ecuación 2)
Scientific Instruments Inc. modelo tipo AA	$v = (n * 2.2048 + 0.0178 * 0.0348)$ (Ecuación 3)

Después se calcula el caudal (Q), utilizando la Ley de Darcy (Ecuación 4).

$$Q = v * A \text{ (Ecuación 4)}$$

Donde:

**v**: velocidad de la corriente (m.s<sup>-1</sup>)

**A**: área de la sección transversal (m<sup>2</sup>).

El área de la sección transversal (A), se calcula utilizando la Ecuación 5.

$$A = b * h \text{ (Ecuación 5)}$$

Donde:

**b**: es el ancho (m).

**h**: es la altura (m).

La sección transversal (ancho del aforo) es medida y posteriormente se divide en partes exactamente iguales (fracciones). En cada fracción se mide la altura de la columna de agua y la velocidad a un porcentaje (%) de esta altura. Los datos de campo se introducen en una hoja de Excel para determinar los caudales.

### 3.3.4. Metodología para determinar el Balance Hídrico Superficial

La determinación del balance hídrico superficial se basa en el principio de conservación de masa (Ecuación 6):

$$P - Q_{ssup} - ETR - Q_{ssub} - \Delta S = 0 \text{ (Ecuación 6)}$$

Donde:

P. Precipitación en mm

Q<sub>ssup</sub>: caudal de salida superficial o esorrentía en mm

ETR: Evapotranspiración real en mm

Q<sub>ssub</sub>: Caudal de salida subterránea o recarga (mm)

ΔS: Variación en el almacenamiento mm

Para estimar los datos de Evapotranspiración real (ETR) se determinó la Evapotranspiración Potencial (ETP) a través del método de Hargreaves simplificado (Ecuación 7).

$$ETP = 0,0023(t_{med} + 17,78)RO * (t_{max} - t_{min}) + 0,5 \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración Potencial (mm).

$t_{med}$ : temperatura media (°C).

$t_{max}$ : temperatura máxima (°C).

$t_{min}$ : temperatura mínima (°C).

RO: radiación extraterrestre en (mes.m<sup>-2</sup>. día<sup>-1</sup>).

A partir de los datos de la ETP, se determinaron los valores de ETR y ESC en el balance hídrico de suelo de Schosinsky G. (2006).

Para la determinación de la infiltración efectiva se utilizó el método propuesto por Schosinsky & Losilla, 2000, utilizando la Ecuación 8.

$$I = 1 - K_i * C * P \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

I: Infiltración (mm/día).

C: Coeficiente de Infiltración

K<sub>i</sub>: fracción interceptada por el follaje

En la ecuación 9 se presenta los parámetros equivalentes a C:

$$C = K_p + K_v + K_{fc} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

K<sub>p</sub>: Factor por efecto de la pendiente

$K_v$ : fracción que infiltra por cobertura vegetal

$k_{fc}$ : Factor que infiltra por textura del suelo

Por lo tanto, si sustituimos el valor de C la ecuación 8 se convierte en la ecuación 10:

$$I = 0,88 * C * P \text{ (Ecuación 10)}$$

Donde:

C: Coeficiente de infiltración

P: Precipitación.

### **3.3.5. Metodología para determinar la recarga potencial (Rp)**

A partir de los resultados del balance hídrico de suelo método propuesto por Schosinsky G. (2006) se obtuvo la recarga potencial de aguas subterráneas. Los principales componentes del balance hídrico de suelo son: Precipitación media del sector (P), coeficiente de infiltración (Cf), precipitación que infiltra (I), precipitación que escurre (Esc), evapotranspiración potencial (ETP), humedad de suelo inicial (HSi), agua disponible (AgD), humedad de suelo final (HSf), déficit de capacidad de campo (DCC); recarga potencial al acuífero (Rp); evapotranspiración real (ETR).

### **3.3.6. Metodología para determinar piezometria**

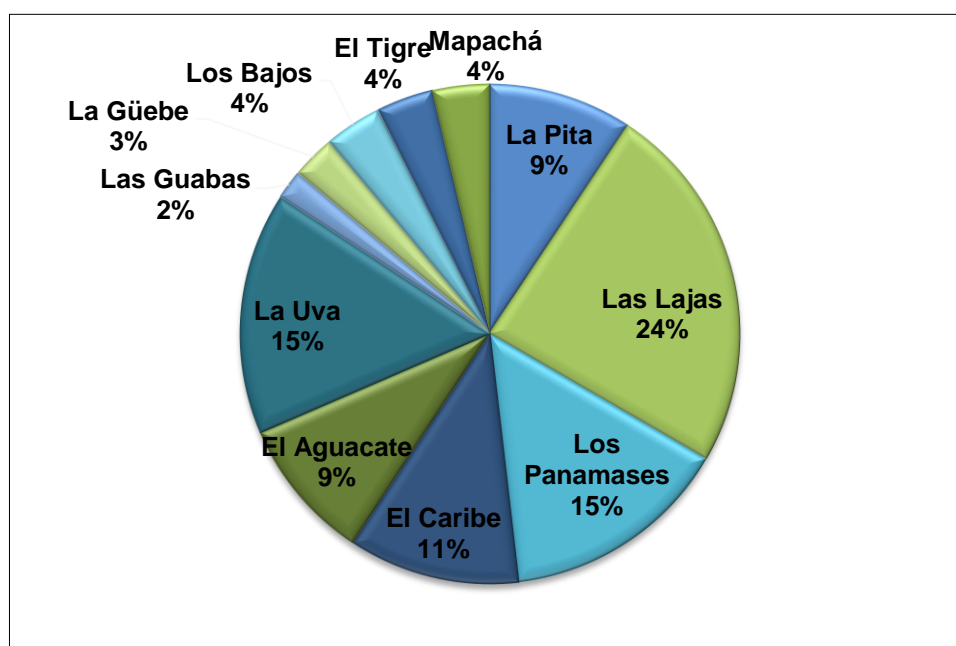
A partir de los datos obtenidos de la medición de los niveles estáticos de agua (NEA) en los pozos, posteriormente se calcularon los niveles piezométricos, a partir de los cuales se realizó el mapa piezométrico (Mapa 16) aplicando el software ArcGIS 10.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Condiciones Socio-ambientales

#### 4.1.1. Población

La población encuestada representa una muestra de 108 viviendas distribuidas en las 11 comunidades. El mayor porcentaje de la población se concentra en la parte alta de la microcuenca, distribuidos en las comunidades de: Las Lajas (24%); Los Panamases y La Uva (15%, respectivamente); El Caribe (11%); El Aguacate y La Pita (9%, respectivamente); Los Bajos (4%); La Güebe (3%) y Las Guabas (2%). En la parte baja se concentra el 8% de la población distribuida en las comunidades de El Tigre y Mapachá (Gráfico 2).

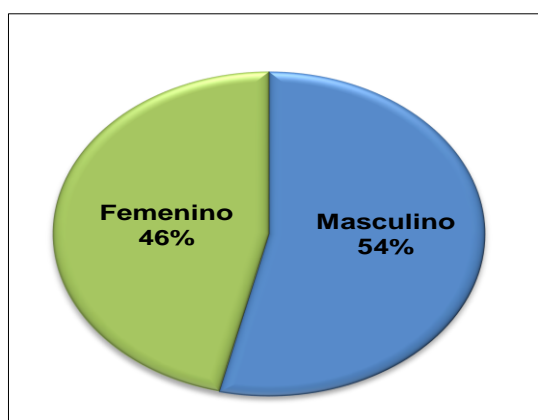


**Gráfico 2.** Distribución porcentual de la población por comunidad.

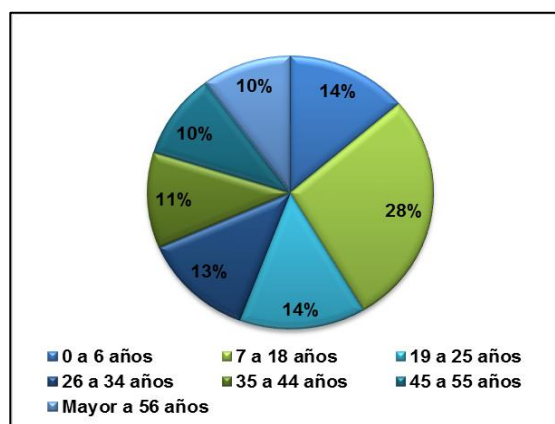


#### 4.1.2 Características generales de la población

Las características generales de la población se han agrupado conforme el sexo, edad, escolaridad y ocupación (Gráficos 3, 4, 5 y 6). De acuerdo a la distribución por género, el 54% son hombres y 46% mujeres. El mayor porcentaje se encuentra en edades entre 0 y 34 años (68%), dentro de este el grupo, el más representativo es el de 7 a 18 años (28%); el grupo entre 35 años a más constituye el 32% restante, lo que corresponde a una población relativamente joven. El 61% de la población tiene un nivel escolar de primaria aprobada; el 12% aprobó la secundaria y un 5% en edad preescolar. Hay un 22% de la población que no estudió o que aún no se encuentra en edad escolar (menores de 3 años).



**Gráfico 3.** Distribución del género.



**Gráfico 4.** Clasificación de la población por grupo de edad.

La principal ocupación de la población es la agricultura con el 32%. A nivel de municipio la agricultura es la actividad económica más importante en el área rural, representa la principal fuente de ingreso para el 47% de las familias (Mendieta, 2010). Los estudiantes representan la segunda actividad económica con un 30% y las amas de casa representan la tercera actividad económica con un 24%. El restante 14% incluyen otras actividades como maestros de educación primaria, carpinteros y albañiles.

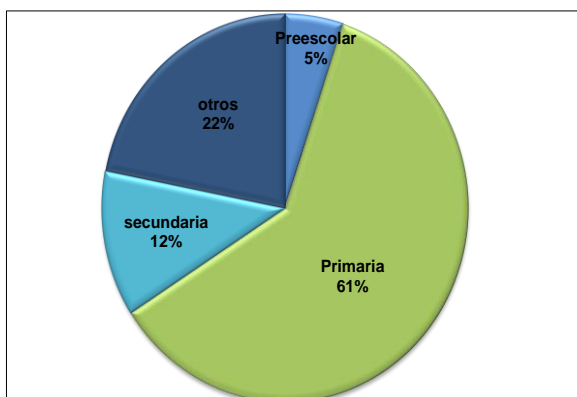


Gráfico 5. Nivel escolar en el cuadro familiar.

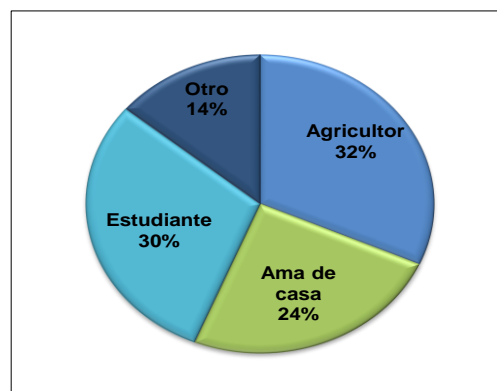


Gráfico 6. Ocupación en el cuadro familiar.

#### 4.1.3. Acceso a la vivienda

En el Gráfico 7, se presenta el acceso a la vivienda en la microcuenca del Río Mapachá. El 97% de las viviendas son propias, y solamente para un 3% la vivienda es prestada; generalmente por un familiar.

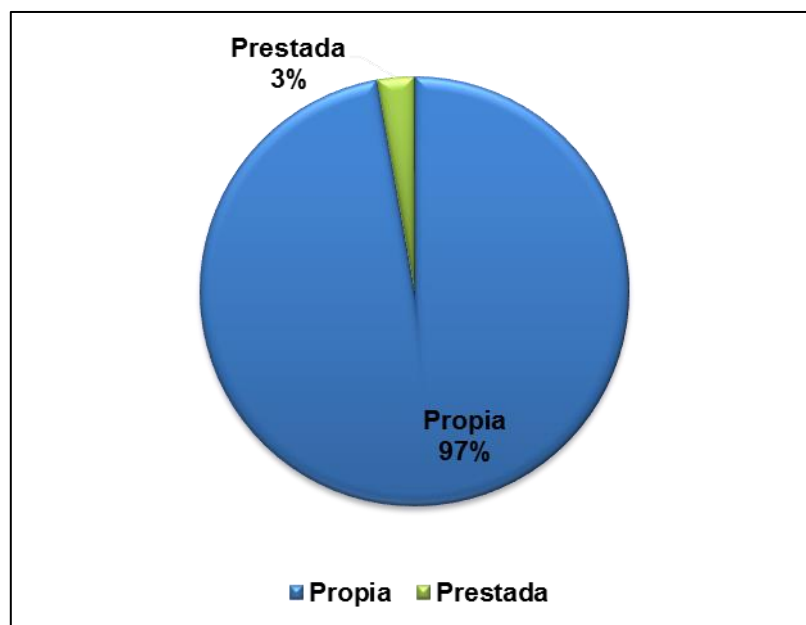


Gráfico 7. Acceso a vivienda en la Microcuenca del Río Mapachá.

#### 4.1.4 Actividad productiva

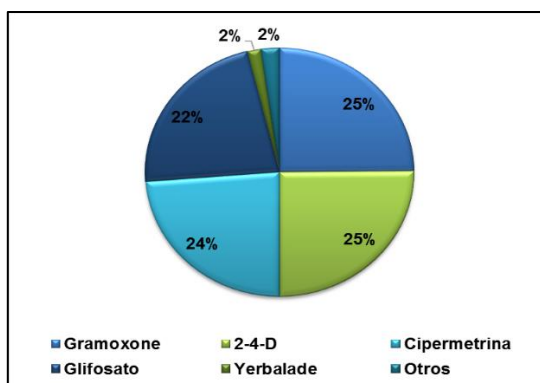
##### 4.1.4.1. Actividad agrícola

En la microcuenca del Río Mapachá, únicamente el 7% (2036 mz) del área para uso agrícola del municipio (27588,11 mz), se utiliza para los principales cultivos (frijol, maíz y sorgo), los cuales se destinan para autoconsumo (INIDE & MAGFOR, 2013). El promedio de área sembrada por familia es de 1 a 2 mz (Tabla 13).

**Tabla 13.** Principales cultivos, área y rendimiento promedio.

Cultivo	Área cultivada (mz)	Rendimientos (qq/mz)
Frijol	750	15
Maíz	534	12
Sorgo	750	21
<b>TOTAL</b>	<b>2 036</b>	

En el Gráfico 8, se presentan los agroquímicos en términos porcentuales de la frecuencia de su utilización en la microcuenca del Río Mapachá. La cantidad de aplicación promedio es de 2 l.mz<sup>-1</sup> por cosecha de gramoxone y de 2,4-D respectivamente. La cantidad promedio de cipermetrina que aplican es de 1 l.mz<sup>-1</sup> por cosecha. La frecuencia de aplicación, es de una vez por cosecha para el gramoxone y 2,4-D; y 2 veces por cosecha para la cipermetrina, dependiendo de la incidencia de plagas.



**Gráfico 8.** Agroquímicos más utilizados en la microcuenca Mapachá.

#### 4.1.4.2. Actividad ganadera

En la Tabla 14, se presenta el tipo de ganado, cantidad, área y volumen de agua anual utilizado para breva del ganado. La demanda de uso del agua para el ganado es de 33 753 355 l. año<sup>-1</sup> (0,03375 MMCA). El mayor volumen de agua lo consume el ganado vacuno, seguido del equino; ambos simbolizan mayor importancia a la economía familiar; especialmente en lo referente a la posesión de animales de carga y de transporte, ya que para la mayoría de las comunidades es el único medio del cual disponen para trasladarse, debido a la falta de disponibilidad de caminos.

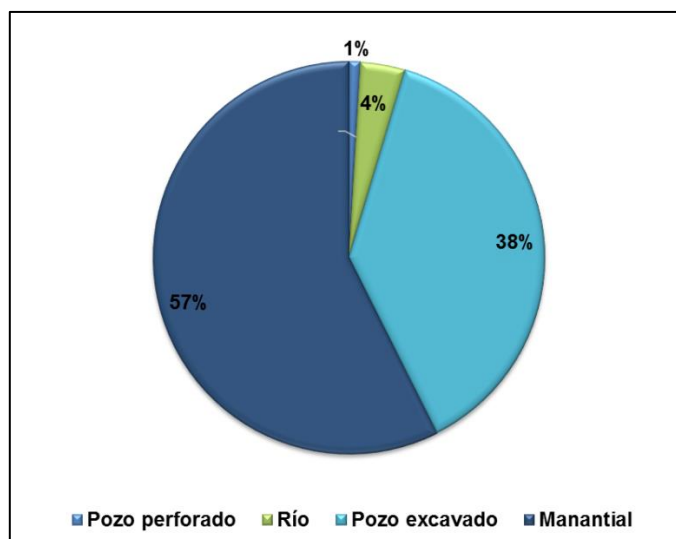
**Tabla 14.** Actividad ganadera en la microcuenca Mapachá.

Tipo de ganado	Cabezas de ganado	Área total (mz)	Volumen de agua Total (l/año)
Vacuno	4 916	3 116	16 466 063
Porcino	799	366	5 119 125
Avícola	4 890	94	2 244 750
Equino	758	2 406	9 923 438
<b>Total</b>	<b>11 363</b>	<b>5 983</b>	<b>33 753 375</b>

El área utilizada para el ganado en la microcuenca es de 5983 mz que representa al 22% del área del municipio destinado para ganadería (26597,42 mz) (INIDE & MAGFOR, 2013).

#### 4.1.5 Agua, Saneamiento y enfermedades asociadas

En la microcuenca del Río Mapachá, el 57% de la población se abastece de manantiales, seguido de un 38% que se abastece de pozos excavados; solamente dos viviendas se abastecen de un pozo perforado que corresponde al 1%, y un 4% se abastece de los ríos (Gráfico 9).



**Gráfico 9.** Fuentes de abastecimiento de agua de uso actual.

Del 57% de la población que se abastece de manantiales, el 35% se ubica en las comunidades de Las Lajas y El Caribe. Estas comunidades son las únicas que se abastecen de un miniacueducto por gravedad (MAG) con conexión a través de tubería hasta el patio de las casas; mejorando así la calidad de vida en las familias, ya que no tienen que trasladarse para obtener el vital líquido. El MAG que abastece a la comunidad de Las Lajas, es alimentado de un manantial ubicado al NO, en la comunidad La Pita. El MAG de la comunidad El Caribe es alimentado por un manantial ubicado NO en la comunidad El Aguacate.

El 38% de la población que se abastece de pozos excavados, en su gran mayoría realizan la extracción a través de bomba de mecate; aunque se observó, un pozo con una bomba centrífuga con capacidad de 6 HP en la comunidad de Los Bajos. Los pozos excavados (Mapa 14) generalmente se encuentran ubicados en la parte alta de la microcuenca (en la caldera), en las comunidades: Los Panamases, La Uva, Los Bajos, La Güebe, Las Guabas; y en la parte baja de la microcuenca en las comunidades El Tigre y Mapachá. Hay que destacar que en la comunidad Los

Panamases (centro de la caldera) se encontró un pozo comunal que abastece a 30 viviendas.

El 1% de la población- (que equivale a dos viviendas y aproximadamente 10 personas), - es abastecida por un pozo perforado, ubicado en la comunidad Mapachá; su extracción es a través de una bomba de mecate. Este pozo su principal función es abastecer al ganado de la finca donde está ubicado.

En el caso del suministro de río (4%), lo practican pobladores cercanos aguas arriba en el río Las Lajas -en época seca solamente está parte del río tiene agua-. El abastecimiento es a través de pozos de infiltración que hacen a la orilla del río sin protección alguna; por lo cual están expuestos a la contaminación derivada de las heces y orina del ganado vacuno y de las actividades domésticas realizadas en los mismos. Hay que destacar que esta fuente de abastecimiento solamente la utilizan en época seca. En época lluviosa se abastecen del pozo más cercano, ubicado en la comunidad El Tigre-.

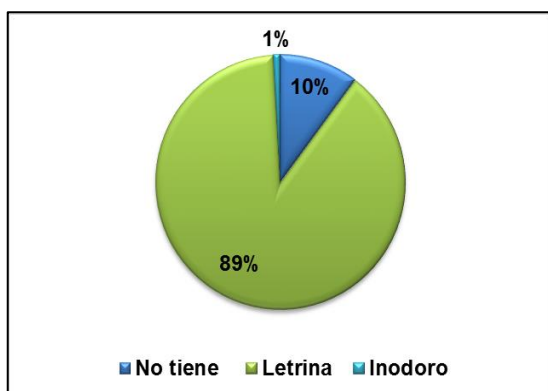
De acuerdo con los resultados de la encuesta, en la microcuenca Mapachá el volumen total de agua subterránea y superficial utilizado para consumo humano en la época lluviosa es de 0,1648 MMCA (16, 486,594 l/época) y 0,1919 MMCA (19, 196,719 l/época) en época seca. Hay que destacar que el volumen de agua descrito anteriormente es con fines exclusivos de cocinar, beber, bañarse y aseo del hogar (Gráfico 10), no está incluida lavandería, ya que esta actividad la efectúan a orillas del río (en el caso de los ríos que tienen agua todo el año), o en el manantial más cercano a la vivienda. Se puede observar que, durante la época seca utilizan más agua, debido al riego en los patios de las viviendas para evitar la penetración de polvo dentro de la casa y por un incremento en la ingesta debido al aumento del calor.

El volumen promedio de agua por vivienda al año es de 95 160 l. años<sup>-1</sup>(0,000095 MMCA.anual<sup>-1</sup>. vivienda<sup>-1</sup>). En la microcuenca habitan 5 personas promedio por vivienda; por lo tanto, el volumen promedio anual por personas es de 260,71 l. año<sup>-1</sup>

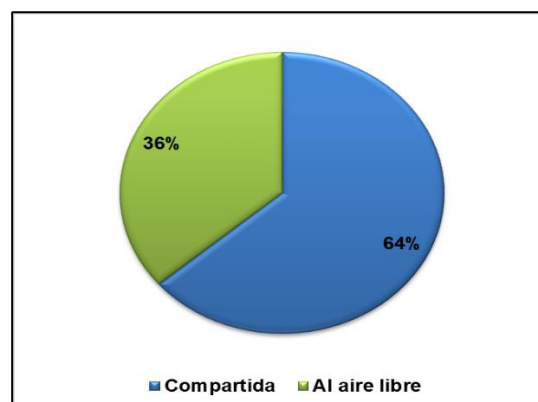
<sup>1</sup>. persona<sup>-1</sup> que equivalen a 52,14 l. persona<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>. De acuerdo con la OMS, en la publicación “Domestic Water Quantity, Service level and Health”, para que las personas tengan una buena calidad de vida, se necesitan entre 50-100 l. día<sup>-1</sup>. persona<sup>-1</sup>; por lo que el consumo de agua en la microcuenca, se encuentra dentro del límite inferior del rango sugerido (OMS, 2003).

Las comunidades asumen una frecuencia de limpieza y mantenimiento de los pozos y manantiales, de una a dos veces por año, por lo general antes de que inicie el invierno.

Con relación al saneamiento, en los Gráficos 10 y 11, se presenta el tipo de servicio sanitario que poseen las familias entrevistadas. El 89% de las viviendas poseen letrinas; el 10% no dispone de servicio sanitario y solamente el 1% tiene inodoro.



**Gráfico 10.** Tipo de servicio sanitario empleados por las familias de la microcuenca del Río Mapachá.

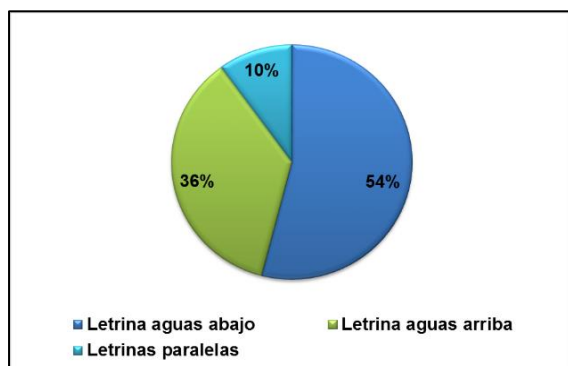


**Gráfico 11.** Porcentaje de familias sin servicio sanitario.

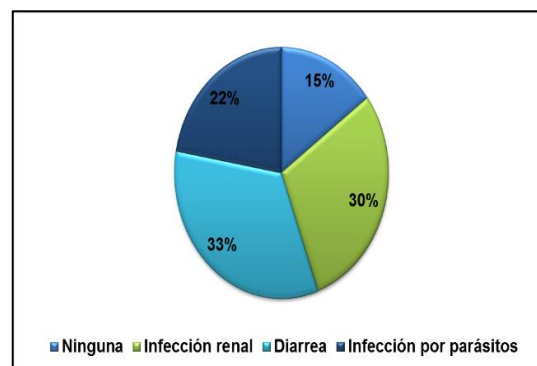
Del 10% de las familias que no tiene letrina, el 64% utilizan la letrina compartida y el 36% practican el fecalismo al aire libre. La práctica del fecalismo al aire libre, acarrea riesgos para el medio ambiente y la salud de la población en las comunidades (ONU, 2013).

En el Gráfico 12, se representan la ubicación de la letrina con relación a las fuentes de agua, el 54 % de los encuestados reflejan que las letrinas se encuentran

ubicadas aguas abajo; el 36 % se encuentran ubicadas aguas arriba y un 10% expresó que la letrina se ubican paralelas a la fuente agua.



**Gráfico 12.** Ubicación de las letrinas con respecto a los pozos y manantiales.



**Gráfico 13.** Enfermedades relacionadas con el agua.

Con relación a las enfermedades asociadas con el agua; la diarrea y los parásitos intestinales son las que más incurren en la población de la microcuenca del Río Mapachá, la infección renal ocurre con menor incidencia (Gráfico 13). En el Municipio de San Lorenzo las enfermedades que afectan más a la población rural son la diarrea, gripe y malaria (Mendieta, 2010). La diarrea es el principal síntoma de gran parte de las enfermedades transmitidas por agua contaminada y representa el 21% de la mortalidad en niños menores de 5 años en los países en vía de desarrollo (OPS, 2006). La predominancia de esta enfermedad se encuentra ligada a las prácticas inadecuadas de saneamiento, higiene y gestión del agua (UNESCO, 2006).

Y finalmente, con correspondencia a los desechos sólidos, en el Gráfico 14, se presentan las formas de manejar los desechos sólidos en la microcuenca del Río Mapachá. El 56% de los entrevistados practica la quema y el 28% botan la basura en predios baldíos. La quema de la basura, representa el 64% del manejo de los desechos sólidos del municipio (Mendieta, 2010). Ambas actividades, son fuentes puntuales de contaminación del medio ambiente en general, y del agua en particular.



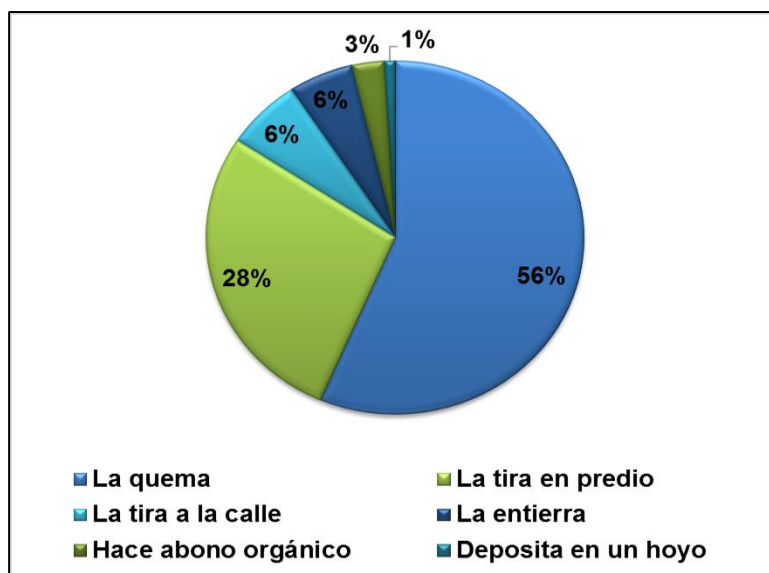
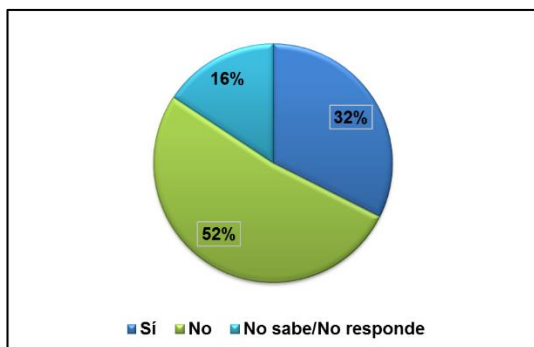


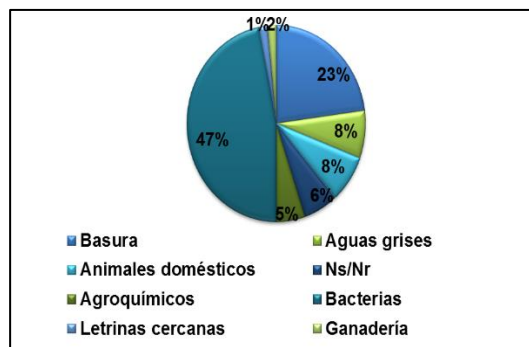
Gráfico 14. Prácticas de manejo de los desechos sólidos.

#### 4.1.6. Contaminación de las fuentes de agua

Los habitantes encuestados comunican que su percepción de que la contaminación de las fuentes de agua está ligada a las principales actividades antropogénicas ejecutadas en la microcuenca. En el Gráfico 16, se presentan las respuestas de los encuestados cuando se les preguntó, si sabían que las fuentes de agua están contaminadas. Así, el 52% de los entrevistados no conoce si las fuentes están contaminadas; pero un 32% dijo que sí conoce que las fuentes de agua están contaminadas; un 16% no respondió a la pregunta (Gráfico 15), señalando como principal fuente de contaminación a la basura (40%); seguido por animales domésticos y aguas grises (14% respectivamente). El 21% de la contaminación está asociada (de acuerdo con los entrevistados), con los agroquímicos, las letrinas, la ganadería y bacterias (Gráfico 16).



**Gráfico 15.** Porcentaje de entrevistado que conoce si las fuentes de agua están contaminadas.



**Gráfico 16.** Fuentes de contaminación de las aguas en la microcuenca Mapachá.

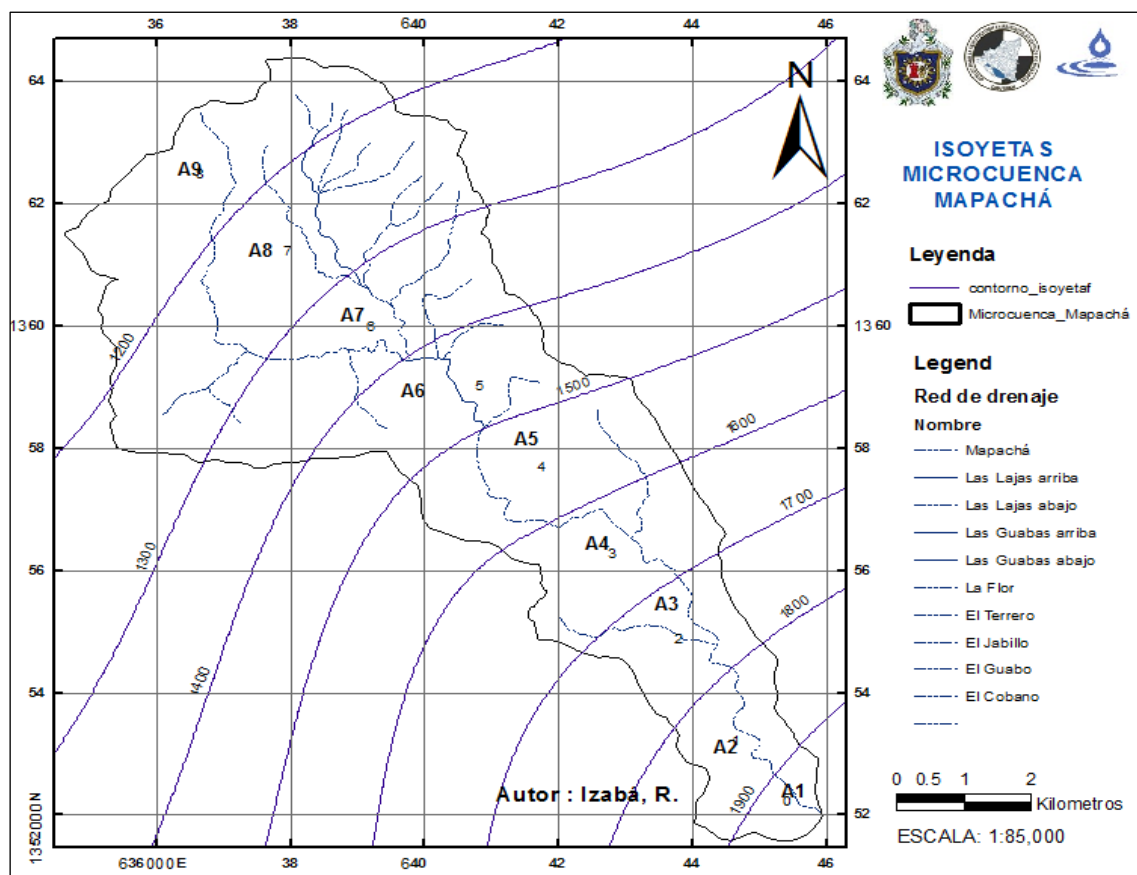
Del 32% que sí conoce que están contaminadas, señalan que la principal fuente de contaminación es la basura con el 41%; seguido por animales domésticos y aguas grises con el 14% respectivamente. Los entrevistados expresaron que los agroquímicos, las letrinas, la ganadería y bacterias representan el 21% de la contaminación en las fuentes de agua, el 11% restante no respondió a la pregunta (Gráfico 16). Esta percepción está ligada a las principales actividades antropogénicas ejecutadas en la microcuenca.

## 4.2 Aguas superficiales: Balance Hídrico Superficial

Para facilitar la determinación del balance hídrico superficial se dividió la microcuenca Mapachá en dos zonas: parte alta-media y parte media-baja. La ecuación del balance hídrico superficial se basa en el principio que el agua de entrada es menor al agua de salida y esto es igual al cambio en el almacenamiento

### 4.2.1 Precipitación

A partir de los datos de precipitación expresada en la metodología (Tabla 4), se construyó el mapa de isoyetas (Mapa 12), en donde se determinó el comportamiento espacial de la precipitación anual en la microcuenca Mapachá, obteniéndose una precipitación de 1 426,89 mm (Tabla 15).



**Mapa 12:** Distribución de la precipitación espacial de la precipitación anual en la microcuenca del Río Mapachá.

**Tabla 15.** Comportamiento espacial de la precipitación media anual en la microcuenca del Río Mapachá

Código	Área entre isoyeta (A <sub>j</sub> _km <sup>2</sup> )	Valor de precipitación de la isoyeta (P <sub>j</sub> _mm)	Precipitación anual (P_mm)	%
A1	1,16	1950	41,95	3%
A2	3,24	1850	111,65	8%
A3	3,50	1750	114,08	8%
A4	5,25	1650	161,23	11%
A5	6,12	1550	176,56	12%
A6	5,54	1450	149,55	10%
A7	7,85	1350	197,09	14%
A8	12,77	1250	297,01	21%
A9	8,31	1150	177,78	12%
<b>SUMA</b>	<b>53,75</b>		<b>1426,89</b>	<b>100%</b>

#### 4.2.2. Temperatura

En el Gráfico 17, se muestra el comportamiento de la temperatura mensual promedio por un periodo de 19 años (1995-2011) de los registros anuales de la estación Juigalpa del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). La máxima temperatura es el mes de abril con 28,85°C y la mínima en enero con 26,17°C.

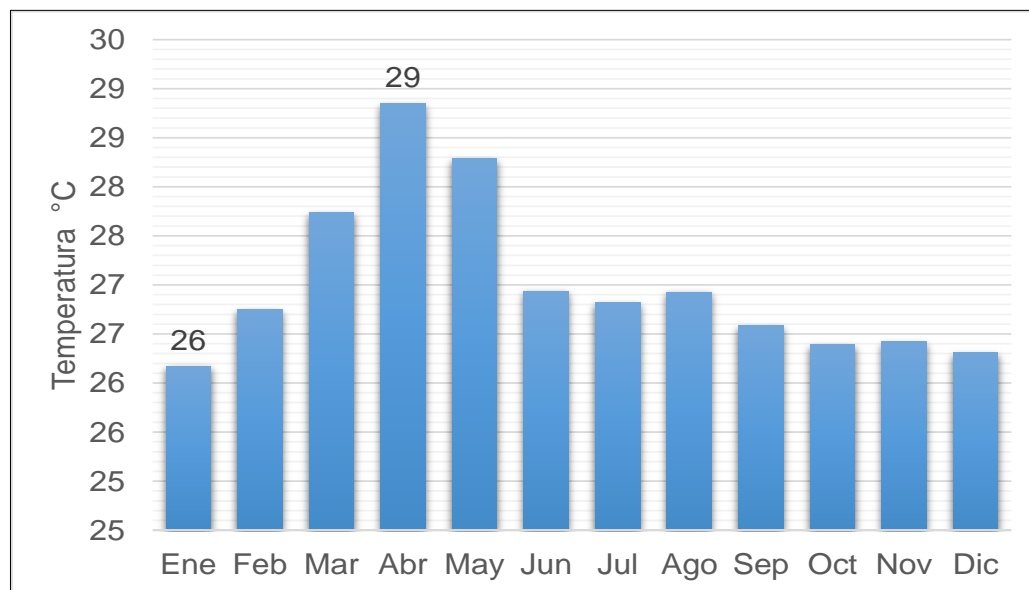
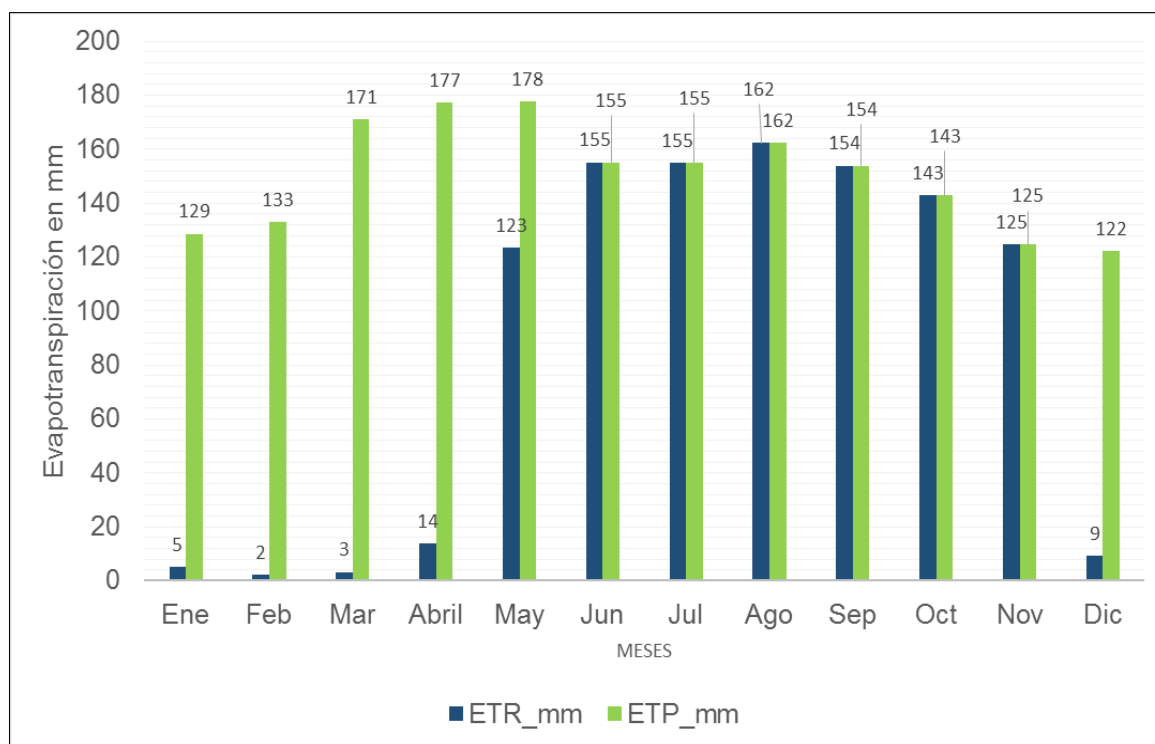


Gráfico 17. Temperatura mensual promedio estación Juigalpa, periodo 1995-2011.

#### 4.2.3. Evapotranspiración Potencial(ETP) y Real(ETR)

En el Gráfico 18, se presentan los datos de evapotranspiración potencial (ETP) y evapotranspiración real (ETR) de la microcuenca Mapachá. La ETP se calculó por el método de Hargreaves a partir de los datos de temperatura de la estación de Juigalpa con una serie de años desde 1995-2011. La evapotranspiración real se estimó en el balance hídrico de suelo por el método de (Schosinsky G. , 2006).



**Gráfico 18.** Comportamiento ETP y ETR en la microcuenca Mapachá.

Los valores máximos de ETR ocurren en la época lluviosa (mayo a octubre), alcanzando su máximo valor de 162 mm en el mes de agosto. En la época seca se observa una disminución a partir del mes de noviembre hasta alcanzar un valor mínimo de 2 mm en el mes de febrero. Por otro lado, el comportamiento de la ETP es inverso a la ETR, hay un aumento de la ETP de 122 a 178 mm en la época seca- de diciembre a mayo-. Los valores de la ETP, calculados constituyen la evapotranspiración en condiciones óptimas de desarrollo vegetal y capacidad de campo permanentemente completa; generalmente, son mayores que la ETR. (Galindo, Otazo, & Reyes, 2010; Custodio & Llamas, 2001).

La variación de la ETP es congruente con el cambio de la temperatura (Gráfico 19), tomando en cuenta que su cálculo depende de la radiación solar y la temperatura, esto quiere decir, que a mayor temperatura induce a una mayor ETP (Galindo, Otazo, & Reyes, 2010) (Galindo *et al.*, 2010), en cambio el valor de la ETR es proporcionada a la precipitación (Gráfico 20) ya que la ETR, es la que se produce

de acuerdo a las condiciones existentes, o sea, a la cantidad de agua que realmente regresa a la atmósfera (Custodio & Llamas, 2001; Sánchez, 2006).

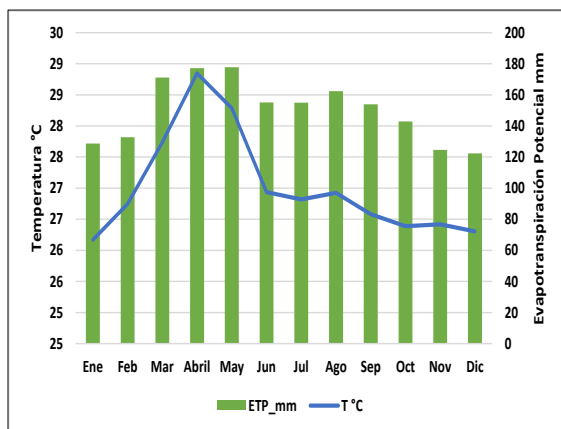


Gráfico 19. Comportamiento de la ETP y T

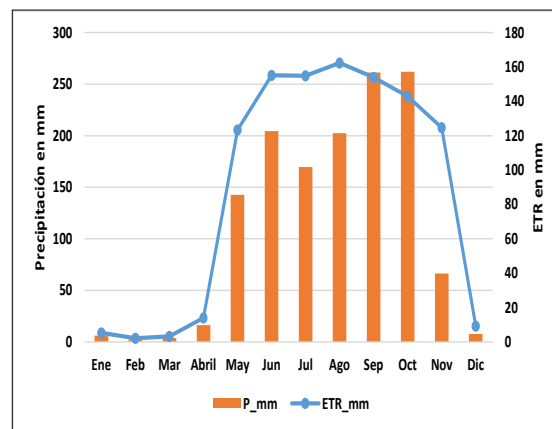


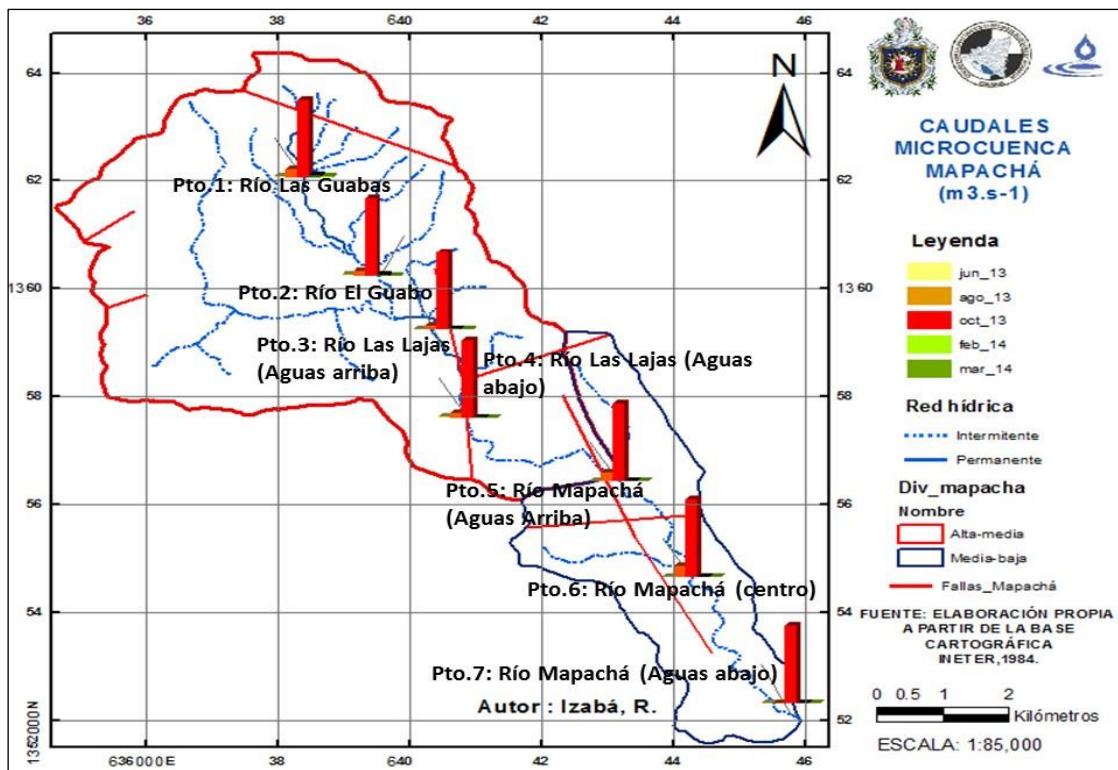
Gráfico 20. Comportamiento de la ETR y P.

#### 4.2.4. Caudales en ríos

Para la determinación de caudales en ríos se realizaron 5 mediciones en los siete puntos de aforos seleccionados (Mapa 13); tres en época lluviosa 2013 (junio, agosto y octubre) y dos en la época seca 2014 (febrero y marzo). En los siete puntos de aforo, los mayores caudales se presentaron en octubre con un valor máximo de  $1,8594 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . En marzo, el valor máximo fue de  $0,0039 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  en el Pto.3 (río Las Lajas Aguas arriba); sin embargo, en el río Mapachá (Pto.5; Pto.6 y Pto.7), no se obtuvo caudal, ya que el río se encontraba seco. El aumento de los caudales, observado entre junio y octubre, así como la disminución de los mismos entre octubre de 2013 y marzo de 2014, es el reflejo de los cambios naturales del régimen hidrológico; en este caso, la estación lluviosa y seca respectivamente.

El Mapa 13, ilustra el comportamiento de los caudales en los periodos de mediciones y los puntos de aforo. El río Las Guabas (Pto.1) y el río Las Lajas aguas arribas (Pto.3) son ríos permanentes, ya que conservan su caudal base durante todo el año. La permanencia del caudal base, en el río Las Guabas (Pto.1) está garantizado por el aporte de agua subterránea (Vargas A. , 1998), proveniente de

los manantiales ubicados al NE de la parte superior en la microcuenca. Esto es debido a las características hidráulicas de este acuífero, los bajos valores de transmisividad, no permiten el flujo del agua, provocando que el Nivel Estático del Agua (NEA) almacenada coincida con el nivel topográfico del terreno (Custodio & Llamas, 2001), lo que aunado con el sistema de fracturamiento de la roca basáltica induce consecuentemente el brote de los manantiales.



**Mapa 13.** Puntos de aforo y caudales en la microcuenca Mapachá.

Los mayores caudales se reflejan en la parte alta-media, específicamente en el Pto.3 (Río Las Lajas aguas arribas), debido a que es el sitio de convergencia de aguas provenientes de los tributarios de la caldera. Este punto (Pto. 3), sugiere carácter efluente durante la época seca, debido al aporte de agua subterránea por flujo secundario a través del sistema de fallas localizadas en la parte media la microcuenca (Mapa 13). No se pudo determinar la interacción de agua superficial – subterránea ya que la condición del lecho del río no permitió introducir mini piezómetros, ni seepage meter para observar dicho comportamiento.

En la parte media-baja de la microcuenca durante el periodo seco, se observó una disminución de los caudales, llegando a un caudal de 0 m<sup>3</sup>/s en los puntos Ptos. 5, 6 y 7 (ausencia de caudal base en el río). Esto puede ser: 1) Producto del establecimiento de corrales para el ganado (actividad económica principal de la microcuenca) provocando la escasez de árboles y vegetación, incrementando la escorrentía. 2) La influencia del sistema de fallas observado en la parte baja en la microcuenca, donde se identificó a 4 kilómetros de la desembocadura del Río Mapachá una conjugación de fallas (dos fallas se cortan), formando un eje de interacción que puede actuar como un tubo de drenaje (UNESCO, 1985) desviando el flujo subterráneo a una mayor profundidad, impidiendo la descarga hacia la superficie del terreno provocando falta de caudal base en el Río Mapachá (río seco).

#### 4.2.5. Escorrentía superficial

Los resultados de escorrentía superficial anual se presentan en la Tabla 16, donde se observa la parte alta-media con valores de 226,95 mm anuales, reportándose la mayor escorrentía en la parte media-baja de la microcuenca con 284,06 mm anuales, respectivamente. La forma alargada de la microcuenca, la pendiente media (30%) y la pendiente del cauce principal (24%), además las características físicas de la roca andesítica-basáltica, así como la poca cobertura vegetal, influyen en la escorrentía superficial.

**Tabla 16.** Escorrentía superficial (ESC) anual en mm.

Microcuenca	Área_Km <sup>2</sup>	Esc_mm
Parte alta-media	40,17	226,95
Parte media- baja	13,58	284,06

Adicionalmente, los factores naturales como la topografía escarpada, y los de origen antropogénicos como la deforestación para la producción de pasto, y con ello, el aumento de la actividad agropecuaria y de gran importancia económica que actualmente el 60,88% del uso del suelo en la microcuenca, ejercen fuerte y permanente influencia en el deterioro de la cubierta vegetal, favoreciendo a la



escorrentía y por ende los procesos erosivos (González & Guerra, 2002; Vargas A. , 1998; Krásný & Hecht, 1989) principalmente en la parte media baja.

#### 4.2.6 Infiltración

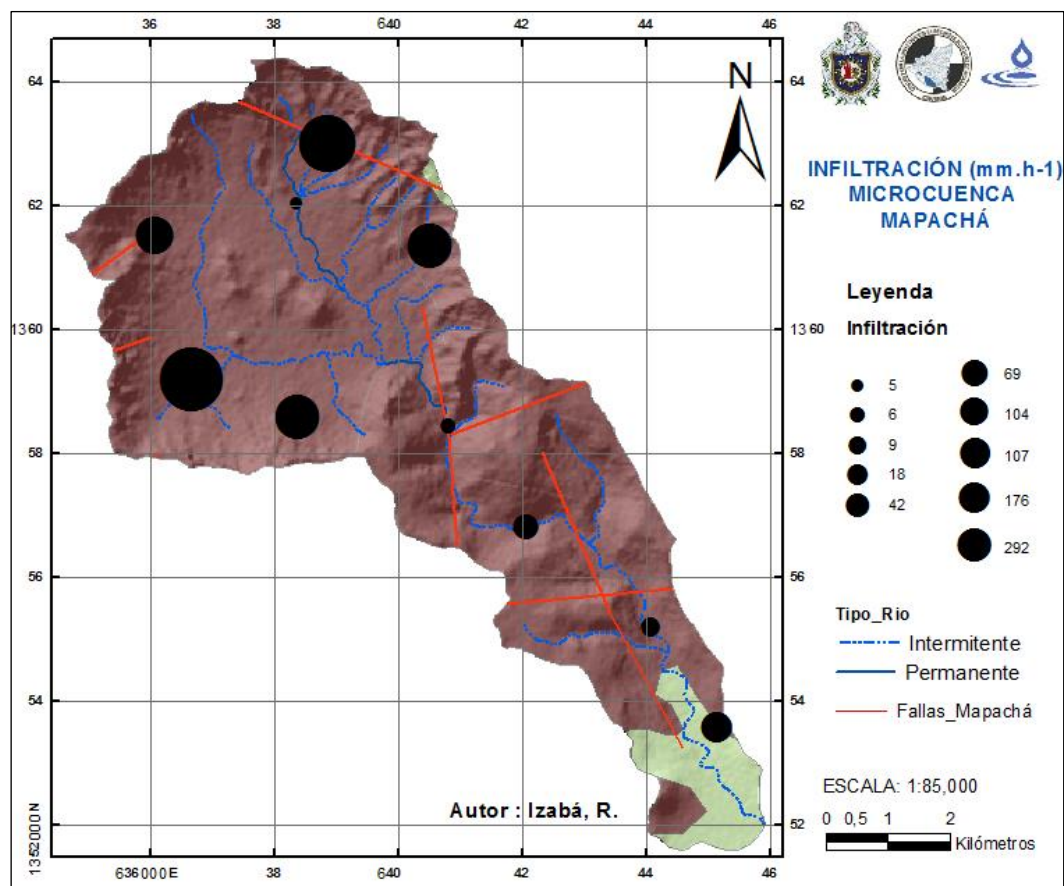
En el Mapa 14 y la Tabla 17, se presentan las pruebas de infiltración en la microcuenca Mapachá. El valor máximo de infiltración fue de 292 mm.h<sup>-1</sup> y el valor mínimo de 5 mm.h<sup>-1</sup>(Anexo IX). La textura predominante en los puntos de infiltración es de franco arcillosa a franco a excepción del punto 4 (El Aguacate) donde la textura es arcillo-arenosa.

Los mayores valores de velocidad de infiltración se ubican en la parte alta de la caldera, donde se observa parches de cobertura boscosa y en la zona plana de la caldera (coluvial), que es material poroso que beneficia a la infiltración, a excepción del punto 2, que se obtuvo velocidad de infiltración de 5 mm.h<sup>-1</sup>, por ser un área con donde predominan los pastizales.

**Tabla 17.** Infiltración, uso de suelo, geología y tipo de suelo en la Microcuenca del Río Mapachá.

Ubicación en la Microcuenca	Infiltración mm.h <sup>-1</sup>	Uso de suelo	Geología	Textura del suelo	Tipo de suelo
alta-media	107,25	Pastizales	Coluvial	Franco Arcilloso	Molisoles
	292,00	Pastizales y vegetación arbustiva.	Coluvial		
	5,38	Pastizales y cultico anuales	Basalto		
	176,00	Bosque Latifoliado abierto y tacotales	Basalto		
	103,75	Bosque Latifoliado abierto, cultivo anual. Vegetación arbustiva	Basalto	Arcilloso-arenoso	
	69,00	Pastizales	Basaltos	Franco arcilloso	
media-baja	6,00	Tacotales	Andesitas-basaltos	Franco	Alfisoles
	42,00	Pastizales	Aluviales		
	18,00	Pastizales y tacotales	Andesitas-basaltos	Franco arcilloso	
	9,00	Pastizales y tacotales	Andesitas-basaltos		

Los puntos con menor velocidad de infiltración se encuentran en la parte media-baja de la microcuenca en la roca andesita-basáltica, donde se observó mayor influencia de tacotales, cultivos anuales y sobre todo pastizales. La actividad ganadera-principal actividad económica en la microcuenca-, esencialmente por el establecimiento de pastizales, la fuerte pendientes y la geología afecta su capacidad de infiltración, reduciendo la recarga en el acuífero y consecuentemente, favoreciendo las pérdidas de agua por escorrentía.



Mapa 14. Infiltración en mm.h<sup>-1</sup> en la microcuenca del Río Mapachá.

#### 4.2.7. Recarga Potencial (Rp) a partir del Balance Hídrico de Suelo

A partir de los resultados de la infiltración medida en campo, se determinó el coeficiente de infiltración por el método establecido por (Schosinsky & Losilla, 2000). Con los datos de precipitación y evapotranspiración se calculó el Balance Hídrico

de Suelo, por el método de (Schosinsky G. , 2006), Anexo X. Para determinar la recarga potencial del acuífero en la zona alta-media y media-baja. En la Tabla 18, se presentan los resultados de la recarga potencial del acuífero.

**Tabla 18.** Recarga potencial (Rp) por tipo de suelo en la microcuenca Mapachá.

Sector	Área (km <sup>2</sup> )	Rp (mm)	Rp (MCA)	Rp (MMCA)
Zona alta-media	40,17	113,92	4 576 254,46	4,58
Zona media-baja	13,58	78,54	1 066 606,90	1,07
<b>Total</b>	<b>53,75</b>	<b>192,46</b>	<b>5 642 861,37</b>	<b>5,64</b>

**MCA:** Metros cúbicos anuales. **MMCA:** Millones de metros cúbicos anuales.

La recarga potencial más importante, se destaca en la parte alta-media de la microcuenca, ocurriendo una disminución en la parte media-baja. Las características del material geológico (coluviales en la parte plana de la caldera) y las condiciones de uso de suelo, así como la presencia de tramos de bosque natural, favorecen a la recarga del acuífero en este sector de la microcuenca.

En la parte media-baja, la recarga potencial sufre una disminución a consecuencia principalmente de la actividad ganadera, por el establecimiento de pastizales (disminuyendo la presencia de bosques), la pendiente que favorece a la escorrentía y la geología predominante del área (basaltos-andesitas).

#### 4.2.8 Balance hídrico superficial

En la Tabla 19, se expresan el resumen de los resultados del balance hídrico superficial expresado en mm y en MMCA.

**Tabla 19.** Balance hídrico superficial en la microcuenca del Río Mapachá en MMCA.

Variables	Parte Alta-media	Parte media-baja
Área (Km <sup>2</sup> )	40,17	13,58
Precipitación (mm)	1426,89	1426,89
Escorrentía Superficial (mm)	226,95	284,06
Evapotranspiración Real (mm)	1080,77	1058,21
Recarga (mm)	113,92	78,54
Disponibilidad (mm)	5,25	6,08
<b>Disponibilidad en MMCA</b>	<b>0,21</b>	<b>0,08</b>
<b>Disponibilidad Total en MMCA</b>		<b>0,29</b>

Los resultados reflejan que en la parte alta-media presenta mayor recarga (113,92 mm), menos escorrentía (226,95 mm) y menor evapotranspiración real (1080,77 mm). En la parte media-baja, se obtuvo menor recarga (78,54 mm), mayor escorrentía (284,06 mm) y menor evapotranspiración real (1058,21 mm).

Tanto en la parte alta-media y media-baja el balance se muestra positivo, reflejando las mayores pérdidas de agua por la evapotranspiración real. Este valor positivo en la parte alta-media se observa principalmente en los ríos Las Guabas y Las Lajas que presentan caudal base en la época seca.

Los resultados de la infiltración tanto en la parte alta-media y media-baja, indica que al producirse la precipitación la cantidad de agua infiltrada es suficiente para llevar al suelo a capacidad de campo y suplir la Evapotranspiración Real, el sobrante de agua de la infiltración recarga al acuífero (Schosinsky G. , 2006). Esto es congruente con los valores de recarga potencial, que ocurren en septiembre y octubre que son los meses con mayor precipitación de la época lluviosa (Anexo X).

En la parte media-baja, se produce la menor infiltración; sin embargo, hay mayores pérdidas por escorrentía. La pérdida de agua producida por escorrentía está influenciada por la fuerte pendiente, uso del suelo y la geología de la zona; consecuentemente disminuye la recarga al acuífero y pérdida del caudal base en los ríos en época seca.

Otro factor determinante es el uso del suelo, que corresponde a las actividades socio-ambientales tal como la ganadería y la agricultura, que consecuentemente han provocado una disminución en la recarga potencial al acuífero.

El balance hídrico superficial total es positivo con 0,29 MMCA, sin embargo, es una disponibilidad hídrica superficial baja para cubrir las principales actividades económicas (agricultura y ganadería) en la microcuenca.

### 4.3 Aguas subterráneas

#### 4.3.1 Inventario de objetos hidrogeológicos

En el Mapa 15 y Tabla 20, se muestra la ubicación de los 55 objetos hidrogeológicos identificados en la microcuenca Mapachá; de los cuales 29 son pozos excavados (PE), un pozo perforado (PP) y 25 manantiales (MN).

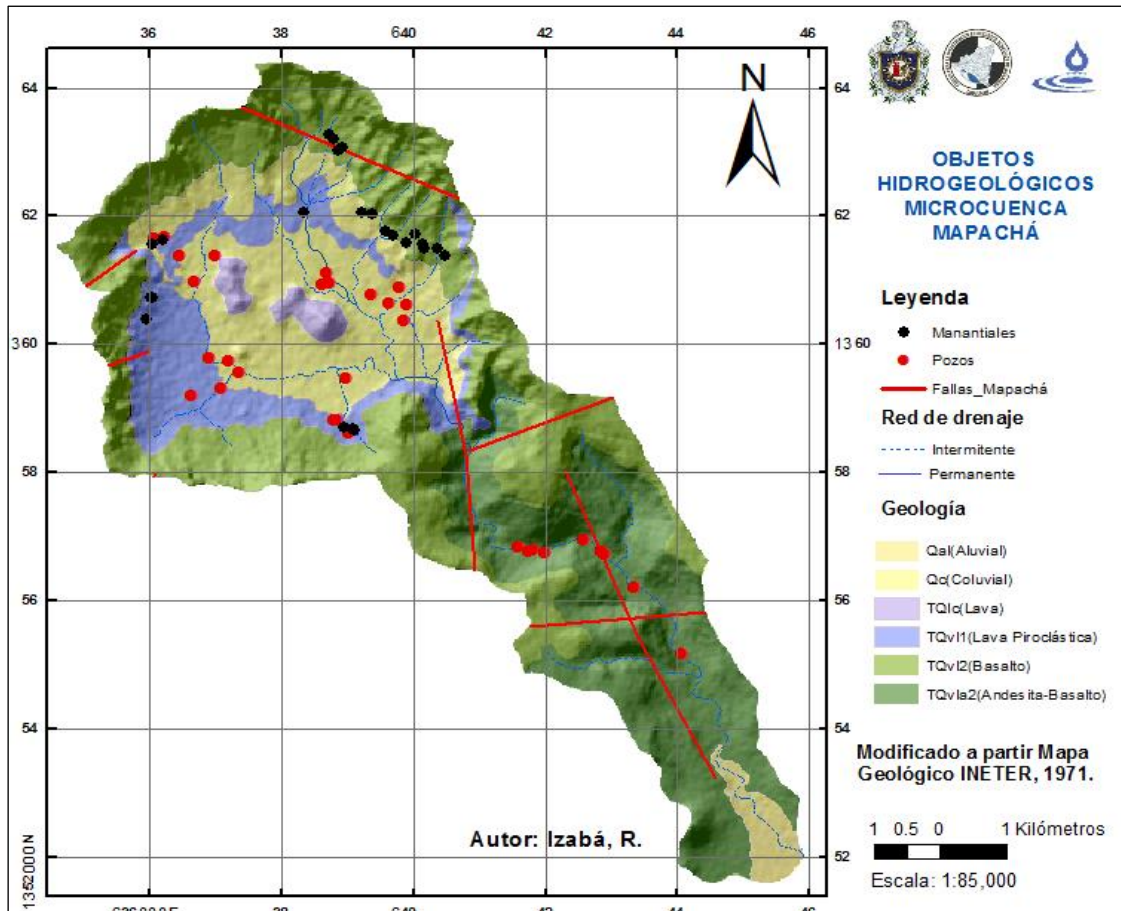
**Tabla 20.** Inventario de objetos hidrogeológicos microcuenca Mapachá.

Ubicación en la microcuenca Mapachá	Cantidad de objetos hidrogeológicos	Tipo de objeto hidrogeológico	Material geológico en el que se encuentra ubicado	Transmisividad (m <sup>2</sup> /día) (Krásný & Hecht, 1989)
Parte Alta-media	22 pozos	17 PE	Material coluvial (medio poroso)	Media a alta (100-1000)
		5 PE	Flujo de lava piroclástico (medio poroso)	
Parte Media-baja	8 pozos	7 PE	Andesitas y basalto (medios fracturado)	De alta a nula (1000-1)
		1 PP		
Parte Alta-media	25 MN	14MN	Roca basáltica (medio fracturado)	Alta a nula (1000-1)
		2MN	Roca basáltica - coluvial (medio fracturado-poroso)	Alta a nula (1000-1)
		7MN	Flujo de lava piroclástico (medio poroso)	Alta a media (1000-100)
		2MN	Material Coluvial (medio Poroso)	

PE: Pozo excavado; PP: Pozo perforado; MN: Manantial.

En la parte alta la mayoría de los pozos excavados se ubican en el material coluvial y en el flujo de lava piroclástico. El material coluvial es un medio poroso, considerado como buenos acuíferos (Krásný & Hecht, 1989; Fetter, 2001). A la vez, el flujo de lava piroclástica, una vez fundidas son considerados como medios poroso (Fetter, 2001).

En la parte baja (siete pozos excavados y uno perforado) están ubicados en la rocas andesitas-basáltica, medio fracturado y son considerados acuíferos no continuos (Krásný & Hecht, 1989; Fetter, 2001).



**Mapa 15:** Ubicación de los objetos hidrogeológicos en la microcuenca del Río Mapachá.

Los sistemas de manantiales se encuentran ubicados en la parte N-O, N-E y al sur en la caldera, son sistemas permanentes, ya que conservan su caudal durante todo el año.

En la comunidad La Pita, el afloramiento de manantiales se produce en un sistema de fractura NS-EO (Foto 15 y 16).



**Foto 13.** Roca fracturada comunidad La Pita.



**Foto 14.** Afloramiento de manantial en la roca fracturada en la comunidad La Pita.

En la comunidad El Aguacate, se identificaron un grupo de 10 manantiales, con características geológicas similares a los de la comunidad La Pita, que se producen de las fracturas de la roca basálticas, por ejemplo, el MN-13 y MN-21. Se observaron afloramiento de manantiales entre el límite del material coluvial y la roca basáltica, (MN-22 y MN-23). Los manantiales ubicados al sur de la caldera (MN-19, MN-20 y MN-24), se forman en el flujo de lava piroclástico en un sistema de fracturas con rumbo N75E y N33W (Foto 17).



**Foto 15.** Afloramiento de manantial (MN-20), de la roca fracturada, comunidad La Uva.



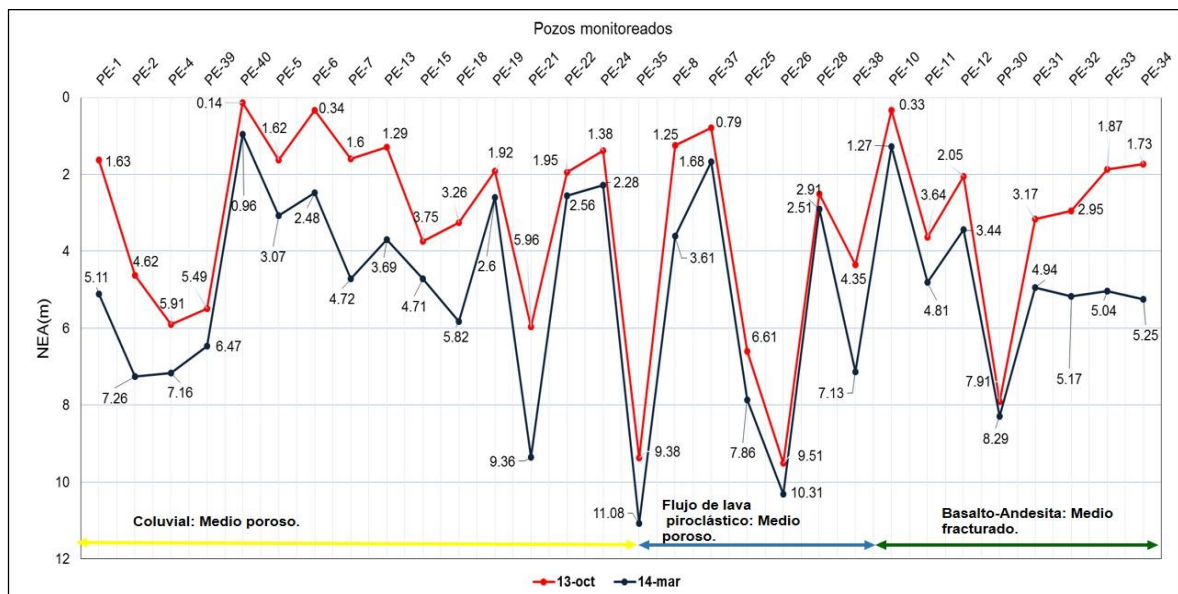
**Foto 16.** Sistema de manantiales en la comunidad La Güebe.

Otros sistemas de manantiales se forman en el flujo de lavas piroclásticas, siempre al NO en la caldera, aparentemente alineado a una falla (Foto 18), indica una línea de flujo entre el MN-8, MN-9 y MN-25.

El afloramiento de manantiales es propio de las características hidrodinámicas del medio fisurado de la zona, que han formado acuíferos discontinuos poco profundos (Fenzl, 1989). De acuerdo con este tipo de rocas, los niveles de salida de los manantiales varían desde 130 hasta 860 msnm. En la microcuenca del Río Mapachá, los niveles de afloramiento de los manantiales se encuentran entre 269 msnm como nivel mínimo, y 467 msnm como máximo.

#### 4.3.2. Nivel estático del agua (NEA)

Los pozos se concentran en la parte plana de la caldera y en la parte baja de la microcuenca. El 38% de la población se abastece de pozos excavados y un 1% del pozo perforado. En el Gráfico 21, se presenta la dinámica del agua subterránea a través de la medición de los niveles estáticos del agua en oct-13 (representando la época lluviosa) y mar-14 (representando la época seca).



**Gráfico 21.** Comportamiento de NEA de oct-13 y mar-14 en la microcuenca Mapachá.

En la época lluviosa los valores mínimos y máximos registrados en oct-13 corresponden a 0,14 y 9,51m, respectivamente. En la época seca (mar-14) los valores mínimo y máximo fueron 0,96 y 11,08m, respectivamente. En el mes de octubre se presenta el mínimo nivel (0,14m) ya que es el mes con mayores



precipitaciones de la época lluviosa y coincide con la mayor recarga potencial en el agua subterránea. La fluctuación constante de los niveles estáticos del agua, está vinculada con los cambios estacionales entre la época seca y lluviosa. Este comportamiento de los niveles estáticos del agua es característico del tipo de acuíferos discontinuo, con transmisividades de alta a nula ( $1000-1 \text{ m}^2 \cdot \text{día}$ ) y niveles freáticos pocos profundos (Arumí, Rivera, Muñoz, & Billib, 2012; Fenzl, 1989). En el coluvial, que es un medio poroso con transmisividad de alta a media ( $1000-100 \text{ m}^2 \cdot \text{día}$ ), se encontraron niveles de agua cercanos a la superficie del terreno (PE-37 con 0,79m y PE-40 con 0,14m) ambos en oct-13 (Gráfico 21).

En el flujo de lava piroclástica, los niveles de agua se comportan similares a los del medio poroso, ya que una vez fundido este material puede tener altas porosidades (Fetter, 2001). El NEA máximo se refleja en el PE-26 con 9,51m en oct-13 y 10,31m mar-14.

En el basalto-andesita-material fracturado-. El NEA máximo se observa en el pozo perforado (PP-30) con 7,91m en oct-13 y 8,29m en mar-14 respectivamente. En este tipo de rocas (andesita-basalto) aunque sean consideradas impermeables las aguas fluyen por las fracturas, fisuras, grietas y alteraciones, creando una permeabilidad secundaria que permite almacenamiento y existencia de corrientes de agua subterráneas (MARENA, 2010; Custodio & Llamas, 2001; UNESCO, 1985)

Estos niveles en los pozos reflejan las características predominantes de los acuíferos fracturados, discontinuos y pocos profundos en esta zona. Según datos disponibles de los acuíferos fisurados del Grupo Coyol se registraron niveles hasta 45m (Krásný & Hecht, 1989); en este estudio se encontraron más someros que 45 m.

También, estas variaciones podrían estar influenciado por el mayor consumo de agua en verano por parte de la población dependiendo del número de viviendas que cada pozo abastece, por ejemplo, el PE-34 tienen un descenso de nivel de 3,52m (en mar-14) y abastece a 5 viviendas (aproximadamente a 25 personas), mientras

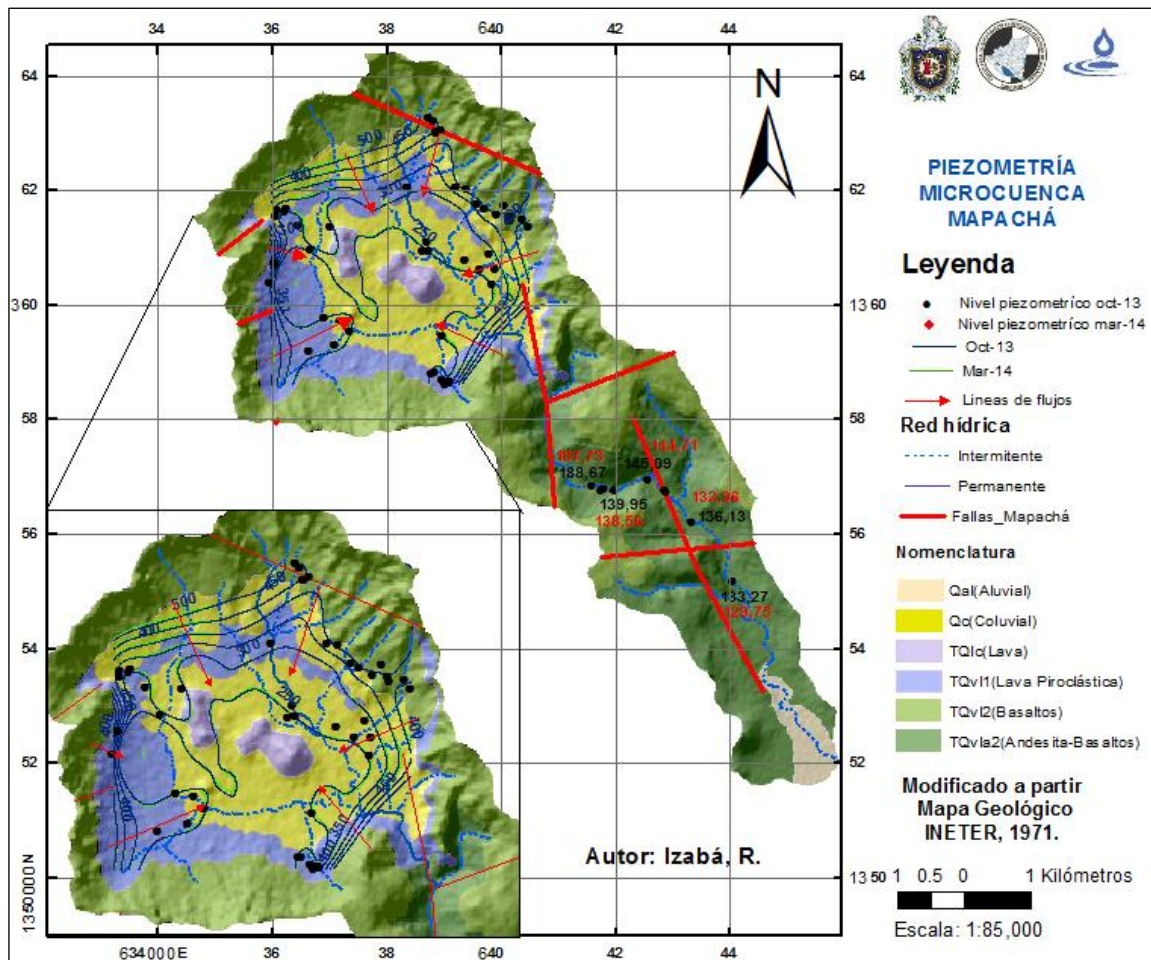
que el PP-30 tiene un descenso de nivel de 0,38m (mar-14) y solamente abastece a 2 viviendas (aproximadamente 10 personas).

#### **4.3.3. Piezometría**

Las líneas equipotenciales se trazaron en la parte alta de la microcuenca (en la caldera), debido a que la mayoría de los objetos hidrogeológicos se encuentran localizados en este sector, y a que solamente 8 pozos se encuentran ubicados en la parte media-baja, De ahí que en la parte media-baja de la microcuenca sólo se muestra el nivel piezométrico (Mapa 16), tomando las líneas piezométrica del mes de octubre 2013 (oct-13), representando la época lluviosa y del mes de marzo 2014 (mar-14), representado la época seca.

Así, el movimiento del flujo subterráneo es de la parte altas a las más bajas, en dirección NO y SO. El movimiento del agua se encuentra condicionado por la topografía del terreno y por las características hidrodinámicas del medio poroso (material coluvial, considerado homogéneo y con mayor permeabilidad). Se puede observar que el flujo es local y se concentra hacia el centro de la caldera. En la parte NO, en la parte baja de la caldera, las líneas de flujo se distorsionan, producto de la extracción que se realiza de los pozos en ese sector, causando un abatimiento que dirige las líneas de flujo a ese sector. Además, se puede observar que las líneas de flujos de oct-13 y mar-14, no presentan variación pronunciada.

En la parte media baja, se presentan los niveles piezométricos del mes de oct-13 y mar-14 respectivamente. El comportamiento de los niveles piezométricos está condicionado por la topografía del terreno, los niveles piezométricos van disminuyendo a medida que disminuye la pendiente del terreno. También por el descenso de los NEAS, ya que este podría estar influenciado por la conjugación de las fallas (dos fallas se cortan) ubicadas a 4 kilómetros de la desembocadura, desviando el flujo subterráneo a un nivel más profundo.



**Mapa 16.** Mapa piezométrico en el medio poroso de la microcuenca Mapachá.

#### 4.3.4. Manantiales

Los manantiales se encuentran ubicados en las comunidades: La Pita, El Aguacate, La Uva, La Güebe y Las Guabas; representan la fuente más importante de abastecimiento de agua de los habitantes asentados en la microcuenca del Río Mapachá, que corresponde a 238 viviendas abastecidas (aproximadamente 1 190 habitantes). En la parte alta de la caldera, en dirección NE se encuentran 15 manantiales, de los cuales 5 están dentro de la comunidad La Pita y 10 en la comunidad El Aguacate.

En la Tabla 21, se presenta la estimación de la disponibilidad en litros por año (l/año<sup>1</sup>) de los manantiales monitoreados en la microcuenca del Río Mapachá;

observándose que hay una disponibilidad total de 164 184 577,95 l-año<sup>-1</sup> (0,1642 MMCA) después de satisfacer la demanda total de agua en la parte alta-media de la microcuenca (que corresponde a la demanda por consumo humano más la demanda del consumo del ganado) 44 070 222,0 l-año<sup>-1</sup>(0,04075 MMCA), detallado en el Anexo XI.

**Tabla 21.** Disponibilidad en manantiales en la Microcuenca del Río Mapachá periodo 2013-2014.

Comunidad de ubicación	Comunidad (Total de viviendas que abastece) [Total de habitantes]	Manantiales	Caudal Total (l. año <sup>-1</sup> )	Demanda Total (l. año <sup>-1</sup> )	Disponibilidad después de la demanda (l. año <sup>-1</sup> )	Disponibilidad después de la demanda (MMCA)
La Pita	La Pita (20) [100]	MN-3; MN-4	32993830,94	3703380,00	29290450,94	0,0293
	Las Lajas (107) [535]	MN-2	11 652 412,04	19813,083,00	-8160 670,96	-0,0082
		MN-1; MN-5[1]	8 944,340,39		8 944 340,39	0,0089
El Aguacate	El Aguacate (41) [205]	MN-12; MN-13; MN-14; Mn-15; MN-16;	27 165 142,64	7 591 929,00	19 573 213,64	0,0196
	El Caribe (45) [225]	MN-18	41 781 834,22	8 332 605,00	33 449 229,22	0,0334
		MN-21; MN-22; MN-23	26 415 807,65		26 415 807,65	0,0264
Las Guabas	Las Guabas (1) [5]	MN-7	2 223 124,30	185 169,00	2 037 955,30	0,0020
La Güebe	La Güebe (8) [40]	MN-8; MN-9; MN-10; MN-25	47 654 751,66	1 481 352,00	46 173 399,66	0,0462
La Uva	La Uva (16) [80]	MN-19; MN-20	9 423 556,11	2 962 704,00	6 460 852,11	0,0065
<b>Total</b>	<b>(238) [1190]</b>	<b>20</b>	<b>208 254 799,95</b>	<b>44 070 222,00</b>	<b>164 184 577,95</b>	<b>0,1642</b>

De los 5 manantiales ubicados en la comunidad La Pita (del MN1 a MN-5), se están utilizando tres: el MN-2 que abastece a 107 viviendas de la comunidad Las Lajas, a través de un miniacueducto por gravedad (MAG); el MN-3 y el MN-4, que abastecen a 12 y 8 viviendas respectivamente en la comunidad de La Pita. El MN-1 y el MN-5

no se están utilizando y ambos cuentan con una disponibilidad total de 8 944 340,39 l. año<sup>-1</sup>, lo cual se considera como la reserva de agua para estas comunidades.

En la Tabla 21 se observa que el MN-2 tiene un déficit de -0,0082 MMCA, lo que indica que no satisface la demanda de agua de los 535 habitantes de Las Lajas; por tal razón, el suministro de agua es racionado por sectores (la comunidad está dividida en tres sectores de distribución) brindando dos horas de agua al día por sector. No obstante, esta situación hay que considerar que se tiene un volumen disponible, que está en reserva, del MN-1 y MN-5.

En la comunidad El Aguacate de los 10 manantiales identificados se monitorearon 9 manantiales de los cuales, tres de ellos (MN-21, MN-22 y MN-23) no son utilizados y se consideran potencial para consumo humano con una disponibilidad total de caudal de 26 415 807,65 l. año<sup>-1</sup>. El MN-18 abastece a 45 viviendas en la comunidad El Caribe a través de un MAG con una demanda total de 8 332 605,0 l. año<sup>-1</sup>. Se considera que estos manantiales son los más productivos en la zona.

En la comunidad de Las Guabas se identificó el MN-7, que abastece a una familia con una demanda total de 185 169,0 l. año<sup>-1</sup>. En la comunidad La Güebe, se identificaron cuatro manantiales con una demanda total de 1 481 352,0 l. año<sup>-1</sup>.

En la parte NO inferior de la microcuenca, en la comunidad La Uva se identificaron el MN-19 (abastece a 5 viviendas) y el MN-20 (abastece a 11 viviendas); ambos tienen una demanda total de 2 962 704,0 l. año<sup>-1</sup>.

Los resultados obtenidos de la medición de caudales (Tabla 21), reflejan una disponibilidad total en los manantiales de 208 254 799,95 l. año<sup>-1</sup> para 7 comunidades. Considerando que en estas comunidades hay 1190 habitantes, cuya demanda total de agua (uso humano más uso del ganado) es de 44 070 222,00 l. año<sup>-1</sup>, al final queda una disponibilidad después de la demanda de 164 184 577,95 l. año<sup>-1</sup> que equivale 0,1642 MMCA (incluyendo el caudal de los manantiales que no están en uso y que se consideran como reserva de agua). Esto quiere decir que el

caudal de los manantiales utilizado para cubrir la demanda total de la población corresponde al 21% de su capacidad y al 1% de la recarga potencial en la parte alta de la microcuenca del Río Mapachá.

De acuerdo a la OMS (2003), la dotación óptima de agua por persona para mejorar su calidad de vida es de 100 l. persona<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>. Si estimamos la demanda para consumo humano por vivienda considerando la dotación óptima, el resultado es de 182 500 l. año<sup>-1</sup>. vivienda<sup>-1</sup>, a razón de cinco personas en promedio por vivienda. La demanda por consumo humano de las 238 viviendas que abastecen los manantiales en la microcuenca del Río Mapachá se estima en 43 435 000 l. año<sup>-1</sup>; sumando a ésta la demanda por ganado estimada en 21 422 142,0 l. año<sup>-1</sup>, se tiene una demanda total de agua de 64 857 142 l. año<sup>-1</sup>. Si restamos la demanda total a la disponibilidad de los 20 manantiales, se obtuvo una disponibilidad después de la demanda de 143 397 657,95 l. año<sup>-1</sup> que equivalen a 0,1433 MMCA, esto quiere decir que la disponibilidad de agua en los manantiales monitoreados tiene capacidad de abastecer con la dosis óptima por persona establecida por la OMS a cada uno de los habitantes de las 7 comunidades, mejorando de esta manera la calidad de vida de los pobladores.

Valorando una tasa de crecimiento poblacional promedio anual en Nicaragua de 1,2% (INIDE, 2007), se realizó la proyección de la demanda de agua para consumo doméstico de 44 420 500,0 l.año<sup>-1</sup> (considerando la dosis óptima de 100 l.persona<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>) y una proyección de consumo de agua por el ganado de 31 926 280,41 l.año<sup>-1</sup> (considerando un crecimiento del ganado de 5% anual (CONAGAN, 2015) con un consumo de agua de 131 383,87 l.año<sup>-1</sup>.vivienda<sup>-1</sup>) de las comunidades abastecidas por los manantiales en el periodo 2014-2015, estimando que en el 2015 fue afectado por el fenómeno de El Niño, por lo que se asume que no hubo recarga representativa al acuífero (Tabla 22). La disponibilidad del periodo 2014-2015 es de 164.184.577,95 l. años<sup>-1</sup>, con una demanda total proyectada de 76 346 658,91 l. años<sup>-1</sup>, quedando una disponibilidad después de la demanda para el periodo 2015-

2016 de 87 837 919,04 l. años<sup>-1</sup> (0,0878 MMCA). En esta proyección se incluyó el caudal de los manantiales que no están actualmente en uso y que se consideran la reserva de agua en la parte alta-media de la microcuenca. En la comunidad de La Lajas, no cubren la disponibilidad de agua proyectada para el periodo 2015-2016, teniendo un déficit de -42 133 403,92 l. años<sup>-1</sup> (inclusive en la actualidad, para la comunidad de Las Lajas hay déficit de agua de -8 160 670,96 l. años<sup>-1</sup>); por lo que es necesario el considerar implementar una alternativa de suministro, de la reserva de agua de los manantiales MN-1 y MN-5, para suplir la demanda de agua de la población.

**Tabla 22.** Disponibilidad de los manantiales proyectada en el periodo 2014-2015.

Comunidad de ubicación	Comunidad [Total de habitantes proyectados 2014-2015]	Manantial	Disponibilidad 2014-2015 (l. año <sup>-1</sup> )	Demanda Total proyectada 2014-2015 (l. año <sup>-1</sup> )	Disponibilidad para el periodo 2015-2016 (l. año <sup>-1</sup> )	Disponibilidad 2015-2016 (MMCA)
La Pita	La Pita [102] (20)	MN-3; MN-4	29 290 450,94	6 350 667,40	22 939 783,54	0,0229
	Las Lajas [542] (108)	MN-2	-8 160 670,96	33 972 403,96	-42 133 074,92	-0,0421
	Reserva	MN-1; MN-5	8 944 340,39		8 944 340,39	0,0089
El Aguacate	El Aguacate [208] (42)	MN-12; MN-13; MN-14; Mn-15; MN-16.	19 573 213,64	13 110 101,54	6 463 112,10	0,0065
	El Caribe [238] (48)	MN-18	33 449 229,22	14 993 401,76	18 455 827,46	0,0185
	Reserva	MN-21; MN-22; MN-23	26 415 807,65		26 415 807,65	0,0264
Las Guabas	Las Guabas [5](1)	MN-7	2 037 955,30	313 883,37	1 724 071,93	0,0017
La Güebe	La Güebe [41] (8)	MN-8; MN-9; MN-10; MN-25	46 173 399,66	2 547 566,96	43 625 832,70	0,0436
La Uva	La Uva [81] (16)	MN-19; MN-20	6 460 852,11	5 058 633,92	1 402 218,19	0,0014
<b>Total</b>	<b>1217 (243)</b>	<b>20</b>	<b>164 184 577,95</b>	<b>76 346 658,91</b>	<b>87 837 919,04</b>	<b>0,0878</b>

No obstante, de que la demanda de agua de las comunidades que se abastece de los manantiales representa el 1% de la recarga potencial estimada en este estudio; está claro que donde hay un mayor número de habitantes (como en La Lajas), el manantial (MN-2) que abastecen esta comunidad no tienen agua suficiente para suministro de la población, ni en condiciones actuales ni ante un evento de sequía extrema. Pero, si se transporta agua de los manantiales geográficamente más cercanos a las comunidades con déficit de agua, repercutiría en mejorar las condiciones de abastecimiento de agua de la población, y por ende en la calidad de vida de los habitantes.

#### **4.3.5 Uso de la disponibilidad hídrica en la Microcuenca del Río Mapachá**

En la Tabla 23, se reporta la demanda hídrica en la microcuenca Mapachá, para el periodo monitoreado de junio 2013 a marzo 2014, es de 0,065 MMCA (0,036 MMCA para consumo humano y 0,029 MMCA para el ganado), la cual equivale al 1% del valor de la recarga potencial en la microcuenca (5,64 MMCA), lo que deja una disponibilidad neta de agua de 5,58 MMCA para los 1875 habitantes de la microcuenca en el año 2014, bajo las condiciones actuales de uso y consumo.

Si se estima la demanda para consumo humano conforme los 100 l. persona<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup> que establece la OMS (2003) como volumen óptimo para la calidad de vida de las personas igual a 0,068 MMCA y manteniendo la misma demanda de agua por ganado (0,029 MMCA), la demanda total de agua sería de 0,097 MMCA lo cual deja una disponibilidad neta de agua de 5,54 MMCA en la microcuenca del Río Mapachá.



**Tabla 23.** Uso de la disponibilidad Hídrica en la microcuenca Mapachá periodo jun 2013-mar 2014.

Sector	Área (km <sup>2</sup> )	Objetos hidrogeológico	(Viviendas) [Población abastecida]	Rp (MMCA)	Demanda en MMCA			Disponibilidad después de la demanda para el periodo 2014-2015 MMCA
					humana	Ganado	Total	
Parte alta-media	40,17	Manantiales	(238) [1190]	4,58	0,0226	0,0181	0,058	4,52
		Pozos	(102) [510]		0,0097	0,0078		
Parte media-baja	13,58	Pozos	(35) [175]	1,07	0,0033	0,0027	0,0060	1,06
<b>Total</b>	<b>53,75</b>		<b>(375) [1875]</b>	<b>5,65</b>	<b>0,036</b>	<b>0,029</b>	<b>0,065</b>	<b>5,58</b>

Tomando como base la proyección de la población para el periodo 2014-2015, con una tasa de crecimiento del 1,2% anual (INIDE, 2007) y el crecimiento del ganado anual del 5% (CONAGAN, 2015); se calculó la demanda total proyectada en la microcuenca del Río Mapachá en 0,1191 MMCA, al restar la demanda a la recarga potencial obtenemos una disponibilidad para el período 2015-2016 de 5,53 MMCA que corresponde al 2% de la recarga potencial (Tabla 24). Esto significa que en la microcuenca del Río Mapachá tienen una disponibilidad de agua para abastecer con la dosis óptima establecida por la (OMS, 2003), para que la población mejore su calidad de vida en cuanto al acceso del agua, siempre y cuando se les brinden mantenimiento a las fuentes de abastecimiento y brinden protección a las zonas de recarga.

**Tabla 24.** Proyección del uso de la disponibilidad hídrica en la microcuenca del Río Mapachá periodo 2014-2015.

Sector	Área	Objetos hidrogeológicos	(Viviendas)	Rp	Demanda proyectada periodo 2014-2015 en MMCA			Disponibilidad para el período 2015-2016 MMCA
	(km <sup>2</sup> )		[Población abastecida]	(MMCA)	humana	Ganado	Total	
Parte alta-media	40,17	Manantiales	(241)	4,58	0,0440	0,0317	0,108012	4,47
			1205					
		Pozos	(103)		0,0188	0,0135		
			516					
Parte media-baja	13,58	Pozos	(35)	1,07	0,0065	0,0046	0,011059	1,06
			177					
<b>Total</b>	<b>53,75</b>		<b>(379)</b>	<b>5,65</b>	<b>0,0693</b>	<b>0,0498</b>	<b>0,1191</b>	<b>5,53</b>
			<b>(1898)</b>					

#### **4.4 Tipo hidroquímico en aguas superficiales y subterráneas en la Microcuenca del Río Mapachá**

En la Tabla 25 y en el Gráfico 22, se reportan los tipos hidroquímicos presentes en las aguas superficiales y subterráneas en la microcuenca, para ambos periodos de muestreo.

Las aguas de tipo Bicarbonatada-Cálcica-Sódica ( $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$ ), son aguas de recorrido corto dentro del acuífero, pertenece al flujo local y está vinculado con el tipo de acuífero poco profundo de la zona (Krásný & Hecht, 1989); y que para el (Pto. 3) sugiere el aporte del acuífero al río, a través del sistema de fallas que se ubican en este punto. Las aguas del tipo Bicarbonatada-Cálcica-Magnésica ( $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ ) son aguas de reciente infiltración o agua de recarga; y es característico de la composición mineral de las rocas basálticas (ricas en calcio y magnesio) predominantes en esta zona (UNESCO, 1985).

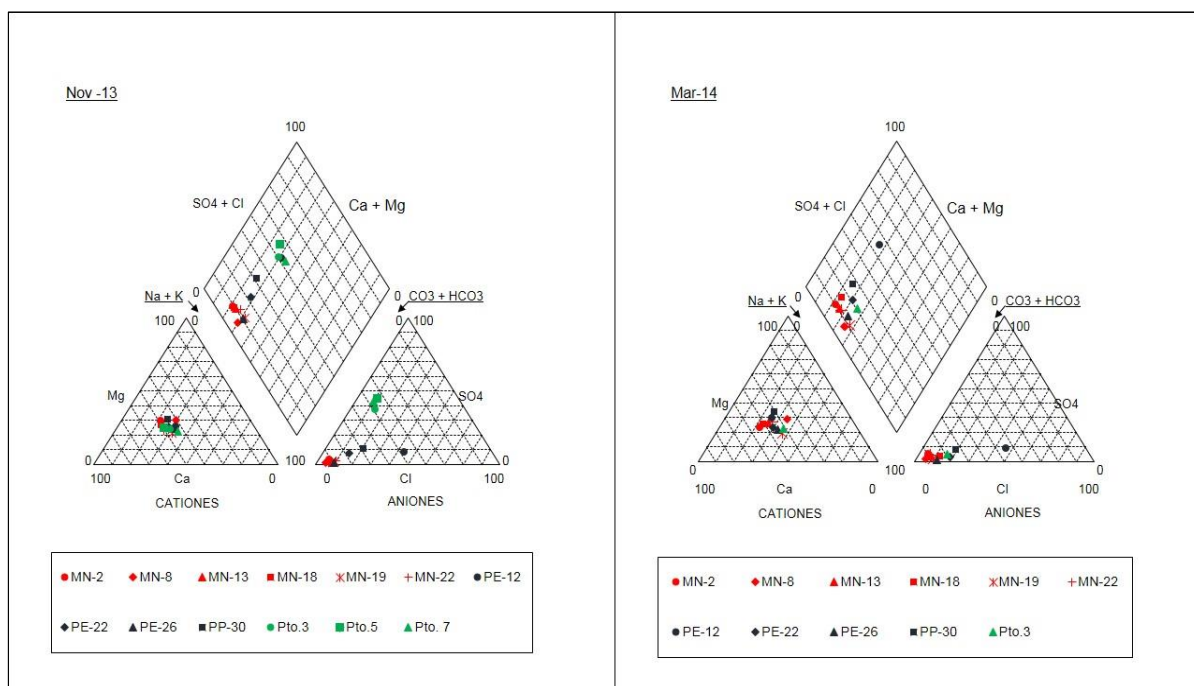
Las aguas Sulfatadas-Cálcicas-Sódicas ( $\text{SO}_4\text{-Ca-Na}$ ) son aguas de recorrido intermedio dentro del acuífero, pertenecientes al flujo local. Este tipo de agua fue determinado en el Pto.5 (Río Mapachá centro); sin embargo, esta composición química podría estar más relacionada con el uso de detergentes (Meays & Nordin, 2013) utilizados en la lavandería a orillas del río.

Por último, las aguas del hidroquímico Clorurada-Cálcica-Sódica ( $\text{Cl}^-\text{-Ca}^{+2}\text{-Na}^+$ ), son características de agua más profundas, con recorrido más largo. En la época seca (mar-14), el PE-12 presente este tipo hidroquímico, el cual se podría asociar a la contaminación de orina de origen animal y humano (UNESCO, 1985); ya que el pozo se encuentra dentro de un potrero y a que la letrina está ubicada a unos 20 m de distancia del pozo y paralela a él.

**Tabla 25.** Tipo hidroquímico en la microcuenca del Río Mapachá nov-13 y mar-14.

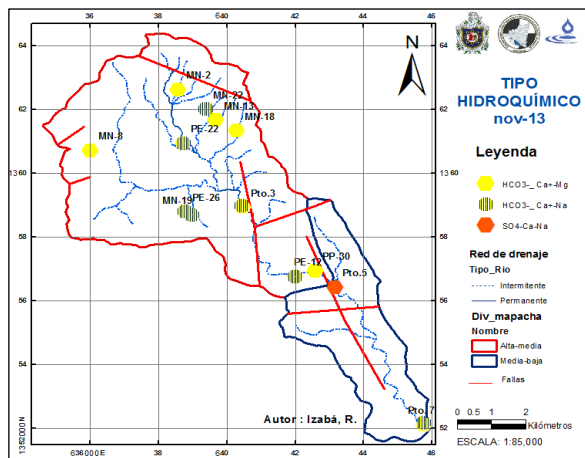
Tipo Hidroquímico/ Fecha de Muestreo/	Sitios/Parte de la microcuenca			
	Alta-Media		Media-Baja	
	Nov-13	Mar-14	Nov-13	Mar-14*
Bicarbonatada-cálcica-sódica (HCO <sub>3</sub> -Ca-Na)	Pto.3 (Río Las Lajas), MN-19, MN-22, PE-22, PE-26.	Pto.3 (Río Las Lajas), MN-2, MN-8, MN-19, MN-22, PE-22, PE-26.	Pto.7 (Río Mapachá confluencia), PE-12.	
Bicarbonatada-cálcica-magnésica HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	MN-2, MN-8, MN-13, MN-18.	MN-13, MN-18	PP-30	PP-30.
Sulfatada-cálcica-sódica (SO <sub>4</sub> -Ca-Na)			Pto.5 (Río Mapachá centro).	
Clorurada-cálcica-sódica (Cl-Ca <sup>+2</sup> -Na <sup>+</sup> )				PE-12.

\*En mar-14, los puntos Pto.5 y Pto. 7 no tenían agua.

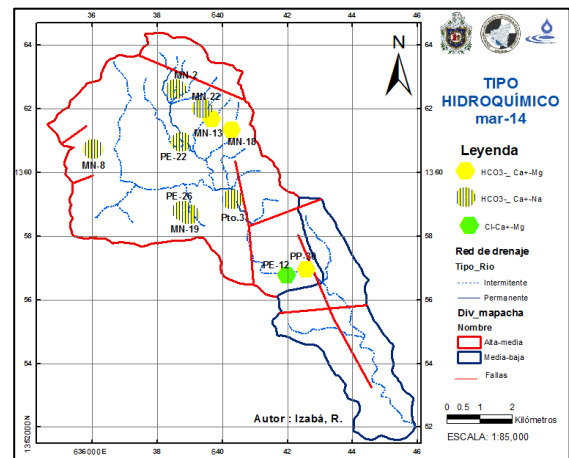


**Gráfico 22.** Diagramas de Piper en las aguas superficiales y subterráneas en nov-13 y marzo-14.

La variabilidad del tipo hidroquímico de una estación del año a otra en lo que refiere a los tipos  $\text{HCO}_3\text{-Ca}^{+2}\text{-Mg}^{+2}$  por  $\text{HCO}_3\text{-Ca}^{+2}\text{-Na}^+$  (Mapas 17 y 18), puede ser un indicativo de intercambio iónico entre  $\text{Na}^+$  por el  $\text{Mg}^{++}$  (Hiscock, 2005), esto puede deberse a la alta solubilidad del sodio.



**Mapa 17.** Distribución espacial del tipo hidroquímico de las aguas superficiales y subterráneas en la microcuenca del Río Mapachá en el muestreo de nov-13.



**Mapa 18.** Distribución espacial del tipo hidroquímico de las aguas superficiales y subterráneas en la microcuenca del Río Mapachá en el muestreo de mar-14.

#### 4.5 Calidad del agua superficial y subterránea

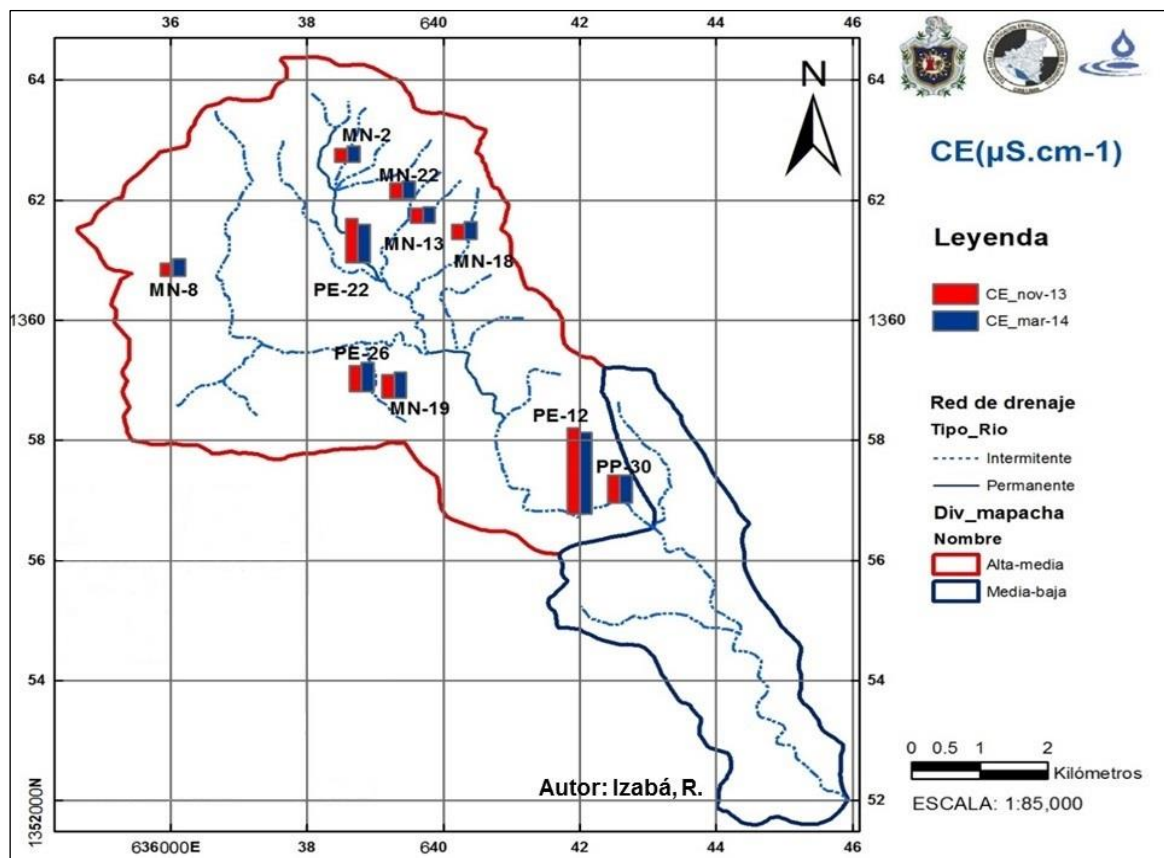
Para valorar la calidad del agua se colectaron tres muestras sobre el río principal (Pto. 3, Pto. 5 y Pto. 7), 3 pozos excavados (PE-28, PE-22 y PE-12), 1 pozo perforado (PP-30) y 6 manantiales (MN-2, MN-8, MN13, MN-18, MN-19 y MN-22). Las muestras de pozos y manantiales fueron analizadas para los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos, metales pesados, y plaguicidas organoclorados, organofosforados y piretroides. Las muestras de agua superficiales fueron analizadas para fósforo total, nitrógeno total, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) y demanda química de oxígeno (DQO). Para evaluar las concentraciones de NT y PT, se utilizaron los criterios establecidos (valores de referencia) por la EPA (United States Environmental Protection Agency) de calidad de agua en ríos y quebradas para la protección y propagación de la vida acuática y para la recreación (EPA, 2000). Los resultados se reportan en el Anexo XII.

En aguas subterráneas, los resultados fueron evaluados con respecto a los valores recomendados por la Norma Regional de Calidad del Agua para Consumo Humano (CAPRE, 1994); a excepción de los parámetros como: color verdadero, turbidez, cloruros ( $Cl^-$ ), sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ), magnesio ( $Mg^{2+}$ ), sodio ( $Na^+$ ), nitratos ( $NO_3^-$ ), nitritos ( $NO_2^-$ ), amonio ( $NH_4^+$ ) hierro total, arsénico ( $As^+$ ), plomo ( $Pb^+$ ) y sólidos totales disueltos (STD), que se compararon con el valor máximo admisible en dicha Norma. En el caso del oxígeno disuelto (OD) en aguas superficiales, se utilizó la Norma Técnica Obligatoria para la clasificación de los recursos hídricos de Nicaragua (NTON-05-007-98); para la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) y demanda química de oxígeno (DQO) en aguas superficiales, se utilizó de referencia la clasificación de calidad de agua de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA; México, 2012). Para la clasificación del agua para riego tanto para riego en aguas superficiales y subterráneas se utilizó la Norma Riverside (Staff, 1954) y el documento número 29 de la FAO: Calidad de agua para riego (1976).

#### 4.5.1. Físicoquímico para aguas subterráneas

Las características físicoquímicas (color, turbidez, pH, sólidos totales disueltos, dureza, alcalinidad, cationes, aniones y hierro total presentaron valores en las aguas subterráneas aptas para consumo humano al compararlas con los valores recomendados por las Normas (CAPRE, 1994). A excepción del parámetro de conductividad eléctrica, que presentaron valores por encima a los recomendados por la norma (CAPRE, 1994), en algunos puntos de muestreo.

En el Mapa 19, se muestra el comportamiento de la Conductividad eléctrica (CE) en nov-13 y mar-14.



**Mapa 19** Conductividad eléctrica (CE)  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  en nov-13 y mar-14 en aguas subterráneas.

Los valores de CE oscilan entre 227-1552  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  en el muestreo de nov-13 y 287-1475  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  en mar-14. El agua de los manantiales cumple con el valor establecido por la Norma CAPRE (400  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) a excepción del MN-19 que reportó en nov-13

419  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  y 468  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  en mar-14. El valor de CE del MN-19 en nov-13, es apto para consumo humano, aunque para mar-14 se ha incrementado un poco más el valor, todavía es aceptable. Esta variación de CE en el MN-19 para mar-14 puede deberse al aumento de la evaporación en la época seca y por consiguiente un aumento en las sales disueltas. Otro indicador, del aumento de estos parámetros, está asociado a la ganadería, ya que aguas arriba de este manantial se ubica un potrero.

Los pozos presentan valores entre 465-1552  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  en el muestreo de nov-13 y 505-1475  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  en el muestreo de mar-14, superando el valor recomendado por la norma (CAPRE, 1994). Los máximos valores de conductividad eléctrica se presentan en el PE-12 con 1552  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  en nov-14 y 1475  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  en mar-14. Los valores de conductividad en el PE-12, podría estar influenciado por los desechos sólidos proveniente de la ganadería y antropogénicos (UNESCO, 1985), ya que este pozo se ubica dentro de un potrero y la letrina se sitúa aproximadamente a 20 m del mismo.

En el Mapa 20, se presentan los valores de dureza total en  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , para nov-13 y mar-14; los cuales se encuentran dentro del valor recomendado por las Normas (CAPRE, 1994) para consumo humano, clasificando las aguas subterráneas, como aguas duras ya que presentan valores entre 121-180  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (Hem, 1989); con excepción del PE-12, PE-22 y PP-30, que mostraron valores mayores a 180  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , consideradas como aguas muy duras. A pesar de que los valores encontrados de dureza se encuentran dentro de los recomendados por la norma CAPRE, las aguas duras a muy duras, representan peligro para la salud, ya que otros estudios han demostrado que el consumo de aguas con valores de durezas superior a 120  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$  podría aumentar el riesgo de padecer de cálculo en las vías urinarias (Mora, Alfaro, Portugués, & Peinador, 2000).

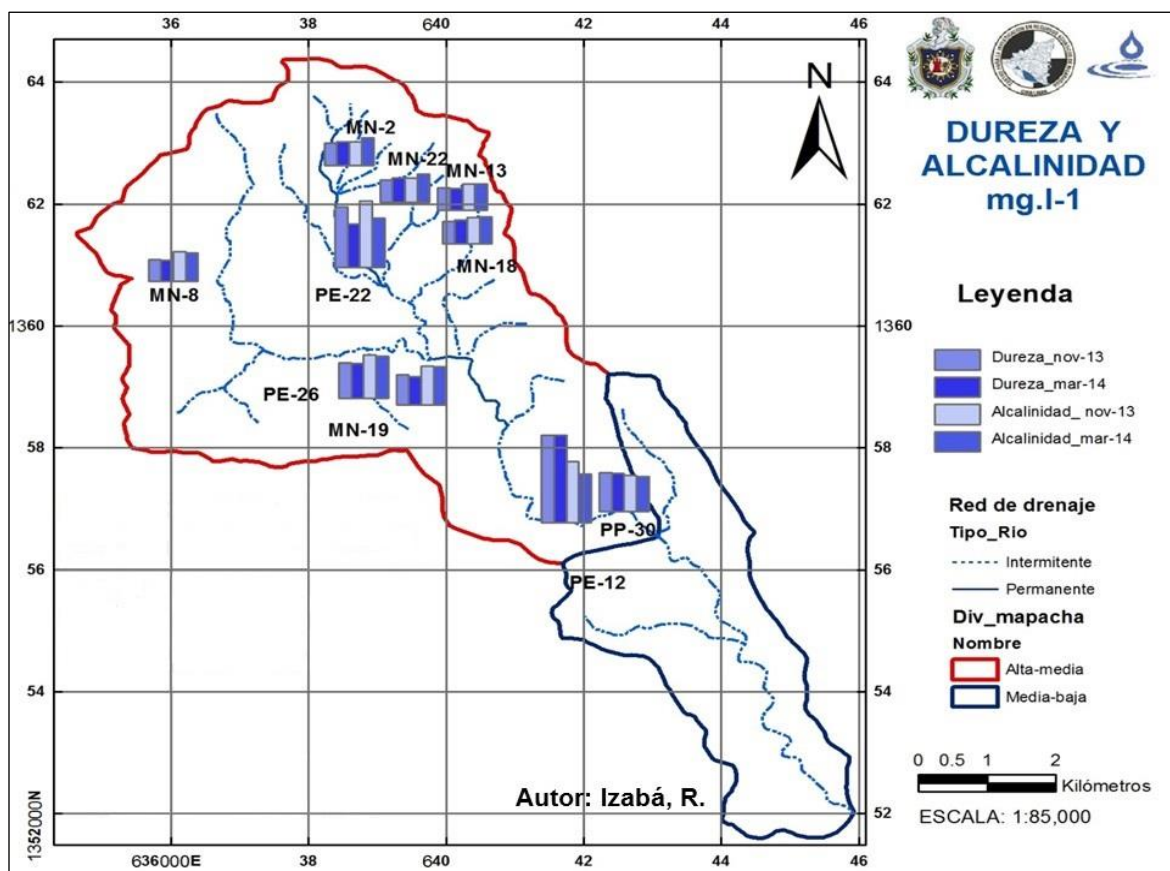


Otra consecuencia de utilizar aguas de duras a muy duras es el uso excesivo de jabón, por ende, un mayor consumo de agua; además, puede provocar incrustaciones en las tuberías metálicas. (OMS, 2003)

Estos altos valores de dureza total, están relacionados con la composición mineralógica de la roca predominante en la zona (basaltos), ya que son rocas ricas en  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  (Appelo & Postma, 2005).

Las aguas subterráneas presentan alcalinidad de media a alta (valores de referencia de 75-150  $\text{mg. l}^{-1}$ ; Kevein, 1989); presentando los mayores valores de alcalinidad el PE-12 (312,05  $\text{mg. l}^{-1}$  en nov-13 y 250,05  $\text{mg.l}^{-1}$  en mar-14) y el PE-22 (338  $\text{mg.l}^{-1}$  en nov-13 y 250  $\text{mg.l}^{-1}$  en mar-14).

Los altos valores de alcalinidad están relacionados con la presencia del  $\text{HCO}_3^-$ , que es el anión predominante en las rocas basálticas, a valores de pH entre 6,0 y 8,5 unidades de pH (Appelo & Postma, 2005); que se corresponden con los valores de pH y las concentraciones de  $\text{HCO}_3^-$ , medidas en las aguas subterráneas de la microcuenca del Río Mapachá.

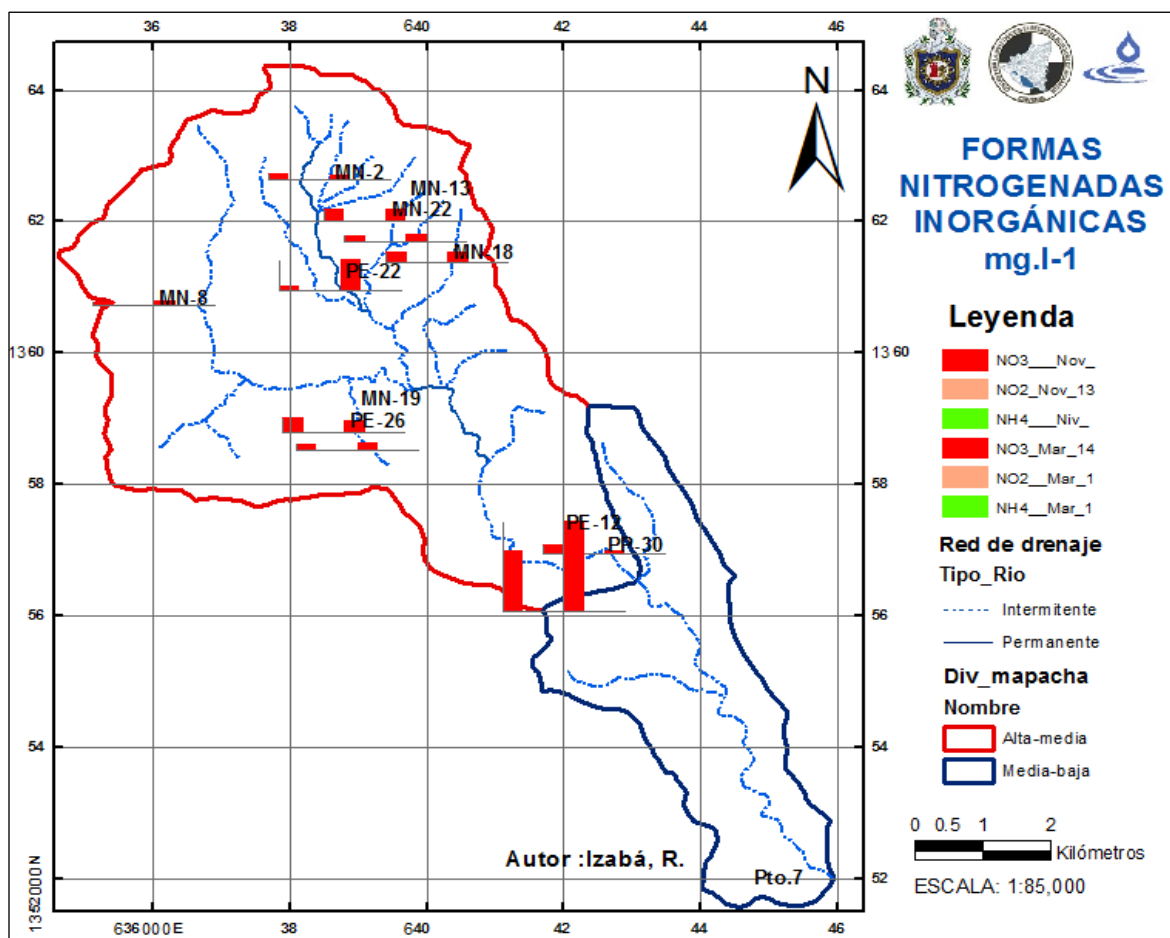


Mapa 20. Concentración de la Dureza y Alcalinidad Total mg.l<sup>-1</sup> en nov-13 y mar-14.

#### 4.5.1.1. Formas nitrogenadas inorgánicas (nitratos, nitritos y amonio) en aguas subterráneas

En el Mapa 21, se presentan las concentraciones de especies nitrogenadas del muestreo de nov-13 y mar-14 de las aguas subterráneas en la microcuenca Mapachá. Los nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), presentan concentraciones entre 1,88-31,88 mg. l<sup>-1</sup> (nov-13) y de 1,56- 47,08 mg. l<sup>-1</sup> (mar-14). Aunque las concentraciones se encuentran por debajo del valor máximo recomendado por las Normas CAPRE (1994), sugiere la presencia de contaminación producto de las principales actividades antropogénicas en la microcuenca (corrales para ganado); así como también por la presencia de letrinas ubicadas aguas arriba de las fuentes.

Las mayores concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  se encuentran en el PE-12 (ubicado dentro de un corral) con 31,88 y 47,08  $\text{mg. l}^{-1}$ , para ambas épocas de muestreo; indicando que las aguas que se extraen de este pozo (mayoritariamente para consumo humano) contienen heces de ganado, considerando que es un pozo poco profundo (NEA promedio 2,58 m), esto es un factor que podría favorecer a la contaminación del mismo. Las concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  próximas o que exceden los 44  $\text{mg. l}^{-1}$ , en pozos en zonas rurales, se atribuyen a la cercanía de corrales donde se encuentran condensadas considerables cantidades de desechos orgánicos (Hem, 1989). No obstante, esto representa problema para la salud principalmente a los lactantes, ya que un exceso de nitratos (hasta 44  $\text{mg. l}^{-1}$ ) en el agua de consumo humano podría aumentar el riesgo de padecer de metahemoglobinemia, que es la dificultad de transporte del oxígeno a la sangre. (Hervás & Blancas, 2001; Hem, 1989).



**Mapa 21.** Concentración de las especies nitrogenadas en las aguas subterráneas en mg. l<sup>-1</sup> en nov-13 y mar-14.

Los nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), se encuentran en concentraciones entre 0,001-0,010 mg. l<sup>-1</sup> (nov-13) y 0,002-0,010 mg. l<sup>-1</sup> en mar-14, por debajo del máximo valor admisible según las normas (CAPRE, 1994), lo cual corresponde a 3,0 mg. l<sup>-1</sup>, para ambas épocas de muestreo. En aguas subterráneas normalmente las concentraciones NO<sub>2</sub><sup>-</sup> son más bajas que las de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Appelo & Postma, 2005), esto debido a que los nitritos son especies inestables por los estados de oxidación-reducción y a la presencia de bacterias se encuentran o no en los acuíferos.

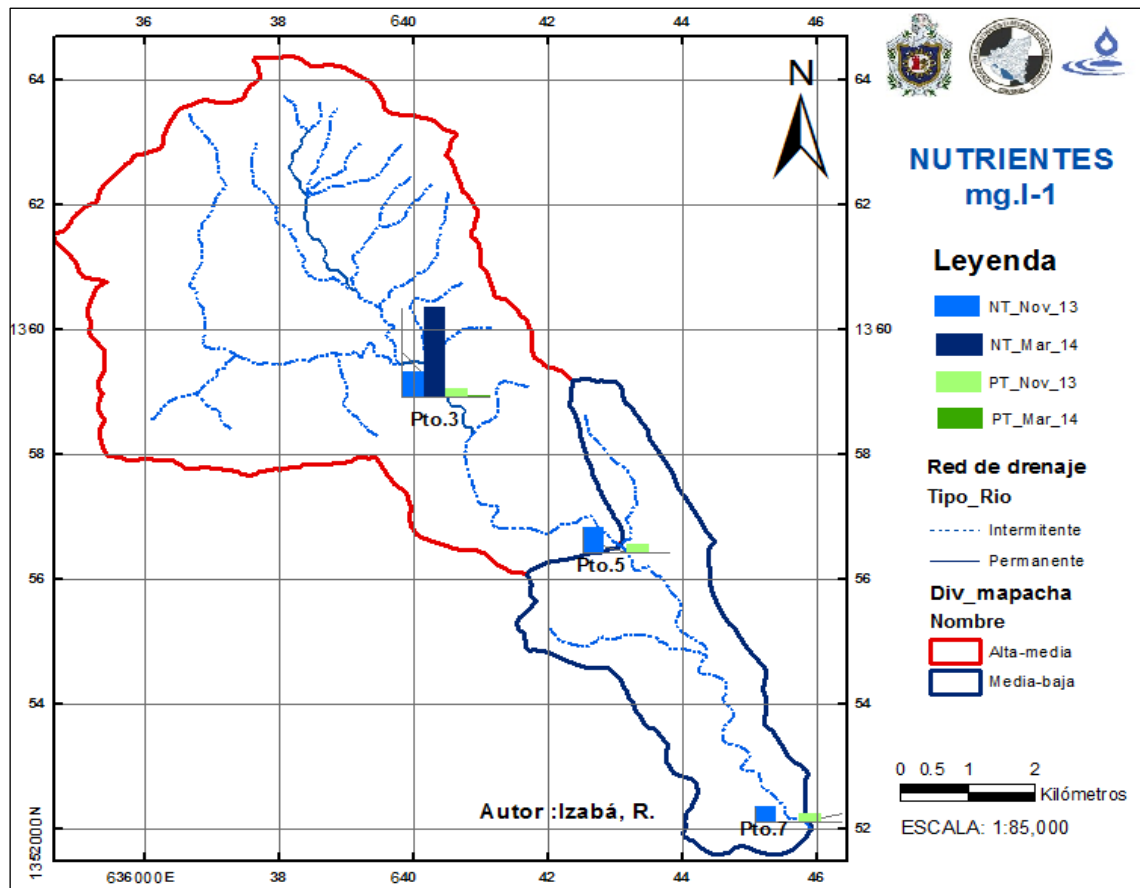
El amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en aguas subterráneas, presenta concentraciones entre 0,02 a 0,164 mg. l<sup>-1</sup> (nov-13); y de 0,0002 a 0,102 mg. l<sup>-1</sup> (mar-14). En el muestreo de nov-

13, los manantiales MN-2 y el MN-22 presentan concentraciones mayores al valor recomendado por la norma CAPRE (0,5 mg. l<sup>-1</sup>). En cuanto a los pozos, sólo el PP-30 presenta concentraciones por debajo del valor recomendado por dichas normas (nov-13). En el muestreo de mar-14, tanto los manantiales como los pozos presentan concentraciones de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) por debajo del valor recomendado (0,5 mg. l<sup>-1</sup>) a excepción del PE-26(0,102 mg. l<sup>-1</sup>).

Como las concentraciones de nitratos son las mayores de las especies nitrogenadas, el proceso dominante en el sistema es el de **nitrificación**, por efecto de la descomposición de los microorganismos de la materia orgánica proveniente de la excreta del ganado que transforma el amonio a nitritos y posteriormente a nitratos (Pacheco & Cabrera, 2003).

#### **4.5.2. Nitrógeno total (N<sub>T</sub>) y Fósforo total (P<sub>T</sub>) en aguas superficiales**

En el Mapa 22, se presentan las concentraciones de nitrógeno total (N<sub>T</sub>) y fósforo total (P<sub>T</sub>) en los puntos de muestreo en nov-13 y mar-14, en aguas superficiales. En nov-13 en los puntos Pto.3, Pto.5, Pto.7, las concentraciones N<sub>T</sub>, son 0,531, 0,676 y 0,418 mg. l<sup>-1</sup> y las concentraciones de P<sub>T</sub> son 0,0172, 0,222 y 0,226 respectivamente.



**Mapa 22.** Concentración del NT y PT en mg. l<sup>-1</sup> en las aguas superficiales en nov-13 y mar-14.

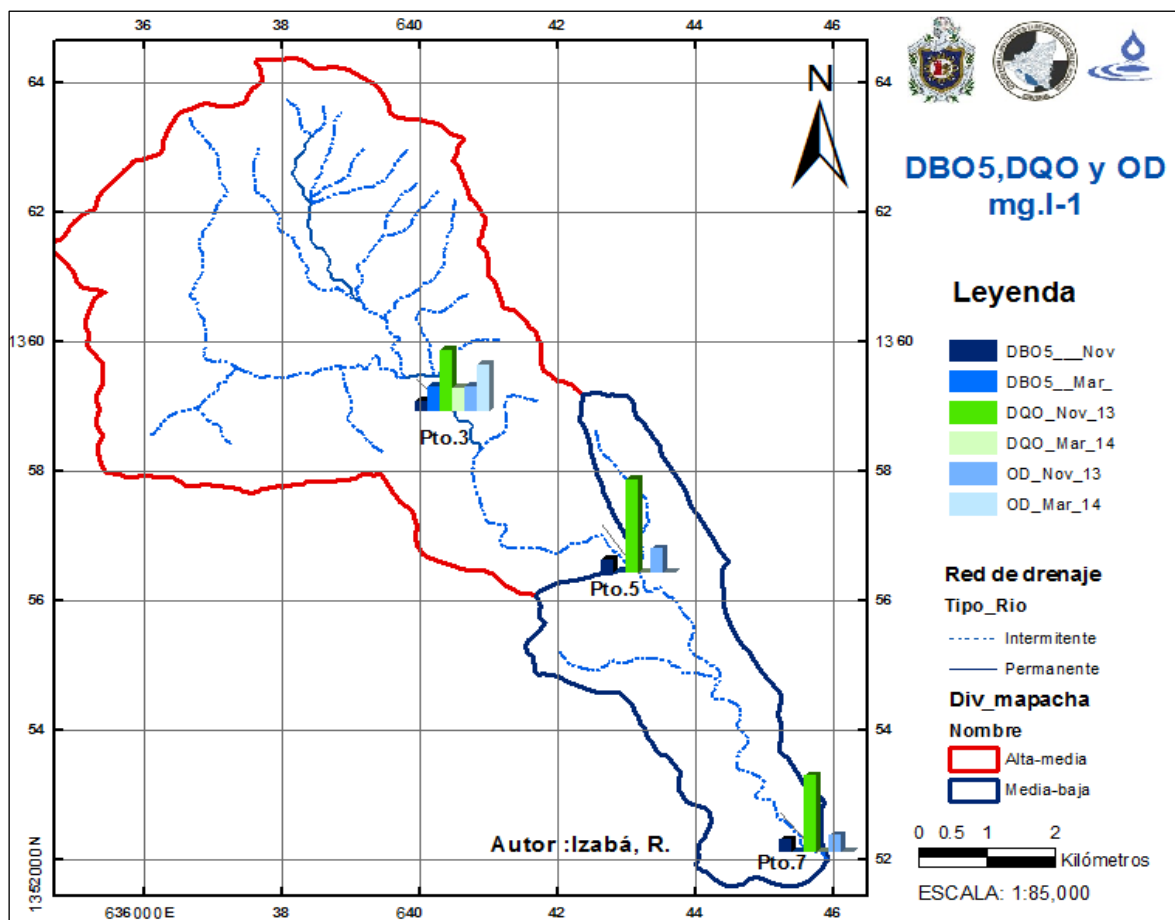
Basados en los criterios, establecidos por la (EPA, 2000) en nov-13, las concentraciones de N<sub>T</sub> se encuentran dentro del valor establecido (0,90 mg. l<sup>-1</sup>). Las concentraciones de P<sub>T</sub> en el Pto.5 y Pto.7 en la parte baja de la microcuenca se encuentran por encima del valor establecido (0,04 mg. l<sup>-1</sup>). Estas concentraciones P<sub>T</sub> en los puntos de muestreo de la parte baja en la microcuenca podría ser por el aporte de la escorrentía correspondiente a la época lluviosa.

En mar-14, en el Pto. 3 (único punto de muestreo) de 1,89 mg. l<sup>-1</sup> y 0,016 mg. l<sup>-1</sup> de N<sub>T</sub> y P<sub>T</sub>, respectivamente. El N<sub>T</sub> se encuentra por encima del valor recomendado (0,90 mg. l<sup>-1</sup>).

El aumento de las concentraciones de  $N_T$  en el Pto.3, en mar-14, es debido que este punto es donde se concentran los aportes de los tributarios de la parte alta en la microcuenca y donde se aglutina el 93% de la población; contaminando las fuentes de agua superficiales con los efectos secundarios de la ganadería y los jabones utilizados en el lavado de ropa en las orillas del río.

#### 4.5.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Oxígeno Disuelto (OD) en aguas superficiales

En el Mapa 23, se presentan las concentraciones de  $DBO_5$ , DQO y OD para nov-13 y mar-14, en los puntos muestreados de las aguas superficiales.



**Mapa 23.** Concentración de la demanda de oxígeno ( $DBO_5$ , DQO y OD) en  $mg.l^{-1}$  en las aguas superficiales (nov-13 y mar-14).

En el muestreo de nov-13, las concentraciones de  $\text{DBO}_5$  en aguas superficiales Pto.3, Pto.5 y Pto. 7 son de 2,18, 2,69 y 2,93  $\text{mg. l}^{-1}$ ; respectivamente. Al comparar los valores, indican que el agua tiene una calidad excelente, aguas no contaminadas con materia orgánica degradable o transformable biológicamente, con valores menores de 3  $\text{mg. l}^{-1}$  (CONAGUA, 2014), en el Anexo XIII se indican los valores de referencia.

En mar-14 (sólo Pto.3 monitoreado) presenta un aumento de concentración de  $\text{DBO}_5$  (5,33  $\text{mg. l}^{-1}$ ). Este aumento de las concentraciones podría ser consecuencia que en verano los ríos son utilizados para abrevadero del ganado y aportan materia orgánica a través de las heces y la orina; sin embargo, de acuerdo a la clasificación de calidad de agua de (CONAGUA, 2014) conforme a la  $\text{DBO}_5$  es agua de buena calidad ( $3 < \text{DBO}_5 \leq 6\text{mg.l}^{-1}$ ) con bajo contenido de materia orgánica degradable o transformable biológicamente.

Las concentraciones de DQO en nov-13, en aguas superficiales Pto.3, Pto.5 y Pto.7 son de 13,40, 16,88 y 20,63  $\text{mg. l}^{-1}$ , respectivamente. De acuerdo a los valores de referencia de calidad de agua referido por (CONAGUA, 2014) conforme a la DQO ( $10 < \text{DQO} \leq 20 \text{mg.l}^{-1}$ ), estos valores indican que es agua superficial de buena calidad con bajo contenido de materia orgánica que se puede ser degradar químicamente, a excepción del punto Pto.5 (Río Mapachá centro) concentraciones de 20,63  $\text{mg.l}^{-1}$ , clasificándola de acuerdo a los indicadores de calidad ( $20 < \text{DQO} \leq 40 \text{mg.l}^{-1}$ ) como calidad aceptable con indicio de contaminación con capacidad de auto depuración.

En el muestreo de mar-14, los valores de DQO son menores de 10  $\text{mg. l}^{-1}$ . De acuerdo al valor de referencia ( $\text{DQO} < 10 \text{mg. l}^{-1}$ ) de (CONAGUA, 2014), clasificándola como agua de excelente calidad, no contaminada con materia orgánica químicamente degradable.



Los valores de oxígeno disuelto (OD) medidos en nov-13: 5,43 mg. l<sup>-1</sup> (Pto.3), 5,28 mg. l<sup>-1</sup> (Pto.5) y 4,00 mg. l<sup>-1</sup> (Pto. 7) respectivamente. De acuerdo a la clasificación de (NTON-05-007-98) con respecto al OD las aguas superficiales son aptas para consumo humano e industrial con tratamientos convencionales de desinfección, coagulación, floculación, sedimentación, filtración o cloración; aptos para riego, para balneario, deporte acuático y navegación. Para mar-14, el Pto. 3(único punto que había agua) reportó 10 mg. l<sup>-1</sup> de OD. El aumento del OD en el Pto.3 en mar-14 con respecto a la concentración en el mes de nov-13, no es consistente con la teoría conocida que al aumentar la temperatura del agua (26,9 °C en nov-13 y 28,8 °C en mar-14) disminuye el OD, lo que indica que la alta concentración reportada para mar-14(10 mg. l<sup>-1</sup>), es debido a una oxigenación de la muestra de agua durante el traslado al laboratorio.

En el mes de mar-14, el aumento de la DBO<sub>5</sub> en el Pto.3, con respecto al muestreo de nov-13, se puede considerar que hay presencia de materia orgánica con un alto grado de biodegradabilidad, en consecuencia, del aumento de la actividad microbiológica por el incremento de la temperatura en esta época (Montalvo, y otros, 2008; Roldán y Ramírez, 2008).

Los valores de DOB<sub>5</sub>, DQO y OD, en las aguas superficiales de la microcuenca Mapachá, sugieren agua de buena calidad con bajo contenido de materia orgánica biológica y químicamente degradable.

#### **4.5.4. Metales pesados en aguas subterráneas**

En la Tabla 26, se presentan los resultados de arsénico (As) y plomo (Pb) en el muestreo de nov-13. Para mar-14, únicamente se analizó arsénico, en los mismos puntos de monitoreo de nov-13 y se agregaron cuatro puntos más de muestreo (MN-2; MN-13; MN-18 y PE-26).

**Tabla 26.** Resultados de As (nov-13 y mar-14) y Pb (nov-13).

Parámetro	Puntos de muestreo nov-13	Puntos de muestreo mar-14	Resultado ( $\mu\text{g. l}^{-1}$ )
As	MN-8 ; MN-22 ; MN-19 ; PE-22 ; PE-12 ; PP-30	MN-2, MN-8 ; MN-13 ; MN-22 ; MN-18 ; MN-19 ; PE-12 ; PE-22 ; PE-26 ; PP-30	< 2,02
Pb		No se analizó	<4,64

Los resultados encontrados en el análisis del arsénico (As) en los puntos seleccionados se determinaron como menores que el límite de detección ( $<2,02 \mu\text{g.l}^{-1}$ ). De acuerdo a la Norma CAPRE (1994) el valor máximo admisible para consumo humano es igual  $0,01 \text{mg.l}^{-1}$ , equivalente a  $10 \mu\text{g. l}^{-1}$ . De igual forma, el Pb se encontró en valores menores que el límite de detección ( $4,64 \mu\text{g. l}^{-1}$ ). De acuerdo a las Normas CAPRE (1994), el valor máximo admisible para considerar el agua apta para consumo humano es  $0,01 \text{mg.l}^{-1}$ , equivalente a  $10 \mu\text{g. l}^{-1}$ .

A pesar que el ambiente geológico de la zona está representada por formaciones volcánicas (Lillo, 2008), principalmente predominan las rocas basálticas (Ubillo, 2003), son propicias para detectar arsénico y plomo en la microcuenca del Río Mapachá, en este monitoreo no se detectaron. Es significativo destacar que el muestreo realizado es puntual y no define en decisivo que hay contaminación o no por estos metales. Dado que el arsénico es una sustancia química que produce cáncer en el ser humano, estudios epidemiológicos indican que el consumo de cantidades altas de arsénico en el agua potable está relacionado causalmente con el desarrollo de cáncer en varios órganos, en particular la piel, la vejiga y los pulmones, esto representa un problema a la salud pública en varios países del mundo (OMS, 2006).

De igual modo, el plomo es una sustancia que se acumula en el esqueleto humano, los niños menores de 6 años y las mujeres embarazadas son los vulnerables a su afecto adverso para la salud. El plomo es tóxico tanto para el sistema nervioso central como para el periférico e induce efectos neurológicos extra encefálicos y efectos conductuales. Los resultados de estudios epidemiológicos prospectivos

sugieren que la exposición prenatal al plomo puede tener efectos precoces en el desarrollo mental que no persisten hasta los cuatro años de edad. (OMS, 2006).

Por lo antes expuesto, es fundamental establecer un monitoreo de las aguas subterráneas cada seis meses con el objetivo de determinar el comportamiento de estos metales de acuerdo a las condiciones de extracción de agua, ya que con frecuencia las concentraciones altas de arsénico y plomo están estrechamente relacionadas con las profundidades de los pozos (OMS, 2006).

#### **4.5.5. Plaguicidas Organoclorados, Orgafosforados y Piretroides en aguas subterráneas**

Los resultados de los análisis de plaguicidas organoclorados, organofosforados y piretroides (cipermetrina) en aguas subterráneas para el muestreo de nov-13, para estos grupos de plaguicidas, reportan que fueron analizados, pero no detectados (AND). No se detectó cipermetrina a pesar que es uno de los agroquímicos más utilizados en la microcuenca con un 24% de uso; una de las razones de no detectar piretroides (cipermetrina), que estas sustancias químicas se caracterizan por ser muy poco solubles en agua ( $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ ), debido a su carácter hidrofóbico y presentan fuerte adsorción en el suelo (EULA, 2013; OMS, 1989; Perruzo, y otros, s.f).

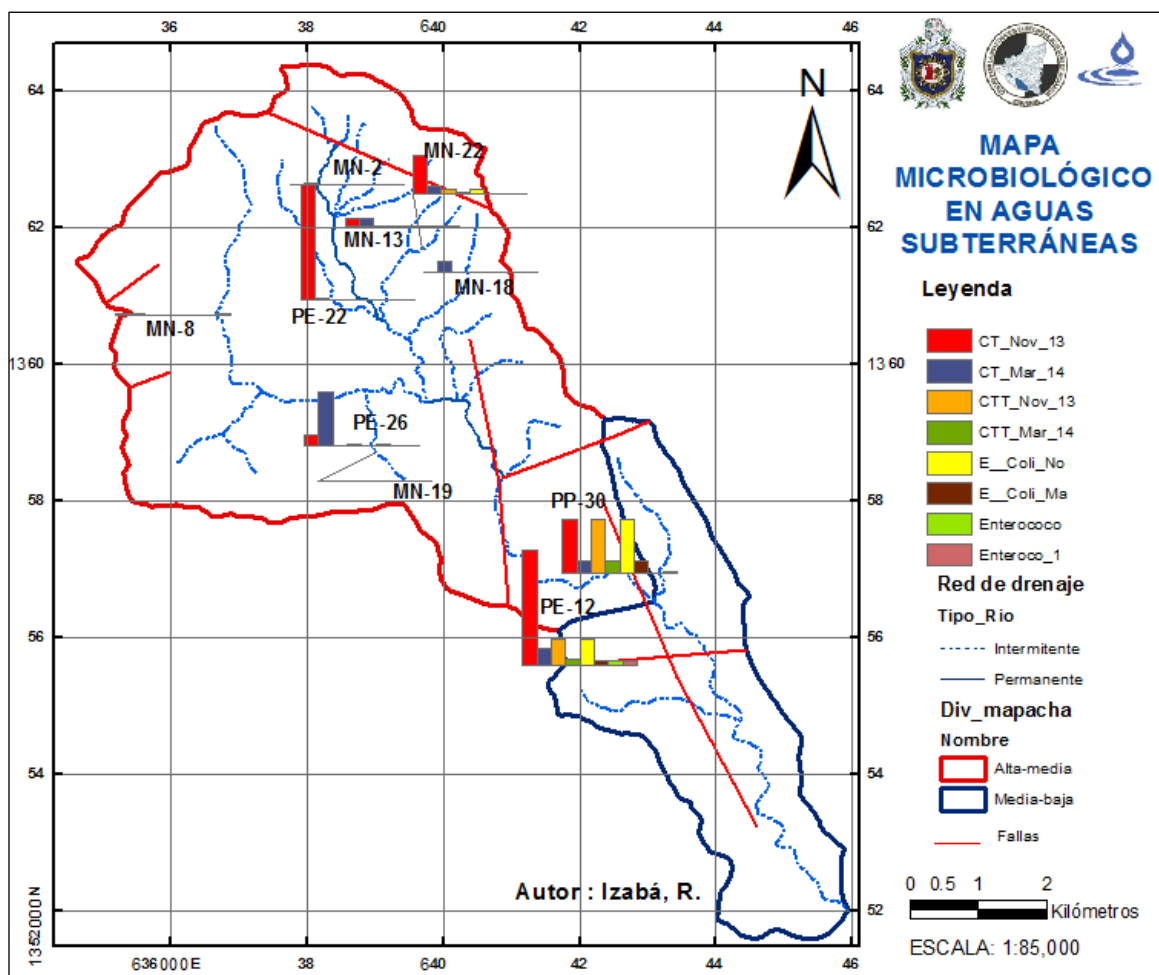
El no encontrar plaguicidas en aguas subterráneas en la microcuenca, sea debido probablemente a que: 1) la adsorción de los plaguicidas a las partículas de suelo, en especial de aquellos con alto contenido de arcillas y materia orgánica (los suelos predominantes en la microcuenca son molisoles, que presentan textura entre franco a franco arcillosa); 2) a la degradación de los plaguicidas por efecto de reacciones químicas o bacterianas; y 3) al transporte de los mismos a través de la escorrentía superficial propia de la época lluviosa (ODEPA, SAG, & RPC, 1999).

#### 4.5.6. Microbiológico en aguas subterráneas

En el Mapa 24, se presentan los resultados microbiológicos de las muestras de agua tomadas en manantiales y pozos en el muestreo de nov-13 y mar-14. Los indicadores microbiológicos analizados son: Coliformes totales (CT), Coliformes termotolerantes (CTT), *Escherichia coli* (*E.Coli*) y Enterococos fecales.

Los resultados microbiológicos de ambos muestreos, indican la presencia de al menos uno de los indicadores microbiológicos presentes en el agua. En nov-13, el MN-13 presenta la mayor contaminación de origen fecal con concentraciones de: 1 700 NMP.100 ml<sup>-1</sup> de CT, 220 NMP.100 ml<sup>-1</sup> de CTT, *E. Coli* con 220 NMP.100 ml<sup>-1</sup> y Enterococos menos del límite de detección (<1,8 NMP.100 ml<sup>-1</sup>). En cuanto los pozos, el PE-12 y PE-22, ambos con 4 900 NMP.100 ml<sup>-1</sup> de CT; y los máximos valores de CTT y *E. coli* se encontraron en el PP-30, ambos con 2 300 NMP.100 ml<sup>-1</sup>.

En mar-14, los sitios que presentaron mayor contaminación son el MN-13, MN-18 y el MN-22. El MN-13, presentan mayor presencia de CTT con 79 NMP.100 ml<sup>-1</sup>, y el MN-18 presenta mayor presencia de Enterococos fecales con 46 NMP.100 ml<sup>-1</sup>. En el MN-22, refleja mayor presencia de CTT y *E. Coli* con un aumento a 11 NMP.100 ml<sup>-1</sup> con respecto al muestreo de nov-13. Los pozos que presentan mayor contaminación son el PE-12, PE-26 y PP-30. Los máximos valores de CT se encontraron en el PE-26 con 2 300 NMP.100 ml<sup>-1</sup>; los CTT y *E. Coli* en el PP-30 ambos con 490 NMP.100 ml<sup>-1</sup>, con una disminución con relación al muestreo de nov-13, para ambos indicadores de 1 810 NMP.100 ml<sup>-1</sup> respectivamente. En el PE-12 se encontraron mayor presencia de Enterococos con 210 NMP.100 ml<sup>-1</sup>.



**Mapa 24.** Concentraciones de los indicadores microbiológicos en NMP.100 ml<sup>-1</sup> en las aguas subterráneas de la microcuenca Mapachá. (nov-13 y mar-14)

La presencia de bacterias en el agua subterránea (manantiales y pozos monitoreados), indica que las aguas no son aptas para consumo humano de acuerdo a las Normas CAPRE<sup>3</sup>. La presencia de *E. Coli* es un indicador de contaminación de origen fecal (Calderón, Flores, & Delgado, 2009), proveniente de animales de sangre caliente (ser humano, animales), lo cual es corroborado con los

<sup>3</sup> De acuerdo con las Normas CAPRE (1994), el valor es de 0 NMP.100 ml<sup>-1</sup> de Coliformes Termotolerantes para agua no entubada y para agua entubada; de 0-3 NMP.100 ml<sup>-1</sup> Coliformes Totales para aguas entubadas y de 0-10 NMP.100 ml<sup>-1</sup> coliformes Totales para agua no entubadas.

resultados socio ambientales, en donde, del 10% de la población que no tiene letrina, el 36% practica el fecalismo al aire libre. Otro factor de gran impacto que influye en la contaminación por bacterias en las fuentes de agua, es la ubicación de las letrinas con respecto a las fuentes de agua, ya que las letrinas del 36% de la población se encuentran ubicadas aguas arriba de las fuentes de abastecimiento de agua, y un 10% de la población tiene ubicadas las letrinas paralelas a las fuentes de agua.

Una consecuencia de la contaminación por bacterias en los pobladores en la microcuenca del Río Mapachá, es la incidencia de diarrea, que se encuentra en un 33% de las enfermedades relacionadas con el agua en la población en estudio.

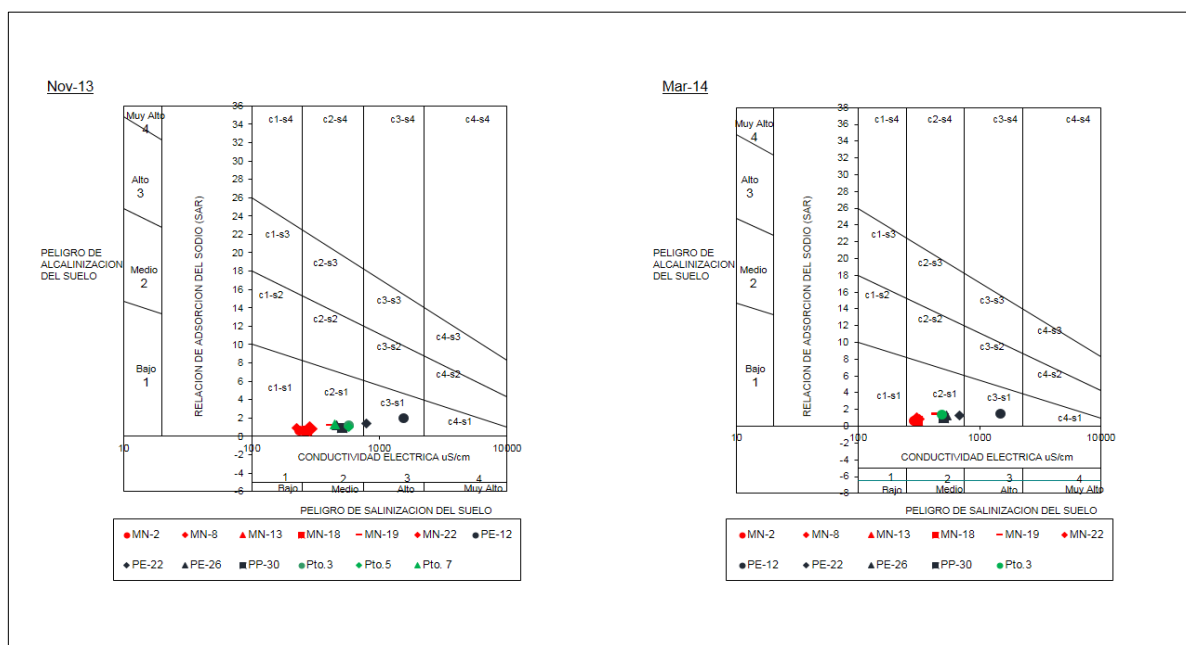
Los pozos más contaminados con materia fecal (PE-12 y PP-30), es a consecuencia de ubicarse dentro de un potrero, y a que las letrinas se ubican al menos de 10 m de los mismos.

Por último, se observó que la mayoría de las fuentes de agua no tiene cerca perimetral, aunque los pozos tienen brocal y los manantiales una estructura de concreto, en la orilla de estos se forman charcas de agua por la extracción del agua; y con el pase del ganado y animales domésticos, se encuentran expuesto a la contaminación.

#### **4.6. Clasificación del agua para riego en las aguas superficiales y subterráneas**

La clasificación de las aguas para riego es una información importante para la microcuenca del Río Mapachá, ya que la agricultura es una de las principales actividades que los habitantes realizan. Los resultados clasifican a las aguas del tipo C1-S1, C2-S1 y C3-S1 para nov-13; y de los tipos C2-S1 y C3-S1 para mar-14 (Gráfico 23). Las aguas de tipo C1-S1, son aguas de excelente calidad para todo tipo de riego, y puede decirse que son aguas de baja y media salinidad, y se pueden presentar algunos problemas de salinidad en suelos de baja permeabilidad; y C2-

S<sub>1</sub>, que son aguas de buena calidad, aptas para riego, con bajo a medio contenido en sodio; podría presentar problemas con cultivos sensibles al contenido de sodio o en suelos de textura fina. Por último, las aguas de tipo C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>, son aguas utilizadas para riego con precauciones, con alto contenido en sodio y salinidad. Solamente se puede utilizar para riego en suelo bien drenado, utilizando un considerable volumen de agua para lavar la salinidad (US Salinity Laboratory Staff, 1954). El PE-12 es el pozo que presenta el mismo tipo de agua para riego (C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>) en ambos muestreos; y el PE-22 en mar-13.



**Gráfico 23** Clasificación de agua para riego en las aguas superficiales y subterráneas en nov-13 y mar-14.

A la vez, también se realizó el análisis de boro en las muestras de agua (Tabla 27), para clasificar la calidad de agua para riego, con el fin de evitar problemas de toxicidad por este elemento.

Los resultados indican que las concentraciones de boro son menores de 0,7 mg. l<sup>-1</sup> para casi todos los sitios monitoreados en nov-13 y mar-14; con excepción del Pto. 5 Río Mapachá para nov-13 que presenta concentración de 1,01 mg. l<sup>-1</sup>. De acuerdo

a esta clasificación, todas las aguas subterráneas son aptas para riego sin problemas de toxicidad por boro. En cuanto a las aguas superficiales, la mayoría no presenta riesgo a la toxicidad por boro, menos el Pto. 5 que presenta un riesgo de leve a moderado por este elemento.

**Tabla 27.** Clasificación de la calidad de agua para riego para evitar problemas de toxicidad por el boro (nov-13 y mar-14). Fuente: Guía de evaluación de la calidad de agua para la agricultura (FAO, 1976).

Código/ fechas de monitoreo			Grado de restricción de uso de Boro en mg. l <sup>-1</sup>		
			Ninguno	Leve a moderado	Severo
Código	nov-13	mar-14	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
MN-2	0.14	0.11	Ninguno		
MN-8	0.12	0.08			
MN-13	0.11	0.06			
MN-18	0.14	0.05			
MN-19	0,16	0,11			
MN-22	0,14	0,05			
PE-12	0,23	0,26			
PE-22	0,24	0,14			
PE-26	0,13	0,10			
PP-30	0,20	0,16			
Pto.3 Río Las Lajas	0,02	0,14			
Pto.5 Río Mapachá	<b>1,01</b>				<b>De leve a moderado</b>
Pto. 7 Río Mapachá (confluencia)	0,02				

Las aguas de riego con concentraciones de boros mayores de 3 mg. l<sup>-1</sup> es la causa principal de toxicidad por Boro en la planta. La toxicidad por Boro, se caracteriza por crecimiento lento de la planta, mal formación de la hoja, color café y amarillento, incremento de moho y marchitez. La mayor exposición al boro para la población es a través de los alimentos, ya que este elemento se encuentra en plantas de hojas comestible (OMS, 2006).



## V. CONCLUSIONES

1. Uno de los factores que más contribuye a la erosión y a la compactación del suelo es la actividad ganadera, reduciendo la recarga al acuífero.
2. La salud de la población y la calidad del agua se ven afectadas por las condiciones marginales que derivan en inadecuadas prácticas de saneamiento de los habitantes de la microcuenca.
3. Las unidades geológicas del Terciario, las fallas y el medio físico de la zona, son factores determinantes que limitan la disponibilidad de las aguas superficiales.
4. El carácter influente del río en la parte media-baja de la microcuenca, no favorece la conservación del caudal base en la época seca.
5. La principal recarga potencial al acuífero se da en la parte alta-media de la microcuenca, correspondiente al acuífero poroso, encontrándose la disponibilidad hídrica en las aguas subterráneas.
6. La capacidad actual del acuífero para el abastecimiento de la población, se vería seriamente afectada ante un evento de sequía extrema.
7. El tipo hidroquímico bicarbonatado-cálcico-sódico, predominante en las aguas superficiales y subterráneas, es producto de la interacción del agua con las rocas basálticas y andesitas; exceptuando el punto 5 en el río y el PE-12, producto de fuentes puntuales de contaminación antropogénica.
8. De acuerdo a las Normas CAPRE (1994), las aguas subterráneas son aptas para consumo humano desde el punto de vista físico-químico, contenido de metales (arsénico y plomo) y plaguicidas, exceptuando el PE-12 por presentar concentraciones de nitrato que rebasan el valor recomendado. Desde el punto de vista bacteriológico, requieren de tratamiento previo, por presentar *Escherichia Coli*.

9. El incremento temporal de nitrógeno total y fósforo total en las aguas superficiales, es producto de fuentes puntuales de contaminación antropogénica; siendo de buena a excelente calidad de acuerdo al contenido de OD, DBO<sub>5</sub> y DQO.
10. Las aguas subterráneas son aptas para riego, con excepción del PE-12 por su clasificación C3-S1 y del Pto. 5 (Río Mapachá) por presentar concentración alta de boro.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Implementar un programa de educación ambiental para los pobladores de la microcuenca.
2. Crear Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) por comunidad con el fin de involucrar y empoderar a los actores locales en la Gestión de los Recursos Hídricos.
3. Diseñar un plan de reforestación de la microcuenca para proteger las zonas de recarga.
4. Implementar el área de protección en pozos y en manantiales para evitar el acceso de fuentes puntuales de contaminación, considerando la reubicación de letrinas y potreros.
5. Implementar un sistema de distribución de agua en Los Panamases y mejorar el sistema existente en Las Lajas, que son las comunidades que tienen mayor población.
6. Considerar para la perforación de pozos en la microcuenca las propiedades geológicas e hidráulicas del acuífero, para el abastecimiento de la población.
7. Elevar ante las autoridades municipales y actores principales de la microcuenca, la presente investigación como base para la elaboración de un Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, F. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Grupo Noriega Editores.
- Appelo, C., & Postma, D. (2005). *Geochemistry, groundwater and pollution*. London: CRC Press.
- Arumí, J. L., Rivera, D., Muñoz, E., & Billib, M. (2012). Interacciones entre el agua superficial y subterránea en la Región del Río Bío de Chile. *Obras y Proyectos*, 4-13.
- Auge, M. (2004). *Hidrología Ambiental*. Buenos aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- Banco Mundial. (2001). *Recurso hídrico per cápita por año de los países de centroamericano y otros países de referencia*. [www.aguayclima.com/agua/inicio.htm](http://www.aguayclima.com/agua/inicio.htm).
- Bautista Perdomo, J. M. (s.f.). Modelo del flujo de agua subterránea del sistema acuífero Valle. *Convección científica de arquitectura e ingeniería*.
- Buitrago, N. (2005). Evaluación del Potencial Hídrico en el Entorno a la Ciudad de Boaco. Tesis para optar al grado de Máster en Ciencias del Agua en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua).
- Cabello, C. B., & Ramirez, M. E. (2001). *Contaminación de las aguas por nitratos y efectos en la salud*.
- Calderón, H., Flores, Y., & Delgado, V. (2009). Evaluación de la Disponibilidad y Calidad de los Recursos Hídrico en San Juan del Sur. *Universidad y Ciencia*, 53-56.
- CAPRE. (1994). *Normas Técnicas Nacional para la Calidad de Agua Potable*.

- Caroll, E. (2006). *A Water Quality Assessment of the Upper Rio Fonseca Drainage Basin, Boaco*. Master of Science student in the Earth and Planetary Sciences University of New Mexico.
- Cisternas, M. (2010). *Caracterización hidroquímica de la Cuenca del río Andalgá, provincia de Catamarca, Argentina*. Programa Doctoral en Ingeniería Ambiental Universidad Internacional de Andalucía.
- CONAGAN. (2015). Estrategias para el Mejoramiento de la Productividad de la Ganadería Nicaragüense. *VI Congreso Nacional Ganadero*. Managua, Nicaragua: CONAGAN, CARNICARNE.
- CONAGUA. (27 de agosto de 2014). *Indicadores de Calidad de Agua superficiales*. Obtenido de Indicadores de Calidad de Agua superficiales: <http://www.cna.gob.mx>
- Concepción, E.-U. d. (2013). *Determinación de posible impacto de la cipermetrina y deltametrina en el medio marino y su efecto Mytilus chilensi*.
- Corrales, D. (2005). *Estudio Hidrogeológico del Funcionamiento del Acuífero de Estelí*. Trabajo para optar al grado de Máster en ciencia del agua. CIRA/UNAN-Managua.
- Custodio, E., & Llamas, M. R. (2001). *Hidrogeología subterránea* (segunda edición ed.). Omega.
- Delgadillo Santander, A. (s.f.). Obtenido de [webdelprofesor.ula.ve/.../MORFOMETRÍA%20DE%20CUENCAS.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/.../MORFOMETRÍA%20DE%20CUENCAS.pdf).
- EPA. (2000). *Ambient Water Quality Information Supporting the Development of State and Tribal Nutrient Criteria Criteria Recommendations Rivers and Streams in Nutrient Ecoregion XII*. EPA.

- EULA. (2013). *Determinación del posible impacto de la cipermetrina y deltametrina en el medio marino y su efecto en *Mytilus chilensis**. Chile: Universidad de Concepción, centro EULA.
- Esteller, M., & Díaz Delgado, C. (N.d). Calidad y contaminación del acuífero profundo del Valle de Toluca, EDO México. 1st Joint World Congress on Groundwater.
- eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/maps/LatinAmerica.../11\_Nicaragua.pdf. (s.f.). Recuperado el 26 de Noviembre de 2013
- Fenzl, N. (1989). *Nicaragua: Geografía, clima, geología y hidrogeología*. Belem, UFPA/INETER/INAN.
- Fetter, C. (2001). *Applied Hydrogeology* (4 Editions. ed.).
- Flores Sánchez, S. (2005). *Flujo de macronutrientes (fósforo y nitrógeno) del Subsistema Hidrológico Lago Cocibolca: Estimación de carga superficial en relación al uso del suelo*. tesis para optar al título de Máster en Gestión del Medio Ambiente y Recursos Naturales. UNAN-Managua.
- Fuentes, J. (2004). *Análisis Morfométricos de Cuencas: Caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancítaro*. Instituto Nacional de Ecología.
- Galindo, E., Otazo, E., & Reyes, R. (2010). Balance hídrico en el Acuífero Cuautitlan-Pachuca, México, Porecciones para 2021. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 65-90.
- García, A., Moyano, A., & Mayorga, P. (2005). High arsenic contents in groundwater of central Spain. *Environ Geol*.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., . . . Krasilnikov, P. (2014). *Atlas de suelo de América Latina y El Caribe, Comisión Europea*. Luxembourg: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

- Gasparí, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Denegri, G., Delgado, M., & Besteiro, S. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta, del río Sauce Grande, Buenos Aire, Argentina. La Plata, Argentina: 7mo Congreso de Medio Ambiente.
- González, J., & Guerra, F. (2002). Caracterización morfométrica de la cuenca de la Quebrada, La Bermeja, San Cristobal, Venezuela. *Geoenseñanza*, 88-108.
- Hecht. (1989). Mapa Hidroquímico de la Región del Pacífico. INETER.
- Hem, J. D. (1989). *Study and Interpretation of the chemical Characteristics of Natural Water*. Science for a changing world.
- Hervás, M., & Blancas, C. (2001). *Contaminación de las aguas por nitratos y efecto sobre la salud*. Sevilla, España: Consejería de salud.
- Hiscock, K. (2005). *Hydrogeology*. BLACKWELL PUBLISHING.
- Hoehn, E., & Scholtis, A. (2011). Exchange between a river and groundwater, assessed with hydrochemical data. *Hydrology and Earth System Sciences.*, 983–988.
- Ibáñez, S., Moreno, H., & Gisbert, J. (s,f). Morfología de la cuenca hidrográfica. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- INEC. (2006). *VII censo de población y IV de viviendas. Viviendas por municipios volumen II*. Managua, Nicaragua: INEC.
- INETER. (2004). *Mapificación hidrogeológica e hidrogeoquímica de la Región central de Nicaragua*. COSUDE\_INETER.
- INETER. (2005). *Atlas climático*. Managua: Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales. Unidad de metereología.
- INETER. (2009). *Estudio de la Caracterización hidrogeologica e Isotópica del lago de Nicaragua*.

- INIDE. (2007). *Estimación y Proyecciones de la Población Nacional, Departamental y Municipal*. Managua, Nicaragua: INIDE.
- INIDE, & MAGFOR. (2013). *Departamento de Boaco y sus municipios: Uso de la tierra y el agua en el sector agropecuario*. Managua: IDIDE/MAGFOR.
- Johnson, R. (1990). *Estadística Elemental*. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Krásný, J., & Hecht, G. (1989). *Estudio Hidrogeológico e Hidrogeoquímico de la Región del Pacífico de Nicaragua*. Managua: INETER.
- Lillo, J. (2008). Peligro Geoquímico: Arsénico de Origen Natural en las Aguas.
- Londoño, C. (2001). *Cuencas Hidrográficas: Bases conceptuales, caracterización, planificación y Administración*. Ibagué: Universidad del Tolima.
- Losilla, M., Rodríguez, H., Schosinky, G., Stimson, J., & Bethune, D. (2001). *Los acuíferos volcánicos y el desarrollo sostenible de América Central*. Universidad de Costa Rica.
- MAGFOR. (2010). *Compendio de mapas Nicaragua: Uso potencial de la tierra*. Managua.
- MAGFOR. (2013). [www.magfor.gob.ni](http://www.magfor.gob.ni). Obtenido de <http://www.magfor.gob.ni/estadisticas.html>
- MARENA. (2010). *Caracterización de la Cuenca 69, Río San Juan*.
- Meays, C., & Nordin, R. (2013). *Ambient Water Quality Guidelines For Sulphate*. MINISTRY OF ENVIRONMENT PROVINCE OF BRITISH COLUMBIA.
- Mendieta, M. (2010). *Análisis Socioeconómico y ambiental de las comunidades del municipio de San Lorenzo, Boaco-Nicaragua*. Boaco: Programa Regional de Maestría en Planificación y Gestión Territorial de los riesgos del agua y del medio ambiente con enfoque de multiculturalidad y género.



- Montalvo, J., García, I., Loza, S., Esponda, S. C., César, M. E., González, R., & Hernández, L. (2008). Oxígeno disuelto y materia orgánica en cuerpos de agua de interiores del Archipiélago Sabana, Camabüey, Cuba. *Serie Oceanológica*.
- Mora López, H. (2002). *Migración de Plomo a través de facies hidroquímicas en agua subterráneas*. Madrid.: Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Mora, D., Alfaro, N., Portugués, C., & Peinador, M. (2000). Cálculos en las vías urinarias y su relación con el consumo de calcio en el agua de bebida en Costa Rica. *Revista Costarricense Salud Pública*, 61-70.
- Munch, L. (1996). *Métodos y Técnicas de Investigación*. Trillas.
- Nacional, L. A. (11 de Febrero de 2000). Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. Normas para la Clasificación de los Recursos Hídricos. 98, *NTON-05 007*. Managua, Nicaragua.
- Neira, M. (2006). *Dureza en el agua de consumo humano y uso industrial, impacto y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile*. Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. departamento de Ingeniería Civil.
- Nicaragua, A. N. (11 de febrero de 2000). Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para la Clasificación de los Recursos Hídricos. *NTON 05 007-98*. Managua, Nicaragua.
- ODEPA, SAG, & RPC. (1999). *Manual y capacitación para el buen uso y manejo de Plaguicidas*. Chile: Oficina de estudios y políticas agrarias, Servicio agrícola y ganadero. .
- OMS. (1989). *Cipermetrina, guía para la salud y seguridad*. Centro Paramericano de Ecología Humano y Salud. Programa de salud Ambiental. Organización Panamericana de Salud. Organización Mundial de la Salud.

- OMS. (2003). *Domestic water Quantity, Service level and Health*. Geneva, Switzerland: WHO Document production Services.
- OMS. (2006). *Guía para la calidad del agua*. Organización Mundial de la salud.
- ONU. (2013). *Objetivos de Desarrollo del Milenio: Informe 2013*. New York.
- OPS. (2006). *Guía para la educación sanitaria de usuarios de sistemas de agua y saneamiento rural*. Lima, Perú.: OPS.
- Pacheco, J., & Cabrera, A. (2003). Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas. *Ingeniería*, 47-54.
- Padilla Cámbara, T., & García Álvarez, N. (2012). Hidroquímica del agua superficial de la subcuenca del río Quiscab, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.*, 17-20.
- Perruzo, P., Mariano, D., Cremonte, C., Da Silva, M., Porta, A., & Ronco, A. (s.f). Impacto de pesticidas en Aguas Superficiales y Sedimentos Asociados en Cultivos y siembra Directa. *Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua: Para la Vida y el Desarrollo Sostenible*. Universidad del Valle/Instituto Cinara.
- Roldán y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Universidad de Antioquía.
- salud, O. M. (1989). *Cipermetrina: Guía para la salud y la seguridad*.
- Sánchez, F. J. (Mayo de 2006). Evapotranspiración. Salamanca: Departamento de Geología, Universidad de Salamanca.
- Schosinsky, G. (2006). *Cálculo de la Recarga Potencial del Acuífero Mediante el Balance Hídrico de Suelo*. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica.

- Schosinsky, G., & Losilla, M. (2000). Modelo Analítico para determinar la infiltración en base a la lluvia mensual. *Revista Geológica de América Central*, 43-55.
- Staff, U. S. (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and alkali soils*. L. A. Richards, Editor .Soil and Water Conservation Research Branch. Agricultural Research Service.
- Ubillo, J. (2003). *Estudio sobre la presencia del plomo en el ambiente de Talara en el 2003*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- UNESCO. (1981). *Métodos de Cálculo del Balance Hídrico*.
- UNESCO. (1985). *Agua Subterránea en rocas duras*. Paris: Imprimerie de la Manutention , Mayenne.
- UNESCO. (2006). *El Agua una responsabilidad compartida: Segundo Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. UNESCO.
- Vammen, K., Hurtado, I., Picado, F., Flores, Y., Calderón, H., Delgado, V., . . . Sáenz, R. (2012). *Diagnóstico del agua en las Américas: Recursos hídricos en Nicaragua: Una visión estratégica*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC.
- Vargas, A. (1998). Balance Hídrico en la Cuenca Alta del río Reventazón. *Revista Geológica de Americacentral*, 37-46.
- Vargas, J., De La Fuente, L., & Arumí, J. L. (2012). Balance Hídrico mensual de una cuenca Patagónica de Chile. *Obras y Proyectos.*, 32-41.
- Vasconcelos, M. T. (2009). *Avaliação da qualidade da água. Base tecnológica para la gestão ambiental*. . Copa e editoração eletrônica. Izap tecnologia e serviços. .
- Wang, P., Yu, j., & Liu, C. (2013). Groundwater recharge and hydrogeochemical evolution in the Ejina Basin, northwest China. . *Journal of Hydrology*, 72-86.

Winter, T. C., Harvey, J. W., Franke, O. L., & Alley, W. M. (1998). *Ground Water and Surface Water A Single Resource*. U.S. Geological Survey Circular 1139.

WRB, I. G. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103*. Roma: FAO.

## VII. ANEXOS

### Anexo I. Inventario de objetos Hidrogeológicos

#### 1.1. Inventario de Pozos

ID	Propietario	Comunidad	E	N	Elev msnm
PE-1	Roberto Reyes	Las Guabas	636455	1361380	291
PE-2	Manuel Alvarado		636241	1361670	316
PE-4	Marcos Alvarado		636075	1361644	335
PE-39	Ángel Ugarte	La Güebe	636682	1360973	287
PE-40	Roberto Reyes		637005	1361371	308
PE-5	Pablo García	Los bajos	637197	1359732	266
PE-6	Pablo García		636916	1359766	253
PE-7	Antonio Ortiz		637356	1359545	254
PE-8	Tomás Ortiz		637098	1359309	269
PE-37	Leonel Ortiz		636652	1359203	266
PE-13	Luis Alberto Reyes	El Caribe	639897	1360615	282
PE-15	Fidelina Cordonero		639789	1360878	289
PE-18	Erlin Moraga G.		639366	1360777	272
PE-19	Carlos Moraga		639632	1360627	259
PE-21	Francisco García Reyes		639855	1360352	261
PE-22	Pozo Comunal	Los Panamases	638741	1360952	258
PE-24	Jessica Miranda		638694	1361109	279
PE-35	Francisco García		638631	1360933	245
PE-25	Romalia Espinoza	La Uva	638839	1358811	272
PE-26	Juan Ortiz		638795	1358803	268
PE-28	Danilo José Umaña		639023	1358616	272
PE-38	José Ángel Reyes		638983	1359463	254
PP-30	César Téllez	Mapachá	642575	1356951	153
PE-31	Juan Téllez León		642852	1356762	154
PE-32	Serafín Ortiz Téllez		642886	1356726	159
PE-33	Pedro José Téllez		643351	1356192	138
PE-34	Jaser Miranda		644064	1355167	135
PE-10	Pozo Comunal	El Tigre	641591	1356831	189
PE-11	Teófilo Miranda		641809	1356780	173
PE-12	Nazarío Ortiz		641995	1356750	142

## 1.2. Inventario de Manantiales

ID	Propietario	Comunidad	E	N	Elevación msnm	
MN-1	Manantial comunitario	La Pita	638741	1363262	467	
MN-2	Manantial comunitario		638864	1363024	447	
MN-3	Néstor Fitoria Reyes		638867	1363007	443	
MN-4	Manantial comunitario		638935	1363051	442	
MN-5	Manantial Comunitario		638805	1363204	459	
MN-12	Manantial comunitario	El Aguacate	639589	1361756	378	
MN-13	Manantial El Ojochal		639700	1361690	394	
MN-14	Manantial Coyanchigüe		639913	1361565	386	
MN-15	Manantial El Limón		640048	1361722	425	
MN-16	Comunal (Ortiz Gaitán)		640151	1361549	398	
MN-18	Manantial para MAG-EL Caribe.		640385	1361490	394	
MN-21	Manantial Los Cocos		640488	1361366	430	
MN-22	Carmelo Téllez		639391	1362023	414	
MN-23	Carmelo Téllez		639223	1362044	380	
MN-19	Manantial comunitario		La Uva	638967	1358689	269
MN-20	Manantial comunitario			639091	1358670	271
MN-24	Manantial comunitario	639115		1358646	289	
MN-7	Ramón Reyes	Las Guabas	636067	1361553	320	
MN-8	Manantial comunitario	La Güebe	636037	1360722	382	
MN-9	Juan Téllez		636042	136720	352	
MN-10	Ángel Ugarte		635964	1360374	362	
MN-25	Evenor Téllez		636055	1360712	350	
MN-11	Manantial comunitario	Las Lajas	638359	1362040	314	

## Anexo II. Encuesta socio-Ambiental aplicada a la población de la Microcuenca del Río Mapachá

### ENCUESTA SOCIO-AMBIENTAL MICROCUENCA MAPACHÁ

Departamento: Boaco Municipio: San Lorenzo  
Comunidad \_\_\_\_\_

#### A. DATOS GENERALES

A.1 Nombre del jefe o jefa de familia \_\_\_\_\_

A.2 Sexo: 1. Masculino 2. Femenino. A.3. Edad del entrevistado \_\_\_\_\_

A.4. ¿Cuántas personas viven actualmente en esta vivienda? \_\_\_\_\_

#### A.5 Cuadro Familiar

N°	(5.1) Parentesco con el jefe del hogar	Sexo (5.2) 1. Masculino 2. femenino	(5.3) Edad	(5.4) Nivel escolar: Número de grado aprobado	(5.5) ocupación	(5.6) Ingreso mensual (C\$)

Clave parentesco: 1. Jefe del hogar. 2. Esposo(a) 3. Hijo(a) 4. Hermano(a) 5. Suegro(a) 6. Tío(a)

7. Primo(a) 8. Hijastro 9. Madre 10. Otro \_\_\_\_\_ (anotar)

#### A.6 Esta vivienda es:

1. Propia 2. Alquilada 3. Prestada Otro \_\_\_\_\_

#### B. ACTIVIDAD PRODUCTIVA

(B.1) Cultivos 1. Maíz 2. Frijol 3. Sorgo 4. Malanga 5. Pipián 6 Ayote Otro:	(B.2) Área sembrada (mz)	(B.3) Rendimientos Por área Sembrada	(B.4) Utiliza riego 1.Sí 2. No	(B.5) Qué volumen de Agua utiliza(MC)

<b>B.6. PLAGUICIDAS</b>							
(B.1) Tipo	(B.2) Volumen por manzana	(B.3.) Frecuencia de uso	(B.4) Combina Plag. /Cuáles	(B.5) Ultimo año utilizado	(B.6) Tipo de Almacenamiento / Distancia de la Fuente de agua	(B.7) Otros insumos utilizados en el cultivo	(B.8) Técnica de Cultivo
							Manual / Animal

(B.9) Tipo de ganado	(B.10) Cantidad unidad	(B.11) Área utilizada para ganado (mz)	(B.12) Volumen de agua utilizada(MC)
1.Bovino			
2.porcino			
3.Avícola			
4.Caballo o animales de carga			

### **C. INFORMACIÓN GENERAL DE FUENTES DE AGUA-CUENCAS HIDROGÁFICAS**

C.1 ¿Para usted cual es la importancia del agua?

C.2 ¿Cuál es la fuente de agua con mayor importancia en su comunidad?

C.3 ¿Conoce usted si la fuente de agua está contaminada está contaminada?

1. Si    2. No

C.4 ¿Con qué están contaminadas la fuente de agua?

1. Basura
2. Agroquímicos
3. Aguas grises
4. Animales domésticos libres

Otros \_\_\_\_\_

### **D. AGUA y SANEAMIENTO**

D.1 ¿Cómo se abastece de agua esta vivienda?

1. Río
2. Pozo perforado
3. Pozo excavado



4. Manantial /Ojo de agua
5. Conexión comunitaria
6. Casa vecina
- Otro\_\_\_\_\_

D. Estación del año	(D.2) Cantidad de agua utilizada(barriles)	(D.3) Frecuencia de disponibilidad de agua(días/semana)
1. Época seca		
2. Época lluviosa		

D.4. ¿Qué tipo de tratamiento y mantenimiento le dan a la fuente de agua?

1. Ninguno
2. Clorado
3. Limpieza de pozo
4. Limpieza del manantial/ojo de agua
5. Limpieza de miniacueducto
- Otro\_\_\_\_\_

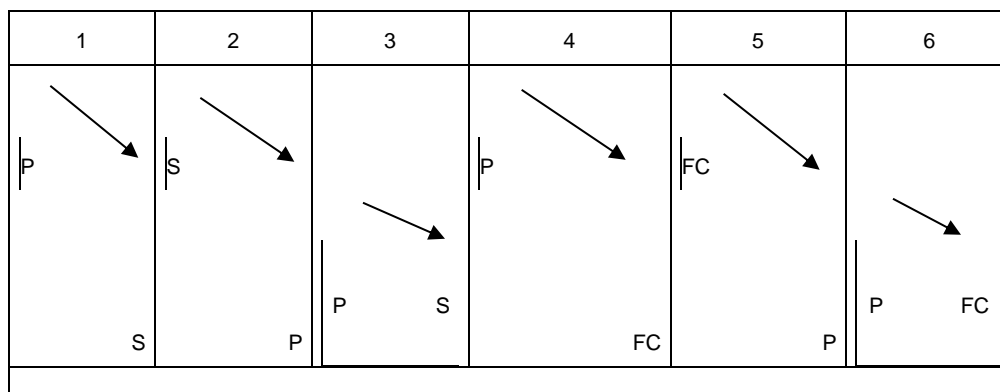
D. 5 ¿Con qué frecuencia le dan mantenimiento a la fuente de agua

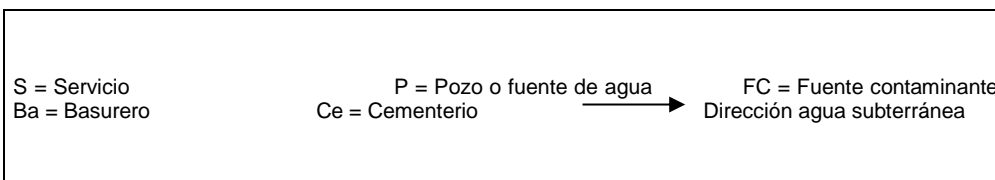
D.6. ¿Tipo de servicio sanitario tiene está vivienda?

1. No tiene servicio sanitario
2. Letrina
3. Inodoro

D.7. Si no tiene letrina ¿En qué lugar deposita los desechos sólidos?

D.8. Ubicación de la letrina con respecto a la fuente de agua.





## E. Salud

E.1 ¿Cuáles son las enfermedades más frecuentes en la familia por la falta y uso del agua?

E.2 ¿Adónde acude en caso de enfermedad?

Puesto de salud de la comunidad

1. Al Centro de salud más cercano al municipio
  2. Al hospital de El Papayal
  3. Al hospital de Boaco
- Otro\_\_\_\_\_

E.3 ¿Con que frecuencia asiste al puesto de salud por enfermedades relacionadas con el agua?

## F. DESECHOS SÓLIDOS

F.1 Cuanta basura generan diario en la casa?

F.2 ¿Qué acostumbra hacer con la basura?

1. La tira a la calle
  2. La tira en predio
  3. La quema
  4. La entierra
- Otro\_\_\_\_\_

F.3 ¿Con que frecuencia tira/quema usted la basura al patio o a predios?

1. Siempre
2. A veces
3. Nunca

F.4. ¿Dónde queda ubicado el lugar donde deposita la basura con respecto a la fuente de agua?

F.5 ¿usted como madre o padre de familia orienta a los de su hogar depositar la basura en un recipiente?

1. Sí, siempre
2. Si, a veces
3. No

#### **G. USO DEL RECURSO FORESTAL**

G1. ¿De dónde obtiene la leña para cocinar?

G2. ¿Alguna vez usted ha vendido leña en su comunidad? **1. Si** **2. No**

G3. ¿Usted ha considerado reforestar como fuente propia de leña?

G4. Como ciudadano, a usted ¿cómo le afecta el despale en su comunidad, escuela, finca u hogar?

G5. En el sitio donde vive, ¿Ha observado disminución y/o afectación en las fuentes de aguas, erosión/sedimentación por falta de árboles?

1. Disminución de las fuentes de agua
2. Disminución de los bosques
3. Disminución de La fauna
4. Erosión/sedimentación en el suelo

Otros\_\_\_\_\_

**Muchas gracias por su colaboración**

### Anexo III. Aforos en aguas superficiales del periodo junio 2013 a marzo 2014

No.	Nombre ríos	Este	Norte	Promedio	Q
				(m <sup>3</sup> . d <sup>-1</sup> )	MMCA
1	Las Guabas	638384	1362068	3104,02	1,13
2	El Guabo	639533	1360247	10035,36	3,66
3	El Terrero	639643	1359494	28969,78	10,57
4	Las Lajas (aguas arribas)	640484	1358938	25967,41	9,48
5	Las Lajas (aguas abajo)	640864	1357618	34316,23	12,53
6	Mapacha (aguas arribas)	643164	1356440	20726,88	7,57
7	Mapachá (Centro)	644261	1354658	25736,82	9,39
8	Mapacha ( a 100 m de la confluencia)	645786	1352130	15900,82	5,80

Simbología: SD: sin dato. RS: Río seco.

## Anexo IV. Nivel Estático y Piezométrico

Datos Generales						jun-13		ago-13		oct-13		feb-14		mar-14	
ID	Propietario	Comunidad	E	N	Elev msnm	NEA m	NP m	NEA m	NP m	NEA m	NP m	NEA m	NP m	NEA m	NP m
PE-1	Roberto Reyes	Las Guabas	636455	1361380	291	3,54	287,5	2,2	288,8	1,63	289,37	4,22	286,78	5,11	285,89
PE-2	Manuel Alvarado	Las Guabas	636241	1361670	316	8,41	307,6	6,32	309,68	4,62	311,38	7,4	308,6	7,26	308,74
PE-4	Marcos Alvarado	Las Guabas	636075	1361644	335	7,21	327,8	7,1	327,9	5,91	329,09	7,29	327,71	7,16	327,84
PE-39	Ángel Ugarte	La Güebe	636682	1360973	287	SD	SD	SD	SD	5,49	281,51	6,17	280,83	6,47	280,53
PE-40	Roberto Reyes	La Güebe	637005	1361371	308	SD	SD	SD	SD	0,14	307,86	0,72	307,28	0,96	307,04
PE-5	Pablo García	Los bajos	637197	1359732	266	3,82	262,2	2,53	263,47	1,62	264,38	3,46	262,54	3,07	262,93
PE-6	Pablo García	Los bajos	636916	1359766	253	2,56	250,4	1,44	251,56	0,34	252,66	3,22	249,78	2,48	250,52
PE-7	Antonio Ortiz	Los bajos	637356	1359545	254	3,62	250,4	3,4	250,6	1,6	252,4	4,24	249,76	4,72	249,28
PE-8	Tomás Ortiz	Los bajos	637098	1359309	269	3,74	265,3	2,92	266,08	1,25	267,75	3,51	265,49	3,61	265,39
PE-37	Leonel Ortiz	Los bajos	636652	1359203	266	SD	SD	1,25	264,75	0,79	265,21	1,28	264,72	1,68	264,32
PE-13	Luis Reyes	El Caribe	639897	1360615	282	3,73	278,3	3,27	278,73	1,29	280,71	3,32	278,68	3,69	278,31
PE-15	Fidelina Cordonero	El Caribe	639789	1360878	289	4,42	284,6	4,18	284,82	3,75	285,25	4,36	284,64	4,71	284,29
PE-18	Erlin Moraga G.	El Caribe	639366	1360777	272	6,52	265,5	5,16	266,84	3,26	268,74	5,13	266,87	5,82	266,18
PE-19	Carlos Moraga	El Caribe	639632	1360627	259	2,24	256,8	2,12	256,88	1,92	257,08	2,35	256,65	2,6	256,4
PE-21	Francisco García	El Caribe	639855	1360352	261	9,06	251,9	8,5	252,5	5,96	255,04	8,9	252,1	9,36	251,64
PE-22	Pozo Comunal	Los Panamases	638741	1360952	258	2,47	255,5	2,01	255,99	1,95	256,05	2,06	255,94	2,56	255,44
PE-24	Jessica Miranda	Los Panamases	638694	1361109	279	2,02	277	2,19	276,81	1,38	277,62	2,19	276,81	2,28	276,72
PE-35	Francisco García	Los Panamases	638631	1360933	245	SD	SD	9,98	235,02	9,38	235,62	10,4	234,6	11,08	233,92
PE-25	Romalia Espinoza	La Uva	638839	1358811	272	7,85	264,2	7,71	264,29	6,61	265,39	7,66	264,34	7,86	264,14
PE-26	Juan Ortiz	La Uva	638795	1358803	268	9,98	258	10,02	257,96	9,51	258,49	10,03	257,97	10,31	257,69
PE-28	Danilo José Umaña	La Uva	639023	1358616	272	3,40	268,6	2,51	269,49	3,00	269	2,58	269,42	2,91	269,09
PE-38	José Ángel Reyes	La Uva	638983	1359463	254	SD	SD	5,9	248,1	4,35	249,65	6,39	247,61	7,13	246,87
PP-30	César Téllez	Mapachá	642575	1356951	153	SD	SD	7,4	145,6	7,91	145,09	8,02	144,98	8,29	144,71
PE-31	Juan Téllez León	Mapachá	642852	1356762	154	SD	SD	3,86	150,14	3,17	150,83	4,55	149,45	4,94	149,06
PE-32	Serafín Ortiz Téllez	Mapachá	642886	1356726	159	SD	SD	3,71	155,29	2,95	156,05	4,48	154,52	5,17	153,83
PE-33	Pedro José Téllez	Mapachá	643351	1356192	138	SD	SD	1,94	136,06	1,87	136,13	3,71	134,29	5,04	132,96
PE-34	Jaser Miranda	Mapachá	644064	1355167	135	SD	SD	2,86	132,14	1,73	133,27	3,84	131,16	5,25	129,75
PE-10	Pozo Comunal	El Tigre	641591	1356831	189	1,19	187,8	0,95	188,05	0,33	188,67	1,08	187,92	1,27	187,73
PE-11	Teófilo Miranda	El Tigre	641809	1356780	173	4,15	168,9	4,04	168,96	3,64	169,36	4,39	168,61	4,81	168,19
PE-12	Nazario Ortiz	El Tigre	641995	1356750	142	2,47	139,5	2,45	139,55	2,05	139,95	2,5	139,5	3,44	138,56

SD: Sin Datos. PE: Pozo excavados PP: Pozo perforados

### Anexo V. Aforos de Manantiales

Datos generales						Q (m <sup>3</sup> . s-1)			
ID	Propietario	Comunidad	E	N	Elevación msnm	ago-13	oct-13	feb-14	mar-14
MN-1	Manantial comunitario	La Pita	638741	1363262	467	0.00017	0.00035	0.00017	0.00011
MN-2	Manantial comunitario	La Pita	638864	1363024	447	0.00039	0.00048	0.00035	0.00025
MN-3	Néstor Fitoria Reyes	La Pita	638867	1363007	443	0.00021	0.00024	0.00012	0.00008
MN-4	Manantial comunitario	La Pita	638935	1363051	442	0.00076	0.00097	0.00092	0.00089
MN-5	Manantial Comunitario	La Pita	638805	1363204	459	0.00007	0.00015	0.00006	0.00004
MN-12	Manantial comunitario	El Aguacate	639589	1361756	378	0.00007	0.00011	0.00005	0.00001
MN-13	Manantial El Ojochal	El Aguacate	639700	1361690	394	0.00061	0.00083	0.00042	0.00038
MN-14	Manantial Coyachigüe	El Aguacate	639913	1361565	386	0.00002	0.00004	0.00003	0.00003
MN-15	Manantial El Limón	El Aguacate	640048	1361722	425	0.00015	0.00025	0.00020	0.00005
MN-16	Comunal (Ortiz Gaitán)	El Aguacate	640151	1361549	398	0.00010	0.00000	0.00008	0.00003
MN-18	Manantial para MAG-EL Caribe.	El Aguacate	640385	1361490	394	0.00123	0.00163	0.00124	0.00120
MN-21	Manantial Los Cocos	El Aguacate	640488	1361366		0.00047	0.00055	0.00054	0.00053
MN-22	Carmelo Téllez	El Aguacate	639391	1362023	414	0.00023	0.00027	0.00026	0.00025
MN-23	Carmelo Téllez	El Aguacate	639223	1362044	380	0.00007	0.00009	0.00004	0.00004
MN-19	Manantial comunitario	La Uva	638967	1358689	269	0.00014	0.00020	0.00013	0.00012
MN-20	Manantial comunitario	La Uva	639091	1358670	271	0.00019	0.00040	0.00001	0.00000
MN-24	Manantial comunitario	La Uva	639115	1358646	289	0.00011	0.00000	0.00000	0.00000
MN-7	Ramón Reyes	Las Guabas	636067	1361553	320	0.00002	0.00020	0.00004	0.00001
MN-8	Manantial comunitario	La Güebe	636037	1360722	382	0.00077	0.00087	0.00068	0.00067
MN-9	Juan Téllez	La Güebe	636042	136720	352	0.00000	0.00049	0.00042	0.00041
MN-10	Ángel Ugarte	La Güebe	635964	1360374	362	0.00009	0.00010	0.00000	0.00000
MN-25	Evenor Téllez	La Güebe	636055	1360712	350	0.00000	0.00101	0.00034	0.00020
MN-11	Manantial comunitario	Las Lajas	638359	1362040	314	0.00000	0.00000	0.00012	0.00009

## Anexo VI. Parámetros de campo en campaña de muestreo en noviembre-2013 y marzo-2014

### 6.1. Campaña de muestreo nov-13

ID	Comunidad	Fecha	Hora	E	N	Elevación msnm	pH	T °C	CE μs.cm <sup>-1</sup>	OD mg. l <sup>-1</sup>	Redox mV	Saturación Oxígeno %	Alcalinidad mg. l <sup>-1</sup>
MN-2	La Pita	19/11/2013	09h50	638586	1362638	372	6,53	26,4	258	2,8	138,8	36,2	427,5
MN-8	La Güebe	19/11/2013	09h00	636026	1360736	356	6,64	28,66	292	1,96	-113,7	26,6	427,5
MN-13	El Aguacate	20/11/2013	10h31	639692	1361696	386	7,1	26,31	269	3,44	-132	45	427,5
MN-18	El Aguacate	20/11/2013	11h28	640301	1361350	384	6,86	29,33	272	2,98	-132,4	41,9	427,5
MN-19	La Uva	18/11/2013	10h43	638993	1358701	388	6,71	28,2	436	0,92	-132,1	12,3	855
MN-22	El Aguacate	19/11/2013	08h10	639394	1362024	404	6,89	26,4	307	3,9	173,3	50,1	427,5
PE-12	El Tigre	21/11/2013	06h36	641994	1356767	163	6,79	27,6	1301	1,62	-63,2	21,1	427,5
PE-22	Los Panamases	18/11/2013	11h22	638740	1360959	276	7,07	27,02	749	1,25	-138,6	17	427,5
PE-26	La Uva	18/11/2013	11h31	638792	1358809	266	6,83	28,8	476	1,63	-126,5	21,9	427,5
PP-30	Mapachá	21/11/2013	08h10	642583	1356951	153	6,62	29,1	521	2,2	-77,8	28,8	427,5
Pto.3 Río Las Lajas.	Caserío El Terrero	20/11/2013	10h15	640477	1358940	199	8,24	26,9	563	5,43	-91,5	69,5	427,5
Pto.5 Río Mapachá.	Mapachá	21/11/2013	09h05	643165	1356440	144	7,74	26,8	565	5,28	-79,4	69,6	427,5
Pto. 7 Río Mapachá.	San Antonio	21/11/2013	7h51	645755	1352120	56	8,41	26,22	421	3,64	-137	46,4	427,5

MN: Manantial PE: Pozo excavado, PP: Pozo Perforado, SD: Sin dato: RS: Río seco; Id: Límite de detección.

## 6.2 Campaña de muestreo marzo 2014

ID	Comunidad	Fecha	Hora	E	N	Elevación msnm	pH	T °C	CE µs.cm <sup>-1</sup>	OD mg. l <sup>-1</sup>	Redox mV	Saturación De Oxígeno %	Alcalinidad mg. l <sup>-1</sup>
MN-2	La Pita	11/03/2014	08h40	638741	1360952	372	6,61	27,2	263	6,83	Sd	Sd	427,5
MN-8	La Güebe	10/03/2014	10h30	636026	1360736	356	6,63	29,1	134,1	2,78	-184,4	36,8	427,5
MN-13	El Aguacate	11/03/2014	09h25	639700	1361690	386	7,3	26,6	129,8	4,04	-77,8	50,2	427,5
MN-18	El Aguacate	11/03/2014	10h15	640385	1361490	394	6,76	27,9	258	4,16	-163,8	54,6	427,5
MN-19	La Uva	03/03/2014	10h20	638898	1358972	262	6,91	32,8	184,2	4,22	-335,2	61	855
MN-22	El Aguacate	11/03/2014	08h45	639391	1362023	414	6,67	27,3	134,9	3,6	126,8	45,2	427,5
PE-12	El Tigre	12/03/2014	06h55	642000	1356764	169	6,11	27,4	1240	2,9	-108,7	37,6	427,5
PE-22	Los Panamases	10/03/2014	10h10	638741	1360952	258	6,9	26,7	622	4,48	Sd	Sd	427,5
PE-26	La Uva	07/03/2014	10h10	638792	1358809	266	6,94	29,2	509	2,38	-270,3	32,1	427,5
PP-30	Mapachá	12/03/2014	07h00	642575	1356951	153	6,98	26,1	417,5	1,48	-172,3	19,1	427,5
PE-5	Los Bajos	10/03/2014	11h45	637188	1359737	246	6,22	27,6	1217	3,59	-99,3	42,1	
Pto.3 Río Las Lajas	Caserío El Terrero	10/03/2014	10h15	640477	1358933	199	8,3	28,8	595	SD	SD	SD	427,5
Pto.5 Río Mapachá	Mapachá	12/03/2014	08h00	643165	1356440	144	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS
Pto. 7 Río Mapachá (confluencia)	San Antonio	12/03/2014	09h30	645755	1352120	56	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS

MN: Manantial PE: Pozo excavado, PP: Pozo Perforado, SD: Sin dato: RS: Río seco. Id: Limite de detección.



## Anexo VII. Metodología de análisis en los Laboratorios CIRA/UNAN-Managua

VARIABLES DETERMINADAS	UNIDADES	MÉTODO	RANGO/LÍMITE DE DETECCIÓN
pH a 25°C	Unidades	4500-H.B <sup>1</sup>	0,10 a 14,00
Conductividad a 25°C	µS.cm <sup>-1</sup>	2510.B <sup>1</sup>	1,0 a 100000,00
Turbidez	UNT	2130.B <sup>2</sup>	0,00 a 999
Color verdadero	mg.l <sup>-1</sup> Pt-Co	2120.B <sup>1</sup>	5,0 a 70,00
Sólidos Totales Disueltos	mg.l <sup>-1</sup>	2540.C <sup>1</sup>	5,0 a 20,000
Dureza total	mg.l <sup>-1</sup>	2340 C <sup>1</sup>	0,13
Calcio	mg.l <sup>-1</sup>	3500-Ca.B <sup>1</sup>	0,08
Magnesio	mg.l <sup>-1</sup>	3500-Mg.B <sup>1</sup>	0,2
Sodio	mg.l <sup>-1</sup>	3500-Na.B <sup>1</sup>	0,18
Potasio	mg.l <sup>-1</sup>	3500-K.B <sup>1</sup>	0,1
Carbonatos			2
Bicarbonatos	mg.l <sup>-1</sup>	2320.B <sup>1</sup>	0,75
Alcalinidad total			0,62
Fluoruros			0,25
Cloruros	mg.l <sup>-1</sup>	4110.B <sup>1</sup>	0,25
Nitratos			0,011
Sulfatos			0,25
Boro	mg.l <sup>-1</sup>	3500-B.B <sup>1</sup>	0,02
Sílice	mg.l <sup>-1</sup>	4500-SiO <sub>2</sub> .C <sup>1</sup>	0,2
Hierro total	mg.l <sup>-1</sup>	3500-Fe.B <sup>1</sup> .	0,02
Nitritos	mg.l <sup>-1</sup>	4500-NO <sub>2</sub> .B <sup>1</sup>	0,003
Amonio	mg.l <sup>-1</sup>	Rodier, J. (1981)	0,005
Nitrógeno total	mg.l <sup>-1</sup>	Crumpton, W.G.	0,1
Fósforo Total		4500-P.B.E <sup>1</sup>	
Fósforo reactivo Disuelto	mg.l <sup>-1</sup>	4500-P.E <sup>1</sup>	0,016
Demanda Química			
Demanda Bioquímica Oxígeno(DQO <sub>5</sub> )	mg.l <sup>-1</sup>	5220.C <sup>1</sup>	10

1. PON-AN/AR: Procedimiento Operativo Normalizado del Laboratorio de Aguas Naturales/Aguas Residuales.

2. American Public Health Association (APHA). (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th. Washington: APHA. 3. Crumpton, W., Inerhart T. & Mitchel P. (1992). *Nitrate and N analisis with second-derivate spectroscopy*. *Lymnology & Oceanography*, 37: 907-913.

PARÁMETROS	UNIDAD	Método	Límite de Detección
<b>Plaguicidas Organoclorados</b>			
ALFA-HCH	ng.l <sup>-1</sup>	Cromatografía de gases con detector de captura de electrones (GC/ECD) <sup>1</sup>	0,23
BETA-HCH	ng.l <sup>-1</sup>		0,67
DELTA-HCH	ng.l <sup>-1</sup>		0,29
LINDANO	ng.l <sup>-1</sup>		
pp-DDE	ng.l <sup>-1</sup>		0,19
pp-DDD	ng.l <sup>-1</sup>		0,26
pp-DDT	ng.l <sup>-1</sup>		0,82
HEPTACLORO	ng.l <sup>-1</sup>		0,14
HEPTACLORO-EPÓXIDO	ng.l <sup>-1</sup>		0,11
ALDRIN	ng.l <sup>-1</sup>		0,32
DIELDRIN	ng.l <sup>-1</sup>		0,16
ENDOSULFAN I	ng.l <sup>-1</sup>		0,25
ENDOSULFAN II	ng.l <sup>-1</sup>		0,11
TOXAFENO	ng.l <sup>-1</sup>		8,7
<b>Plaguicida Organofosforado</b>			
			<b>Límite de Detección</b>
<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Método</b>	
CO-RAL(COUMAFOS)	ng.l <sup>-1</sup>	Cromatografía de gases con detector de captura de electrones (GC/ECD) <sup>1</sup>	50,00
DEF(TRIBUFOS)	ng.l <sup>-1</sup>		15,00
DIAZINON	ng.l <sup>-1</sup>		25,00
ETIL-PARATION	ng.l <sup>-1</sup>		15,00
ETION	ng.l <sup>-1</sup>		20,00
FORATE	ng.l <sup>-1</sup>		50,00
GUTION(AZINFOS METIL)	ng.l <sup>-1</sup>		100,00
MALATION	ng.l <sup>-1</sup>		25,00
METIL-PARATION	ng.l <sup>-1</sup>		15,00
MOCAP(ETOPROFOS)	ng.l <sup>-1</sup>		50,00
TERBUFOS	ng.l <sup>-1</sup>		25,00
ZOLENE(FOSALONE)	ng.l <sup>-1</sup>		15,00

1. Manual de procedimiento Normalizados del Laboratorio de Contaminantes Orgánicos PON-CO-01.

PARÁMETROS	UNIDAD	Método	Límite de Detección
<b>Bacteriológico</b>			
Escherichachia coli por NMP	NMP/100 ml	9221F <sup>1</sup>	<2
Coliforme Totales	NMP/100 ml	9221B <sup>1</sup>	<2
Coliforme Termotolerantes	NMP/100 ml	9221E <sup>1</sup>	<2
Enterococos Fecal(NMP)	NMP/100 ml	9230B <sup>1</sup>	<2
<b>Contaminante Orgánicos</b>			
Arsénico Total	µg.l-1	VGA-76 <sup>2</sup>	< 2,02

1. American Public Health Association (APHA). (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th. Washington: APHA. 2. E. Rothery 1984. Digestión acida en caliente. Manual de Operaciones VGA-76, VARIAN.

### Anexo VIII. Datos históricos de Precipitación y temperatura

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES												
DIRRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA												
RESUMEN METEREOLÓGICO ANUAL												
Estación	San Lorenzo		Latitud: 12°22'42"									
Código	69056		Longitud: 85°40'00"									
años	1992-2011		Elevación 340 msnm									
Parámetro:	Precipitación(mm)		Tipo: PV									
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1995	1,80	6,70	28,60	9,30	206,40	131,50	129,50	308,30	305,20	170,90	58,60	17,70
1996	1,10	0,00	0,00	0,50	177,50	116,10	302,30	327,80	240,40	175,10	306,50	3,30
1997	4,90	6,80	0,00	32,30	99,00	199,20	120,20	74,90	153,70	134,80	72,20	0,50
1998	2,20	0,00	1,70	0,00	159,90	102,20	80,80	171,60	50,90	612,70	52,80	14,30
1999	17,20	3,80	5,60	1,60	176,90	120,00	161,40	126,00	199,50	245,20	32,90	3,40
2000	8,40	5,40	1,70	4,10	107,80	138,70	105,30	71,90	425,00	117,60	35,80	21,70
2001	0,40	10,90	0,00	0,00	141,40	129,40	134,50	66,90	134,20	137,50	44,20	2,30
2002	17,20	22,00	1,90	2,20	167,20	224,40	175,10	98,60	282,00	133,60	35,20	15,80
2003	2,10	3,20	23,30	14,70	99,30	311,10	94,30	78,70	153,00	204,10	22,90	8,30
2004	25,00	16,20	15,80	31,90	164,40	128,30	127,40	126,50	125,60	109,30	45,50	4,40
2005	14,00	0,00	0,00	11,20	124,30	435,00	228,40	233,20	165,20	304,50	51,70	17,20
2006	19,40	5,90	14,20	0,00	55,80	114,30	103,70	50,70	98,40	123,30	64,40	13,30
2007	8,10	2,20	0,00	5,20	62,90	99,50	135,80	250,60	366,60	344,90	133,40	0,00
2008	18,20	1,20	3,40	16,80	260,00	324,30	159,60	168,20	389,40	495,50	16,00	13,50
2009	9,10	7,90	0,00	23,30	48,00	172,50	82,90	76,40	81,20	130,90	0,00	0,00
2010	0,00	0,00	12,60	112,20	179,10	201,80	160,50	652,00	431,00	32,80	44,00	0,00
2011	0,00	4,50	0,00	4,40	87,30	188,40	125,50	69,50	164,00	189,70	59,70	3,10
<b>Suma</b>	<b>149,10</b>	<b>96,70</b>	<b>108,80</b>	<b>269,70</b>	<b>2317,20</b>	<b>3136,70</b>	<b>2427,20</b>	<b>2951,80</b>	<b>3765,30</b>	<b>3662,40</b>	<b>1075,80</b>	<b>138,80</b>
<b>Media</b>	<b>8,77</b>	<b>5,69</b>	<b>6,40</b>	<b>15,86</b>	<b>136,31</b>	<b>184,51</b>	<b>142,78</b>	<b>173,64</b>	<b>221,49</b>	<b>215,44</b>	<b>63,28</b>	<b>8,16</b>
<b>Máximo</b>	<b>25,00</b>	<b>22,00</b>	<b>28,60</b>	<b>112,20</b>	<b>260,00</b>	<b>435,00</b>	<b>302,30</b>	<b>652,00</b>	<b>431,00</b>	<b>612,70</b>	<b>306,50</b>	<b>21,70</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>48,00</b>	<b>99,50</b>	<b>80,80</b>	<b>50,70</b>	<b>50,90</b>	<b>32,80</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES												
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA												
RESUMEN METEREOLÓGICO ANUAL												
Estación:	Las Canoas				Latitud:	12°21'35"						
Código:	690150				Longitud:	85°52'45"						
Año:	1992-2011				Elevación:	140 msnm						
Parámetro:	Precipitación(mm)				Tipo:	PV						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1995	0,00	0,00	0,00	16,70	141,80	290,10	106,30	350,60	434,10	199,80	2,20	0,00
1996	7,40	0,00	0,00	0,00	132,70	82,20	218,00	190,10	185,40	289,90	296,80	0,00
1997	0,00	0,00	0,00	0,00	95,00	208,60	109,00	37,60	219,30	200,70	54,30	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	111,50	117,30	190,90	241,60	206,10	754,20	62,70	0,00
1999	0,00	0,00	0,00	0,00	314,50	93,50	98,40	105,50	301,10	171,40	80,70	0,00
2000	0,00	0,00	0,00	0,00	103,20	102,60	59,30	138,40	298,00	144,20	30,20	1,00
2001	0,00	0,00	0,00	0,00	209,50	78,00	54,60	55,80	301,20	125,50	10,00	0,00
2002	0,00	0,00	0,00	0,00	238,90	225,40	128,10	15,60	277,10	156,20	22,50	0,00
2003	0,00	0,00	13,40	41,20	160,90	365,60	55,20	49,80	175,80	273,50	96,30	3,00
2004	14,40	0,00	0,00	0,00	84,50	66,20	61,80	24,50	260,00	146,10	6,00	0,00
2005	0,00	0,00	0,00	21,00	215,60	297,80	176,50	209,30	236,60	397,30	7,30	0,00
2006	4,10	0,00	0,00	0,00	57,30	140,20	113,40	61,30	89,40	163,80	7,20	0,00
2007	16,60	0,00	0,00	18,60	107,10	159,90	192,10	283,20	276,10	388,60	31,40	0,00
2008	0,00	0,00	0,00	11,00	260,00	250,20	157,10	185,30	199,00	347,50	18,20	0,00
2009	0,00	0,00	0,00	0,00	113,80	177,20	69,90	51,80	52,60	122,40	121,20	0,00
2010	0,00	0,00	0,00	73,30	211,50	104,00	101,00	200,00	248,00	73,00	51,80	0,00
2011	0,00	0,00	0,00	0,00	152,40	165,60	205,20	148,50	357,60	558,80	12,80	0,00
<b>Suma</b>	<b>42,50</b>	<b>0,00</b>	<b>13,40</b>	<b>181,80</b>	<b>2710,20</b>	<b>2924,40</b>	<b>2096,80</b>	<b>2348,90</b>	<b>4117,40</b>	<b>4512,90</b>	<b>911,60</b>	<b>4,00</b>
<b>Media</b>	<b>2,50</b>	<b>0,00</b>	<b>0,79</b>	<b>10,69</b>	<b>159,42</b>	<b>172,02</b>	<b>123,34</b>	<b>138,17</b>	<b>242,20</b>	<b>265,46</b>	<b>53,62</b>	<b>0,24</b>
<b>Máximo</b>	<b>16,60</b>	<b>0,00</b>	<b>13,40</b>	<b>73,30</b>	<b>314,50</b>	<b>365,60</b>	<b>218,00</b>	<b>350,60</b>	<b>434,10</b>	<b>754,20</b>	<b>296,80</b>	<b>3,00</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>57,30</b>	<b>66,20</b>	<b>54,60</b>	<b>15,60</b>	<b>52,60</b>	<b>73,00</b>	<b>2,20</b>	<b>0,00</b>

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES												
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA												
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL												
Estación	Teustepe		Latitud: 12°25'15"									
Código	690151		Longitud: 85°48'10"									
Año	1995-2011		Elevación 170 msnm									
Parámetro	Precipitación(mm)		Tipo: PV									
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1995	0,00	0,00	0,00	3,10	62,20	167,10	89,00	387,60	319,90	198,00	14,30	8,50
1996	2,50	0,00	0,00	0,00	150,20	79,60	213,00	130,80	120,70	220,00	233,80	0,00
1997	0,00	0,00	0,00	12,80	2,40	196,70	83,30	69,80	61,40	225,30	60,40	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	104,10	58,30	43,50	86,90	166,80	516,10	119,20	5,20
1999	10,60	0,00	0,00	9,60	179,30	59,30	70,80	142,20	106,40	512,40	72,20	0,00
2000	0,00	0,00	0,00	0,00	123,20	120,80	50,30	157,30	283,10	87,90	21,30	0,00
2001	0,00	0,00	0,00	0,00	230,40	54,30	73,90	80,40	128,90	56,20	18,60	0,00
2002	0,00	6,20	0,00	0,00	349,70	179,20	98,80	109,20	166,00	54,00	18,70	2,50
2003	2,10	0,00	25,00	43,50	101,50	266,10	170,80	86,80	95,20	108,50	12,00	0,00
2004	0,00	5,00	9,00	15,80	101,60	81,40	154,10	34,00	175,50	79,60	41,60	0,00
2005	0,00	0,00	0,00	19,10	142,30	318,00	111,70	235,00	197,90	251,40	18,90	15,50
2006	14,80	5,20	0,00	0,00	5,30	101,20	69,00	8,40	54,10	80,70	33,60	3,80
2007	0,50	0,00	0,00	26,30	116,60	210,10	160,90	229,20	312,80	293,50	72,00	0,00
2008	0,00	0,00	0,00	15,50	177,90	206,00	192,40	142,20	297,70	276,10	2,00	0,00
2009	0,00	0,00	0,00	27,70	176,40	150,20	73,70	42,10	11,40	51,20	48,30	0,00
2010	0,00	0,00	0,00	59,70	356,80	441,90	266,40	1094,30	446,70	111,80	36,00	0,00
2011	5,30	0,00	0,00	29,60	169,70	179,90	342,20	246,40	521,60	498,80	32,50	31,80
<b>Suma</b>	<b>35,80</b>	<b>16,40</b>	<b>34,00</b>	<b>262,70</b>	<b>2549,60</b>	<b>2870,10</b>	<b>2263,80</b>	<b>3282,60</b>	<b>3466,10</b>	<b>3621,50</b>	<b>855,40</b>	<b>67,30</b>
<b>Media</b>	<b>2,11</b>	<b>0,96</b>	<b>2,00</b>	<b>15,45</b>	<b>149,98</b>	<b>168,83</b>	<b>133,16</b>	<b>193,09</b>	<b>203,89</b>	<b>213,03</b>	<b>50,32</b>	<b>3,96</b>
<b>Máximo</b>	<b>14,80</b>	<b>6,20</b>	<b>25,00</b>	<b>59,70</b>	<b>356,80</b>	<b>441,90</b>	<b>342,20</b>	<b>1094,30</b>	<b>521,60</b>	<b>516,10</b>	<b>233,80</b>	<b>31,80</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2,40</b>	<b>54,30</b>	<b>43,50</b>	<b>8,40</b>	<b>11,40</b>	<b>51,20</b>	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL												
Estación: El Cascabel Código: 69 023 Años: 1992-2009 Parámetro: precipitación (mm)				Latitud: 12° 26' 42" Longitud: 85° 42' 18" Elevación: 220 msnm Tipo: PV								
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1995	0,00	14,70	0,00	64,50	98,00	146,60	149,30	181,30	555,10	343,40	75,20	48,80
1996	0,00	0,00	0,00	0,00	203,30	179,30	254,20	295,80	146,30	201,90	276,80	0,00
1997	30,70	13,00	5,00	15,20	0,00	177,00	135,20	107,20	35,30	191,70	68,60	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	123,40	204,10	60,90	149,00	306,00	465,00	172,70	9,20
1999	20,60	9,80	0,00	49,80	89,80	52,00	202,40	205,40	11,20	341,80	17,40	0,00
2000	0,00	0,00	0,00	0,00	55,50	156,40	118,30	156,20	208,60	249,30	21,70	0,00
2001	0,00	0,00	0,00	0,00	150,80	119,20	144,50	11,70	271,60	176,50	0,00	0,00
2002	21,90	0,00	0,00	0,00	229,80	305,90	231,60	92,10	217,30	268,30	92,20	0,00
2003	0,00	0,00	0,00	0,00	75,30	189,80	158,20	235,80	259,60	263,60	89,10	25,10
2004	17,20	12,90	30,10	25,00	123,90	201,40	244,60	375,20	132,40	156,60	20,80	13,90
2005	14,80	0,00	0,00	18,90	56,10	490,80	289,60	354,00	789,30	480,40	57,20	52,10
2006	29,50	3,80	0,00	0,00	38,70	150,50	66,90	47,40	53,20	59,70	47,30	17,70
2007	0,00	0,00	0,00	0,00	102,40	228,10	239,90	143,80	87,50	167,20	0,00	76,70
2008	32,50	0,00	0,00	0,00	160,20	373,70	353,80	770,60	376,80	647,30	0,00	0,00
2009	20,40	0,00	0,00	0,00	41,50	133,00	173,30	94,20	58,00	51,20	82,80	9,40
<b>Suma</b>	<b>187,60</b>	<b>54,20</b>	<b>35,10</b>	<b>173,40</b>	<b>1548,70</b>	<b>3107,80</b>	<b>2761,80</b>	<b>3219,70</b>	<b>3508,20</b>	<b>4063,90</b>	<b>1021,80</b>	<b>252,90</b>
<b>Media</b>	<b>12,51</b>	<b>3,61</b>	<b>2,34</b>	<b>11,56</b>	<b>103,25</b>	<b>207,19</b>	<b>197,27</b>	<b>214,65</b>	<b>233,88</b>	<b>270,93</b>	<b>68,12</b>	<b>16,86</b>
<b>Máximo</b>	<b>32,50</b>	<b>14,70</b>	<b>30,10</b>	<b>64,50</b>	<b>229,80</b>	<b>490,80</b>	<b>353,80</b>	<b>770,60</b>	<b>789,30</b>	<b>647,30</b>	<b>276,80</b>	<b>76,70</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>52,00</b>	<b>66,90</b>	<b>11,70</b>	<b>11,20</b>	<b>51,20</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL													
Estación: Tecolostote		Latitud: 12°15'18"		Código: 690110		Longitud: 85°38'30"		Años: 1992-2011		Elevación: 100 msnm		Parámetro: Precipitación(mm)	
		Tipo: PV											
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1995	0,00	0,00	58,30	206,80	220,60	249,50	127,00	750,40	576,20	603,30	184,50	67,70	
1996	10,20	5,20	0,00	32,20	218,40	460,70	265,50	327,60	575,00	348,40	408,20	0,00	
1997	3,00	3,00	0,00	27,00	32,00	527,50	196,90	170,50	288,70	444,60	77,60	3,00	
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	103,40	102,60	200,20	314,90	373,10	713,70	0,00	0,00	
1999	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	245,70	278,80	292,70	736,10	353,80	209,70	3,00	
2000	0,00	0,00	0,00	0,00	176,00	122,30	187,40	220,90	619,00	104,60	0,00	0,00	
2001	0,00	0,00	0,00	0,00	253,50	158,70	299,30	158,50	445,30	170,90	23,00	0,00	
2002	21,00	18,30	2,00	0,00	216,60	410,90	237,60	149,90	315,20	351,60	145,60	0,00	
2003	0,00	0,00	30,70	11,00	220,70	554,80	193,40	234,10	355,30	429,50	21,00	5,00	
2004	5,00	8,00	0,00	15,30	186,00	144,60	254,80	68,60	137,70	212,30	57,80	24,00	
2005	0,00	0,00	0,00	49,20	220,50	487,70	339,90	413,00	342,90	453,90	69,00	0,00	
2006	32,00	0,00	10,00	0,00	40,00	138,40	136,40	72,70	156,90	104,40	80,20	0,00	
2007	0,00	0,00	0,00	0,00	176,00	135,20	135,90	399,10	396,70	386,40	191,20	0,00	
2008	0,00	0,00	0,00	35,20	235,90	250,10	176,20	302,20	770,10	636,50	22,00	0,00	
2009	0,00	0,00	22,00	0,00	152,90	287,30	273,20	165,00	117,70	140,90	99,30	0,00	
2010	0,00	0,00	0,00	65,00	242,70	345,20	552,80	773,30	573,20	56,00	0,00	22,00	
2011	0,00	0,00	0,00	18,00	92,70	294,00	409,50	155,00	110,00	350,70	45,00	22,80	
<b>Suma</b>	<b>71,20</b>	<b>34,50</b>	<b>123,00</b>	<b>459,70</b>	<b>2787,90</b>	<b>4915,20</b>	<b>4264,80</b>	<b>4968,40</b>	<b>6889,10</b>	<b>5861,50</b>	<b>1634,10</b>	<b>147,50</b>	
<b>Media</b>	<b>4,19</b>	<b>2,03</b>	<b>7,24</b>	<b>27,04</b>	<b>163,99</b>	<b>289,13</b>	<b>250,87</b>	<b>292,26</b>	<b>405,24</b>	<b>344,79</b>	<b>96,12</b>	<b>8,68</b>	
<b>Máximo</b>	<b>32,00</b>	<b>18,30</b>	<b>58,30</b>	<b>206,80</b>	<b>253,50</b>	<b>554,80</b>	<b>552,80</b>	<b>773,30</b>	<b>770,10</b>	<b>713,70</b>	<b>408,20</b>	<b>67,70</b>	
<b>Mínimo</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>102,60</b>	<b>127,00</b>	<b>68,60</b>	<b>110,00</b>	<b>56,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL												
Estación:	Juigalpa			Latitud:	12°06'00"							
Código:	69034			Longitud:	85°22'00"							
Años:	1960-2013			Elevación:	90 msnm							
Parámetro:	Temperatura Media °C			Tipo:	HMP							
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1995	26,60	27,10	28,10	29,20	28,90	27,30	27,20	27,10	26,60	26,40	26,50	26,10
1996	25,70	26,50	27,10	28,60	26,80	26,80	26,40	26,10	26,20	26,10	25,90	25,80
1997	25,40	26,40	26,90	28,00	28,80	26,40	27,10	27,40	27,30	27,00	26,90	26,80
1998	27,40	28,30	28,90	30,10	29,80	27,60	27,30	27,10	26,90	25,80	26,40	26,20
1999	26,20	26,20	27,10	28,30	27,50	26,70	26,50	26,50	25,80	25,40	25,80	25,70
2000	25,50	25,80	26,90	28,10	27,80	26,70	26,70	26,90	25,70	26,10	26,40	26,20
2001	25,40	26,00	27,00	28,40	28,60	26,90	26,50	27,00	26,40	26,70	26,30	26,90
2002	26,30	26,40	27,50	28,00	28,00	27,30	26,90	27,30	26,50	26,60	26,70	27,00
2003	26,50	28,00	28,50	29,40	28,80	26,10	26,70	27,10	26,70	26,40	26,60	26,10
2004	25,90	26,70	27,60	28,80	27,50	27,00	26,80	27,10	27,10	26,90	26,60	26,40
2005	26,00	26,50	29,00	29,70	28,30	26,80	27,00	26,80	26,40	25,30	26,10	26,10
2006	26,10	26,00	27,30	28,60	28,10	27,20	27,10	27,70	27,30	27,30	26,50	26,90
2007	26,80	27,20	28,40	29,10	28,70	27,20	26,60	26,50	25,90	25,40	26,20	26,00
2008	25,90	26,60	27,60	28,70	28,20	26,70	26,60	26,70	26,50	25,90	26,50	26,30
2009	26,30	26,10	27,20	28,90	28,30	27,20	27,20	27,20	27,70	27,40	27,00	27,00
2010	26,50	27,90	28,70	29,50	28,00	26,90	26,70	26,20	26,00	26,70	26,10	25,50
2011	26,40	27,00	27,70	29,00	28,70	27,10	26,60	27,00	26,90	27,20	26,60	26,20
<b>Suma</b>	<b>444,90</b>	<b>454,70</b>	<b>471,50</b>	<b>490,40</b>	<b>480,80</b>	<b>457,90</b>	<b>455,90</b>	<b>457,70</b>	<b>451,90</b>	<b>448,60</b>	<b>449,10</b>	<b>447,20</b>
<b>Media</b>	<b>26,17</b>	<b>26,75</b>	<b>27,74</b>	<b>28,85</b>	<b>28,28</b>	<b>26,94</b>	<b>26,82</b>	<b>26,92</b>	<b>26,58</b>	<b>26,39</b>	<b>26,42</b>	<b>26,31</b>
<b>Máximo</b>	<b>27,40</b>	<b>28,30</b>	<b>29,00</b>	<b>30,10</b>	<b>29,80</b>	<b>27,60</b>	<b>27,30</b>	<b>27,70</b>	<b>27,70</b>	<b>27,40</b>	<b>27,00</b>	<b>27,00</b>
<b>Mínimo</b>	<b>25,40</b>	<b>25,80</b>	<b>26,90</b>	<b>28,00</b>	<b>26,80</b>	<b>26,10</b>	<b>26,40</b>	<b>26,10</b>	<b>25,70</b>	<b>25,30</b>	<b>25,80</b>	<b>25,50</b>

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL												
Estación: Boaco Código: 69 084 Años: 1970 - 2006 Parámetro: temperatura media (°C)			Latitud: 12° 28' 12" N Longitud: 85° 39' 18" W Elevación: 400 msnm Tipo: HMO									
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1971	21,70	23,30	25,30	24,95	24,60	24,25	23,90	24,40	23,70	24,30	23,90	22,90
1972	22,70	24,20	25,70	26,80	26,10	25,40	24,60	24,10	24,60	24,90	24,30	23,50
1973	23,70	24,50	26,80	28,00	27,10	24,70	24,40	24,80	24,20	24,20	23,70	22,20
1974	22,30	22,40	24,40	25,00	26,40	25,00	24,10	23,80	24,20	23,60	23,60	22,90
1975	22,40	23,10	25,10	26,40	27,60	25,10	24,20	23,80	23,90	24,00	23,20	22,10
1976	22,20	22,70	23,90	25,60	26,00	24,60	24,10	24,40	24,50	25,10	24,20	23,60
1977	23,20	24,30	26,20	27,00	26,90	24,20	24,30	24,70	24,70	25,00	24,80	23,70
1978	23,30	24,40	26,20	27,50	27,00	24,40	23,90	24,60	24,50	24,60	24,20	23,20
1979	23,20	24,20	25,70	25,90	26,40	25,80	25,20	24,60	24,40	24,40	24,60	23,40
1980	23,40	23,90	25,20	27,20	27,30	25,10	24,40	24,70	24,60	24,40	24,10	23,30
1981	23,20	24,20	26,20	26,20	26,30	25,00	25,00	24,60	25,00	25,00	24,50	24,00
1982	23,80	24,10	25,80	27,50	26,60	25,20	24,20	24,80	24,30	24,50	24,40	23,70
1983	24,30	25,40	27,60	28,80	29,40	26,80	24,50	25,10	25,10	25,20	25,20	24,20
1984	23,60	24,60	26,20	28,50	27,50	27,00	25,80	25,20	25,00	25,50	25,20	24,80
1985	24,40	24,40	26,30	28,80	28,20	25,70	26,20	26,00	26,00	25,40	24,90	24,00
1986	23,80	24,90	26,00	28,10	28,30	24,90	24,50	25,10	24,90	25,30	24,60	25,00
<b>Suma</b>	<b>371,20</b>	<b>360,40</b>	<b>412,60</b>	<b>432,25</b>	<b>431,70</b>	<b>403,15</b>	<b>393,30</b>	<b>394,70</b>	<b>393,60</b>	<b>395,40</b>	<b>389,40</b>	<b>376,50</b>
<b>Media</b>	<b>23,20</b>	<b>24,03</b>	<b>25,79</b>	<b>27,02</b>	<b>26,98</b>	<b>25,20</b>	<b>24,58</b>	<b>24,67</b>	<b>24,60</b>	<b>24,71</b>	<b>24,34</b>	<b>23,53</b>
<b>Máximo</b>	<b>24,40</b>	<b>25,40</b>	<b>27,60</b>	<b>28,80</b>	<b>29,40</b>	<b>27,00</b>	<b>26,20</b>	<b>26,00</b>	<b>26,00</b>	<b>25,50</b>	<b>25,20</b>	<b>25,00</b>
<b>Mínimo</b>	<b>21,70</b>	<b>22,40</b>	<b>23,90</b>	<b>24,95</b>	<b>24,60</b>	<b>24,20</b>	<b>23,90</b>	<b>23,80</b>	<b>23,70</b>	<b>23,60</b>	<b>23,20</b>	<b>22,10</b>

**Anexo IX. Pruebas de Infiltración en la microcuenca Mapachá**

IDEN	Fecha	Ubicación	E	N	Elev msnm	Hora Inicio	Hora finalización	Infiltración mm.h <sup>-1</sup>
1	10/02/2014	La Uva	638811	1358834	268	11h22	16h22	107,25
2	10/02/2014	Las Lajas	638347	1362064	324	13h15	17h45	5,38
3	11/02/2013	La Pita	638849	1363030	427	8h55	15h25	176,00
4	11/02/2013	El Aguacate	640509	1361366	357	9h45	14h45	103,75
5	12/02/2014	Las Guabas	636055	1361539	336	9h15	15h45	69,00
6	12/02/2014	Los Bajos	636662	1359195	272	9h16	15h16	292,00
7	13/02/2014	Río Las Lajas	640814	1358462	232	10h55	16h45	6,00
8	13/02/2014	El Tigre	642063	1356802	170	11h18	15h18	18,00
9	14/02/2014	Mapachá	644076	1355189	126	07h05	11h35	9,00
10	14/02/2014	San Antonio	645153	1353566	89	8h37	12h37	42,00

## Anexo X. Balance Hídrico de Suelo en la microcuenca del Río Mapachá

Parte alta media microcuenca Mapachá														
Textura de suelo =	Franco arcilloso				P = precipitación media del sector							AgD = agua disponible después de ETP		
Capac.infiltrac. (Fc) =	107,25	<b>2574</b>	mm/d		Cf = coeficiente de infiltración							HSf = humedad de suelo final		
Capac.campo(CC) [%]=		<b>27</b>	270	mm	Pi = precipitación que infiltra							DCC = déficit de capacidad de campo		
Pto.marchitez(PM)[%]=		<b>13</b>	130	mm	Pe = precipitación que escurre							Rp = recarga potencial al acuífero		
Prof. Raíces media(mm)=			<b>1000</b>	mm	ETP = evapotranspiración potencial							ETR = evapotranspiración real		
CC-PM=	<b>140,0</b>	mm			HSi = humedad de suelo inicial							NR = necesidad de riego		
<b>Variables</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Totales</b>	<b>% P</b>
<b>P (mm)</b>	<b>6,38</b>	<b>2,61</b>	<b>3,98</b>	<b>17,11</b>	<b>151,35</b>	<b>216,90</b>	<b>179,90</b>	<b>214,80</b>	<b>277,40</b>	<b>278,03</b>	<b>70,37</b>	<b>8,04</b>	1426,9	100,0
Cf (mm)	0,88	0,00	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88		
Pi (mm)	5,6	0,0	3,5	15,1	133,2	190,9	158,3	189,0	244,1	244,7	61,9	7,1	1253,4	87,8
Pe (mm)	0,8	0,0	0,5	2,1	18,2	26,0	21,6	25,8	33,3	33,4	8,4	1,0	170,9	12,0
Pe(m <sup>3</sup> /ha)	7,7	0,0	4,8	20,5	181,6	260,3	215,9	257,8	332,9	333,6	84,4	9,7	1709,1	
<b>ETP(mm)</b>	<b>128,66</b>	<b>132,83</b>	<b>171,07</b>	<b>177,22</b>	<b>177,68</b>	<b>155,08</b>	<b>154,89</b>	<b>162,29</b>	<b>153,86</b>	<b>142,91</b>	<b>124,67</b>	<b>122,34</b>	1803,5	126,4
HSi(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	140,0	140,0	77,3		
AgD(mm)	-123,0	-132,8	-167,6	-162,2	-44,5	35,8	3,4	26,7	90,3	101,8	-62,7	-115,3		
HSf(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	140,0	140,0	77,3	0,0		
cHS (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	3,4	26,7	74,1	0,0	-62,7	-77,3		
DCC(mm)	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	104,2	100,8	74,1	0,0	0,0	62,7	140,0		
<b>Rp(mm)</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>16,2</b>	<b>101,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>117,9</b>	8,3
Rp(m <sup>3</sup> /ha)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	161,9	1017,5	0,0	0,0	1179,5	
ETR(mm)	5,6	0,0	3,5	15,1	133,2	155,1	154,9	162,3	153,9	142,9	124,7	84,3	1135,4	79,6
NR(mm)	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	104,2	100,8	74,1	0,0	0,0	62,7	140,0	1181,8	

Parte alta media microcuenca Mapachá														
Textura de suelo = Franco arcilloso	Suelo compacto			P = precipitación media del sector							AgD = agua disponible después de ETP			
Capacitación = 5.38 mm/h	129,12 mm/d			Cf = coeficiente de infiltración							HSf = humedad de suelo final			
Infiltración(Fc) =	27 202,5 mm			Pi = precipitación que infiltra							DCC = déficit de capacidad de campo			
Capac.campo(CC) [%]=	13 97,5 mm			Pe = precipitación que escurre							Rp = recarga potencial al acuífero			
Pto.marchitez(PM)[%]=	750 mm			ETP = evapotranspiración potencial							ETR = evapotranspiración real			
Prof.raíces media(mm)=	105,0 mm			HSi = humedad de suelo inicial							NR = necesidad de riego			
CC-PM=														
Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Totales	% P
P (mm)	6,38	2,61	3,98	17,11	151,35	216,90	179,90	214,80	277,40	278,03	70,37	8,04	1426,9	100,0
Cf (mm)	0,73	0,00	0,00	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73		
Pi (mm)	4,7	0,0	0,0	12,5	110,5	158,3	131,3	156,8	202,5	203,0	51,4	5,9	1036,8	72,7
Pe (mm)	1,7	0,0	0,0	4,6	40,9	58,6	48,6	58,0	74,9	75,1	19,0	2,2	383,5	26,9
Pe(m3/ha)	17,2	0,0	0,0	46,2	408,7	585,6	485,7	580,0	749,0	750,7	190,0	21,7	3834,8	
ETP(mm)	128,66	132,83	171,07	177,22	177,68	155,08	154,89	162,29	153,86	142,91	124,67	122,34	1803,5	126,4
HSi(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	48,6	0,0	0,0		
AgD(mm)	-124,0	-132,8	-171,1	-164,7	-67,2	3,3	-23,6	-5,5	48,6	60,0	-73,3	-116,5		
HSf(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	48,6	0,0	0,0	0,0		
cHS (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	-3,3	0,0	48,6	-48,6	0,0	0,0		
DCC(mm)	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	136,7	140,0	140,0	91,4	140,0	140,0	140,0		
Rp(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	108,7	0,0	0,0	108,7	7,6
Rp(m3/ha)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1086,9	0,0	0,0	1086,9	
ETR(mm)	4,7	0,0	0,0	12,5	110,5	155,1	134,6	156,8	153,9	142,9	51,4	5,9	928,1	65,0
NR(mm)	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	136,7	140,0	140,0	91,4	140,0	140,0	140,0	1628,1	

Parte alta media microcuenca Mapachá														
Textura de suelo = Franco arcilloso	P = precipitación media del sector													
Capac.infiltrac.(Fc) = 176 4224 mm/d	Cf = coeficiente de infiltración													
Capac.campo(CC) [%]= 27 243 mm	Pi = precipitación que infiltra													
Pto.marchitez(PM)[%]= 13 117 mm	Pe = precipitación que escurre													
Prof.raíces media(mm)= 900 mm	ETP = evapotranspiración potencial													
CC-PM= 126,0 mm	HSi = humedad de suelo inicial													
	AgD = agua disponible después de ETP													
	HSf = humedad de suelo final													
	DCC = déficit de capacidad de campo													
	Rp = recarga potencial al acuífero													
	ETR = evapotranspiración real													
	NR = necesidad de riego													
Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Totales	% P
<b>P (mm)</b>	<b>6,38</b>	<b>2,61</b>	<b>3,98</b>	<b>17,11</b>	<b>151,35</b>	<b>216,90</b>	<b>179,90</b>	<b>214,80</b>	<b>277,40</b>	<b>278,03</b>	<b>70,37</b>	<b>8,04</b>	1426,9	100,0
Cf (mm)	0,88	0,00	0,00	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88		
Pi (mm)	5,6	0,0	0,0	15,1	133,2	190,9	158,3	189,0	244,1	244,7	61,9	7,1	1249,9	87,6
Pe (mm)	0,8	0,0	0,0	2,1	18,2	26,0	21,6	25,8	33,3	33,4	8,4	1,0	170,4	11,9
Pe(m3/ha)	7,7	0,0	0,0	20,5	181,6	260,3	215,9	257,8	332,9	333,6	84,4	9,7	1704,4	
<b>ETP(mm)</b>	<b>128,66</b>	<b>132,83</b>	<b>171,07</b>	<b>177,22</b>	<b>177,68</b>	<b>155,08</b>	<b>154,89</b>	<b>162,29</b>	<b>153,86</b>	<b>142,91</b>	<b>124,67</b>	<b>122,34</b>	1803,5	126,4
HSi(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	126,0	126,0	63,3		
AgD(mm)	-123,0	-132,8	-171,1	-162,2	-44,5	35,8	3,4	26,7	90,3	101,8	-62,7	-115,3		
HSf(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	126,0	126,0	63,3	0,0		
cHS (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	3,4	26,7	60,1	0,0	-62,7	-63,3		
DCC(mm)	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	90,2	86,8	60,1	0,0	0,0	62,7	126,0		
<b>Rp(mm)</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>30,2</b>	<b>101,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>131,9</b>	9,2
Rp(m3/ha)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	301,9	1017,5	0,0	0,0	1319,5	
ETR(mm)	5,6	0,0	0,0	15,1	133,2	155,1	154,9	162,3	153,9	142,9	124,7	70,3	1117,9	78,3
NR(mm)	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	90,2	86,8	60,1	0,0	0,0	62,7	126,0	1055,8	

Parte alta media microcuenca Mapachá															
Textura de suelo = Arcilloso-renoso						P = precipitación media del sector						AgD = agua disponible después de ETP			
Capac.infiltrac = 103.75 mm/h	2472 mm/d					Cf = coeficiente de infiltración						HSf = humedad de suelo			
Capac.campo(CC) [%]= 27	243 mm					Pi = precipitación que filtra						DCC = déficit de capacidad de campo			
Pto.marchitez(PM)[%]= 15	135 mm					Pe = precipitación que escurre						Rp = recarga potencial acuífero			
Prof. Raíces media(mm)= 900	mm					ETP = evapotranspiración potencial						ETR = evapotranspiración real			
CC-PM= 108,0	mm					HSi = humedad de suelo inicial						NR = necesidad de riego			
Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Totales	% P	
P (mm)	6,38	2,61	3,98	17,11	151,35	216,90	179,90	214,80	277,40	278,03	70,37	8,04	1426,9	100,0	
Cf (mm)	0,00	0,00	0,00	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88			
Pi (mm)	0,0	0,0	0,0	15,1	133,2	190,9	158,3	189,0	244,1	244,7	61,9	7,1	1244,2	87,2	
Pe (mm)	6,4	2,6	4,0	2,1	18,2	26,0	21,6	25,8	33,3	33,4	8,4	1,0	182,6	12,8	
Pe(m <sup>3</sup> /ha)	63,8	26,1	39,8	20,5	181,6	260,3	215,9	257,8	332,9	333,6	84,4	9,7	1826,5		
ETP(mm)	128,66	132,83	171,07	177,22	177,68	155,08	154,89	162,29	153,86	142,91	124,67	122,34	1803,5	126,4	
HSi(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	126,0	126,0	63,3			
AgD(mm)	-128,7	-132,8	-171,1	-162,2	-44,5	35,8	3,4	26,7	90,3	101,8	-62,7	-115,3			
HSf(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	126,0	126,0	63,3	0,0			
chac (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	3,4	26,7	60,1	0,0	-62,7	-63,3			
DCC(mm)	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	90,2	86,8	60,1	0,0	0,0	62,7	126,0			
<b>Rp(mm)</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,2	101,8	0,0	0,0	<b>131,9</b>	9,2	
Rp(m <sup>3</sup> /ha)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	301,9	1017,5	0,0	0,0	1319,5		
ETR(mm)	0,0	0,0	0,0	15,1	133,2	155,1	154,9	162,3	153,9	142,9	124,7	70,3	1112,3	78,0	
NR(mm)	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	90,2	86,8	60,1	0,0	0,0	62,7	126,0	1055,8		

Parte alta media microcuenca Mapachá																
Textura de suelo = Franco Arcilloso												P = precipitación media del sector	AgD = agua disponible después de ETP			
Capac.infiltrac.(Fc) = 69	1656	mm/d													Cf = coeficiente de infiltración	HSf = humedad de suelo final
Capac.campo(CC) [%]= 27	236,25		mm												Pi = precipitación que infiltra	DCC = déficit de capacidad de campo
Pto.marchitez(PM)[%]= 13	113,75		mm												Pe = precipitación que escurre	Rp = recarga potencial al acuífero
Prof. Raíces media(mm)= 875	mm													ETP = evapotranspiración potencial	Estación Juigalpa	ETR = evapotranspiración real
CC-PM= 122,5	mm													HSi = humedad de suelo inicial	NR = necesidad de riego	
Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Totales	% P		
P (mm)	6,38	2,61	3,98	17,11	151,35	216,90	179,90	214,80	277,40	278,03	70,37	8,04	1426,9	100,0		
Cf (mm)	0,88	0,00	0,00	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88				
Pi (mm)	5,6	0,0	0,0	15,1	133,2	190,9	158,3	189,0	244,1	244,7	61,9	7,1	1249,9	87,6		
Pe (mm)	0,8	0,0	0,0	2,1	18,2	26,0	21,6	25,8	33,3	33,4	8,4	1,0	170,4	11,9		
Pe(m3/ha)	7,7	0,0	0,0	20,5	181,6	260,3	215,9	257,8	332,9	333,6	84,4	9,7	1704,4			
ETP(mm)	128,66	132,83	171,07	177,22	177,68	155,08	154,89	162,29	153,86	142,91	124,67	122,34	1803,5	126,4		
HSi(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	122,5	122,5	59,8				
AgD(mm)	-123,0	-132,8	-171,1	-162,2	-44,5	35,8	3,4	26,7	90,3	101,8	-62,7	-115,3				
HSf(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	122,5	122,5	59,8	0,0				
chas (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	3,4	26,7	56,6	0,0	-62,7	-59,8				
DCC(mm)	122,5	122,5	122,5	122,5	122,5	86,7	83,3	56,6	0,0	0,0	62,7	122,5				
Rp(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,7	101,8	0,0	0,0	135,4	9,5		
Rp(m3/ha)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	336,9	1017,5	0,0	0,0	1354,5			
ETR(mm)	5,6	0,0	0,0	15,1	133,2	155,1	154,9	162,3	153,9	142,9	124,7	66,8	1114,4	78,1		
NR(mm)	122,5	122,5	122,5	122,5	122,5	86,7	83,3	56,6	0,0	0,0	62,7	122,5	1024,3			



Parte alta media microcuenca Mapachá														
Textura de suelo =	Franco arcilloso			P = precipitación media del sector								AgD = agua disponible después de ETP		
Capac.infiltrac.(Fc) =	292	7008	mm/h	Cf = coeficiente de infiltración								HSf = humedad de suelo final		
Capac.campo(CC) [%]=	27	236,25	mm	Pi = precipitación que infiltra								DCC = déficit de capacidad de campo		
Pto.marchitez(PM)[%]=	13	113,75	mm	Pe = precipitación que escurre								Rp = recarga potencial al acuífero		
Prof. Raíces media(mm)=	875		mm	ETP = evapotranspiración potencial								ETR = evapotranspiración real		
CC-PM=	122,5		mm	HSi = humedad de suelo inicial								NR = necesidad de riego		
Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Totales	% P
P (mm)	6,38	2,61	3,98	17,11	151,35	216,90	179,90	214,80	277,40	278,03	70,37	8,04	1426,9	100,0
Cf (mm)	0,88	0,00	0,00	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88		
Pi (mm)	5,6	0,0	0,0	15,1	133,2	190,9	158,3	189,0	244,1	244,7	61,9	7,1	1249,9	87,6
Pe (mm)	0,8	0,0	0,0	2,1	18,2	26,0	21,6	25,8	33,3	33,4	8,4	1,0	170,4	11,9
Pe(m3/ha)	7,7	0,0	0,0	20,5	181,6	260,3	215,9	257,8	332,9	333,6	84,4	9,7	1704,4	
ETP(mm)	128,66	132,83	171,07	177,22	177,68	155,08	154,89	162,29	153,86	142,91	124,67	122,34	1803,5	126,4
HSi(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	122,5	122,5	59,8		
AgD(mm)	-123,0	-132,8	-171,1	-162,2	-44,5	35,8	3,4	26,7	90,3	101,8	-62,7	-115,3		
HSf(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	122,5	122,5	59,8	0,0		
chas (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	3,4	26,7	56,6	0,0	-62,7	-59,8		
DCC(mm)	122,5	122,5	122,5	122,5	122,5	86,7	83,3	56,6	0,0	0,0	62,7	122,5		
<b>Rp(mm)</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,7	101,8	0,0	0,0	135,4	9,5
Rp(m3/ha)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	336,9	1017,5	0,0	0,0	1354,5	
ETR(mm)	5,6	0,0	0,0	15,1	133,2	155,1	154,9	162,3	153,9	142,9	124,7	66,8	1114,4	78,1
NR(mm)	122,5	122,5	122,5	122,5	122,5	86,7	83,3	56,6	0,0	0,0	62,7	122,5	1024,3	

Parte alta media microcuenca Mapachá														
Textura de suelo =	Franco arcilloso			P = precipitación media del sector							AgD = agua disponible después de ETP			
Capac.infiltrac.(Fc) =	18 mm/h	432	mm/d	Cf = coeficiente de infiltración							HSf = humedad de suelo final			
Capac.campo(CC) [%]=		27	243 mm	Pi = precipitación que infiltra							DCC = déficit de capacidad de campo			
Pto.marchitez(PM)[%]=		13	117 mm	Pe = precipitación que escurre							Rp = recarga potencial al acuífero			
Prof. Raíces media(mm)=			900 mm	ETP = evapotranspiración potencial							ETR = evapotranspiración real			
CC-PM=	126,0	mm		HSi = humedad de suelo inicial							NR = necesidad de riego			
Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Totales	% P
P (mm)	6,38	2,61	3,98	17,11	151,35	216,90	179,90	214,80	277,40	278,03	70,37	8,04	1426,9	100,0
Cf (mm)	0,88	0,00	0,00	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88		
Pi (mm)	5,6	0,0	0,0	15,1	133,2	190,9	158,3	189,0	244,1	244,7	61,9	7,1	1249,9	87,6
Pe (mm)	0,8	0,0	0,0	2,1	18,2	26,0	21,6	25,8	33,3	33,4	8,4	1,0	170,4	11,9
Pe(m3/ha)	7,7	0,0	0,0	20,5	181,6	260,3	215,9	257,8	332,9	333,6	84,4	9,7	1704,4	
ETP(mm)	128,66	132,83	171,07	177,22	177,68	155,08	154,89	162,29	153,86	142,91	124,67	122,34	1803,5	126,4
HSi(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	108,0	108,0	45,3		
AgD(mm)	-123,0	-132,8	-171,1	-162,2	-44,5	35,8	3,4	26,7	90,3	101,8	-62,7	-115,3		
HSf(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	108,0	108,0	45,3	0,0		
chas (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	3,4	26,7	42,1	0,0	-62,7	-45,3		
DCC(mm)	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	72,2	68,8	42,1	0,0	0,0	62,7	108,0		
<b>Rp(mm)</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,2	101,8	0,0	0,0	149,9	10,5
Rp(m3/ha)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	481,9	1017,5	0,0	0,0	1499,5	
ETR(mm)	5,6	0,0	0,0	15,1	133,2	155,1	154,9	162,3	153,9	142,9	124,7	52,3	1099,9	77,1
NR(mm)	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	72,2	68,8	42,1	0,0	0,0	62,7	108,0	893,8	

Parte alta media microcuenca Mapachá														
Textura de suelo = Franco	P = precipitación media del sector											AgD = agua disponible después de ETP		
Capac.infiltrac.(Fc) = 9 216 mm/d	Cf = coeficiente de infiltración											HSf = humedad de suelo final		
Capac.campo(CC) [%]= 22 187 mm	Pi = precipitación que infiltra											DCC = déficit de capacidad de campo		
Pto.marchitez(PM)[%]= 10 85 mm	Pe = precipitación que escurre											Rp = recarga potencial al acuífero		
Prof. Raíces media(mm)= 850 mm	ETP = evapotranspiración potencial											ETR = evapotranspiración real		
CC-PM= 102,0 mm	Estación Juigalpa											NR = necesidad de riego		
Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Totales	% P
P (mm)	6,38	2,61	3,98	17,11	151,35	216,90	179,90	214,80	277,40	278,03	70,37	8,04	1426,9	100,0
Cf (mm)	0,88	0,00	0,00	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72		
Pi (mm)	5,6	0,0	0,0	12,3	109,0	156,2	129,5	154,7	199,7	200,2	50,7	5,8	1023,6	71,7
Pe (mm)	0,8	0,0	0,0	4,8	42,4	60,7	50,4	60,1	77,7	77,8	19,7	2,3	396,7	27,8
Pe(m3/ha)	7,7	0,0	0,0	47,9	423,8	607,3	503,7	601,4	776,7	778,5	197,0	22,5	3966,6	
ETP(mm)	128,66	132,83	171,07	177,22	177,68	155,08	154,89	162,29	153,86	142,91	124,67	122,34	1803,5	126,4
HSi(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	45,9	102,0	28,0		
AgD(mm)	-123,0	-132,8	-171,1	-164,9	-68,7	1,1	-25,4	-7,6	45,9	57,3	-74,0	-116,6		
HSf(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	45,9	102,0	28,0	0,0		
chas (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	-1,1	0,0	45,9	56,1	-74,0	-28,0		
DCC(mm)	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0	100,9	102,0	102,0	56,1	0,0	74,0	102,0		
Rp(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	1,1	0,1
Rp(m3/ha)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0	11,4	
ETR(mm)	5,6	0,0	0,0	12,3	109,0	155,1	130,6	154,7	153,9	142,9	124,7	33,8	1022,5	71,7
NR(mm)	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0	100,9	102,0	102,0	56,1	0,0	74,0	102,0	1047,1	

**Parte media alta microcuenca Mapachá**

Textura de suelo = Franco													AgD = agua disponible después de ETP	
Capac.infiltrac.(Fc) = 9 216 mm/d													HSf = humedad de suelo final	
Capac.campo(CC) [%]= 22 187 mm													DCC = déficit de capacidad de campo	
Pto.marchitez(PM)[%]= 10 85 mm													Rp = recarga potencial al acuífero	
Prof. Raíces media(mm)= 850 mm													ETR = evapotranspiración real	
CC-PM= 102,0 mm													NR = necesidad de riego	
	P = precipitación media del sector Cf = coeficiente de infiltración Pi = precipitación que infiltra Pe = precipitación que escurre ETP = evapotranspiración potencial Estación Juigalpa HSi = humedad de suelo inicial													
Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Totales	% P
P (mm)	6,38	2,61	3,98	17,11	151,35	216,90	179,90	214,80	277,40	278,03	70,37	8,04	1426,9	100,0
Cf (mm)	0,88	0,00	0,00	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72		
Pi (mm)	5,6	0,0	0,0	12,3	109,0	156,2	129,5	154,7	199,7	200,2	50,7	5,8	1023,6	71,7
Pe (mm)	0,8	0,0	0,0	4,8	42,4	60,7	50,4	60,1	77,7	77,8	19,7	2,3	396,7	27,8
Pe(m3/ha)	7,7	0,0	0,0	47,9	423,8	607,3	503,7	601,4	776,7	778,5	197,0	22,5	3966,6	
ETP(mm)	128,66	132,83	171,07	177,22	177,68	155,08	154,89	162,29	153,86	142,91	124,67	122,34	1803,5	126,4
HSi(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	45,9	102,0	28,0		
AgD(mm)	-123,0	-132,8	-171,1	-164,9	-68,7	1,1	-25,4	-7,6	45,9	57,3	-74,0	-116,6		
HSf(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	45,9	102,0	28,0	0,0		
chas (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	-1,1	0,0	45,9	56,1	-74,0	-28,0		
DCC(mm)	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0	100,9	102,0	102,0	56,1	0,0	74,0	102,0		
Rp(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	1,1	0,1
Rp(m3/ha)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0	11,4	
ETR(mm)	5,6	0,0	0,0	12,3	109,0	155,1	130,6	154,7	153,9	142,9	124,7	33,8	1022,5	71,7
NR(mm)	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0	100,9	102,0	102,0	56,1	0,0	74,0	102,0	1047,1	

**Parte media alta microcuenca Mapachá**

Textura de suelo = Franco	P = precipitación media del mes	AgD = agua disponible después de ETP
Capac.infiltrac.(Fc) = 42 1008 mm/d	Cf = coeficiente de infiltración	HSf = humedad de suelo final
Capac.campo(CC) [%]= 22 198 mm	Pi = precipitación que infiltra	DCC = déficit de capacidad de campo
Pto.marchitez(PM)[%]= 10 90 mm	Pe = precipitación que escurre	Rp = recarga potencial al acuífero
Prof. Raíces media(mm)= 900 mm	ETP = evapotranspiración potencial	ETR = evapotranspiración real
CC-PM= 108,0 mm	HSi = humedad de suelo inicial	NR = necesidad de agua

Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Totales	% P
P (mm)	6,38	2,61	3,98	17,11	151,35	216,90	179,90	214,80	277,40	278,03	70,37	8,04	1426,9	100,0
Cf (mm)	0,88	0,00	0,00	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88		
Pi (mm)	5,6	0,0	0,0	15,1	133,2	190,9	158,3	189,0	244,1	244,7	61,9	7,1	1249,9	87,6
Pe (mm)	0,8	0,0	0,0	2,1	18,2	26,0	21,6	25,8	33,3	33,4	8,4	1,0	170,4	11,9
Pe(m <sup>3</sup> /ha)	7,7	0,0	0,0	20,5	181,6	260,3	215,9	257,8	332,9	333,6	84,4	9,7	1704,4	
ETP(mm)	128,66	132,83	171,07	177,22	177,68	155,08	154,89	162,29	153,86	142,91	124,67	122,34	1803,5	126,4
HSi (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	102,0	102,0	39,3		
AgD (mm)	-123,0	-132,8	-171,1	-162,2	-44,5	35,8	3,4	26,7	90,3	101,8	-62,7	-115,3		
HSf (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	39,2	65,9	102,0	102,0	39,3	0,0		
chac (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	3,4	26,7	36,1	0,0	-62,7	-39,3		
DCC(mm)	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0	66,2	62,8	36,1	0,0	0,0	62,7	102,0		
<b>Rp(mm)</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,2	101,8	0,0	0,0	155,9	10,9
Rp(m <sup>3</sup> /ha)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	541,9	1017,5	0,0	0,0	1559,5	
ETR(mm)	5,6	0,0	0,0	15,1	133,2	155,1	154,9	162,3	153,9	142,9	124,7	46,3	1093,9	76,7
NR(mm)	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0	66,2	62,8	36,1	0,0	0,0	62,7	102,0	839,8	

## Anexo XI. Disponibilidad Hídrica en manantiales en el periodo de jun-2013 a marzo 2014

### 11.1 Manantiales ubicados en la comunidad de La Pita

Concepto/manantiales	Unidades	MN-1	MN-2	MN-3	MN-4	MN-5	Total
Comunidad abastecida			Las Lajas	La Pita	La Pita		
N° viviendas	número		107	12	8		<b>127</b>
Caudal	l.año <sup>-1</sup>		11652,412	5089,572	27904,259		<b>44646,243</b>
Demanda consumo humana	l.año <sup>-1</sup>		10182,120	1141,920	761,280		<b>12085,320</b>
Demanda por ganado	l.año <sup>-1</sup>		9630,963	1080,108	608,756		<b>11319,827</b>
Demanda Total	l.año <sup>-1</sup>		19813,083	2222,028	1370,036		<b>23405,147</b>
Reserva	l.año <sup>-1</sup>	<b>6370,659</b>	0	0	0	<b>2573,682</b>	<b>8944,340</b>
Disponibilidad después de la demanda	l.año <sup>-1</sup>	6370,659	-8160,671	2867,544	26534,224	2573,682	<b>30185,437</b>

### 11.2. Manantiales ubicados en la comunidad El Aguacate

Concepto/manantiales	Unidades	MN-12	MN-13	MN-14	MN-15	MN-16	MN-18	MN-21	MN-22	MN-23	Total
Comunidad abastecida		El Aguacate					El Caribe				
N° viviendas	Número	1	17	5	15	1	47	0	0	0	86
Caudal	l.año <sup>-1</sup>	1838,712	17686,296	936,890	5090,204	1613,041	41781,834	16530,755	7966,657	1918,395	95362,785
Demanda consumo humana	l.año <sup>-1</sup>	190,320	1617,720	475,800	1427,400	190,320	4282,200	0	0	0	8183,760
Demanda por ganado	l.año <sup>-1</sup>	180,018	1530,153	450,045	1350,135	180,018	4050,405	0	0	0	7740,774
Demanda Total	l.año <sup>-1</sup>	370,338	3147,873	925,845	2777,535	370,338	8332,605	0	0	0	15924,534
Reserva	l.año <sup>-1</sup>							16530,755	7966,657	1918,395	26415,808
Disponibilidad después de la demanda	l.año <sup>-1</sup>	1468,374	14538,423	11,045	2312,669	1242,703	33449,229	16530,755	7966,657	1918,395	79438,251

### 11.3. Manantiales ubicados en las comunidades La Güebe y Las Guabas

Concepto/manantiales	Unidades	MN-7	MN-8	MN-9	MN-10	MN-25	Total
Comunidad abastecida		Las Guabas	La Güebe				
N° viviendas	número	1	4	1	1	2	9
Caudal	l.año <sup>-1</sup>	2223,124	23542,249	10414,304	1486,023	12212,175	49877,876
Demanda consumo humana	l.año <sup>-1</sup>	95,160	380,640	95,160	95,160	190,320	761,280
Demanda por ganado	l.año <sup>-1</sup>	90,009	360,036	90,009	90,009	180,018	720,072
Demanda Total	l.año <sup>-1</sup>	185,169	740,676	185,169	185,169	370,338	1481,352
Disponibilidad después de la demanda	l.año <sup>-1</sup>	2037,955	22801,573	10229,135	1300,854	11841,837	<b>46173,400</b>

### 11.4. Manantiales ubicados en la comunidad La Uva

Concepto/manantiales	Unidades	MN-19	MN-20	Total
Comunidad abastecida		La Uva		
N° viviendas	Número	5	11	16
Caudal	l.año <sup>-1</sup>	4656,746	4766,810	9423,556
Demanda consumo humana	l.año <sup>-1</sup>	475,800	1046,760	1522,560
Demanda por ganado	l.año <sup>-1</sup>	380,472	837,039	1217,511
Demanda Total	l.año <sup>-1</sup>	856,272	1883,799	2740,071
Disponibilidad después de la demanda	l.año <sup>-1</sup>	3800,473	2883,012	<b>6683,485</b>



## Anexo XII. Resultados de Laboratorio campañas de muestreo noviembre-2013 y marzo-2014

### 12.1. Resultados fisicoquímicos en manantiales

Parámetros	Unidades	MN-2		MN-8		MN-13		MN-18		MN-19		MN-22	
		Nov 2013	Mar 2014	Nov 2013	Mar 2014	Nov 2013	Mar 2014	Nov 2013	Mar 2014	Nov 2013	Mar 2014	Nov 2013	Mar 2014
pH	unidades pH	7,08	7,39	7,12	7,06	7,23	7,63	7,14	7,51	6,95	7,28	7,41	7,43
Conductividad eléctrica	µs.cm-1	237	287,00	227	306,00	271	297,00	269	307,00	419	468,00	286	320,00
Sólidos totales disueltos	mg.l-1	225	246,75	263	265,67	246	246,96	243	258,98	339	277,57	253	270,00
Turbidez	UTN	0,5	1,20	0,6	1,10	5	0,65	0,6	0,60	0,55	0,50	5,4	0,50
Color verdadero	mg.l Pt-Co-1	5	5,00	5	5,00	5	5,00	5	5,00	5	5,00	5	5,00
Calcio	mg.l <sup>-1</sup>	28,06	33,78	24,85	23,81	28,86	28,28	28,86	32,48	48,8	39,68	32,06	31,42
Magnesio	mg.l <sup>-1</sup>	10,21	8,57	11,18	11,55	9,72	9,53	9,72	9,85	13,12	10,69	8,75	11,43
Sodio	mg.l <sup>-1</sup>	14,2	16,30	20,9	26,20	15,9	17,80	14,9	16,70	38,00	39,50	19,5	22,00
Potasio	mg.l <sup>-1</sup>	2,27	1,64	3,55	3,67	2,57	2,74	2,57	2,74	2,27	2,30	2,57	2,64
Bicarbonatos	mg.l <sup>-1</sup>	146,45	169,64	180,62	175,74	161,09	161,09	163,53	164,75	241,64	237,98	153,77	175,74
Sulfatos	mg.l <sup>-1</sup>	3,88	7,71	1,31	2,60	2,12	5,53	1,01	5,86	4,03	2,84	3,17	6,64
Cloruros	mg.l <sup>-1</sup>	5,96	5,96	5,96	5,96	8,93	7,94	8,93	13,83	15,88	15,11	9,99	7,94
Carbonatos	mg.l <sup>-1</sup>	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld
Nitratos	mg.l <sup>-1</sup>	3,45	2,97	1,88	2,00	3,66	4,09	5,09	5,48	3,14	3,57	5,92	6,31
Nitritos	mg.l <sup>-1</sup>	0,003	0,003	0,003	0,0015	0,003	0,0015	0,001	0,00	0,003	0,003	0,003	0,003
Amonio	mg.l <sup>-1</sup>	0,055	0,0120	0,023	0,0002	0,022	0,0120	0,018	0,0450	0,018	0,0280	0,164	0,0210
Hierro Total	mg.l <sup>-1</sup>	0,02	0,04	0,04	0,08	0,3	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	0,23	0,02
Boro	mg.l <sup>-1</sup>	0,14	0,11	0,12	0,08	0,11	0,06	0,14	0,05	0,16	0,11	0,14	0,05
Sílice disuelta	mg.l <sup>-1</sup>	84,61	86,42	104,68	103,48	94,04	91,85	91,04	91,04	102,88	100,28	95,25	95,25
Dureza total	mg.l <sup>-1</sup>	112	119,56	108	106,92	112	109,76	112	121,56	156	143,00	116	125,44
Alcalinidad total	mg.l <sup>-1</sup>	120	139,00	148	144,00	132	132,00	134	135,00	198	195,00	126	144,00
Alcalinidad fenolftaleína	mg.l <sup>-1</sup>	0,835	0,84	0,835	0,84	0,835	0,84	0,835	0,84	0,835	0,84	0,835	0,84

## 12.2. Resultados fisicoquímicos pozos

Parámetros	Unidades	PE-12		PE-22		PE-26		PP-30	
		Nov 2013	Mar 2014	Nov 2013	Mar 2014	Nov 2013	Mar 2014	Nov 2013	Mar 2014
pH	unidades pH	7,32	7,17	7,29	7,60	7,23	7,23	6,8	6,91
Conductividad eléctrica	$\mu\text{s.cm}^{-1}$	1552	1475,00	796	682,00	465	530,00	508	505,00
Sólidos totales disueltos	$\text{mg.l}^{-1}$	806	741,33	522	417,02	355	308,29	370	344,12
Turbidez	UTN	0,6	0,40	0,99	0,80	1	0,55	0,6	0,40
Color verdadero	$\text{mg.l Pt-Co}^{-1}$	10	5,00	10	5,00	5	5,00	10	5,00
Calcio	$\text{mg.l}^{-1}$	111,42	107,18	80,16	58,92	46,4	48,10	47,31	42,22
Magnesio	$\text{mg.l}^{-1}$	40,82	43,32	26,24	17,62	15,55	13,85	19,93	21,66
Sodio	$\text{mg.l}^{-1}$	94,8	74,90	55,1	44,00	37,6	40,80	30,2	29,90
Potasio	$\text{mg.l}^{-1}$	12,82	8,41	4,93	4,43	1,78	1,80	2,27	1,84
Bicarbonatos	$\text{mg.l}^{-1}$	380,77	305,10	412,5	305,10	268,49	263,61	224,55	219,67
Sulfatos	$\text{mg.l}^{-1}$	50,01	48,49	31,72	9,69	2,35	2,77	28,41	19,14
Cloruros	$\text{mg.l}^{-1}$	202,49	184,34	44,67	41,61	16,87	21,15	38,71	33,18
Carbonatos	$\text{mg.l}^{-1}$	1	1,00	1	1,00	1	1,00	1	1,00
Nitratos	$\text{mg.l}^{-1}$	31,88	47,08	2,59	16,10	7,22	5,97	4,65	1,56
Nitritos	$\text{mg.l}^{-1}$	0,002	0,01	0,01	0,003	0,003	0,003	0,001	0,0015
Amonio	$\text{mg.l}^{-1}$	0,074	0,0040	0,126	0,0003	0,071	0,1020	0,018	0,0003
Hierro Total	$\text{mg.l}^{-1}$	0,02	0,01	0,02	0,03	0,8	0,01	0,02	0,01
Boro	$\text{mg.l}^{-1}$	0,23	0,26	0,24	0,14	0,13	0,10	0,2	0,16
Sílice disuelto	$\text{mg.l}^{-1}$	74,36	77,58	73,76	74,57	95,25	94,65	87,82	86,62
Dureza total	$\text{mg.l}^{-1}$	446	445,72	308	219,52	180	177,00	200	194,50
Alcalinidad total	$\text{mg.l}^{-1}$	312	250,05	338	250,00	220	216,00	184	180,00
Alcalinidad fenolftaleína	$\text{mg.l}^{-1}$	0,835	0,84	0,835	0,84	0,835	0,84	0,835	0,84

### 12.3. Resultados fisicoquímicos en Ríos

Parámetros	Unidades	Pto.3 Río Las Lajas		Pto.5 Río Mapachá	Pto. 7 Río Mapachá (confluencia)
		Nov 2013	Mar 2014	Nov 2013	Nov 2013
pH	unidades pH	8,41	8,38	8,75	8,43
Conductividad eléctrica	$\mu\text{s.cm}^{-1}$	575	487,00	573	444
Sólidos totales disueltos	$\text{mg.l}^{-1}$	281	347,91	284	286
Turbidez	UTN	ND	6,20	ND	ND
Color verdadero	$\text{mg.l Pt-Co}^{-1}$	ND	15,00	ND	ND
Calcio	$\text{mg.l}^{-1}$	56,91	41,27	56,11	42,49
Magnesio	$\text{mg.l}^{-1}$	17,5	13,47	17,01	13,12
Sodio	$\text{mg.l}^{-1}$	41,8	41,00	32,9	38,9
Potasio	$\text{mg.l}^{-1}$	3,91	3,58	4,41	4,61
Bicarbonatos	$\text{mg.l}^{-1}$	168,41	188,00	131,8	122,06
Sulfatos	$\text{mg.l}^{-1}$	100,85	9,60	105,01	88,15
Cloruros	$\text{mg.l}^{-1}$	28,19	21,84	19,13	15,1
Carbonatos	$\text{mg.l}^{-1}$	31,2	19,20	24	12
Nitratos	$\text{mg.l}^{-1}$	0,29	7,97	0,2	0,41
Nitritos	$\text{mg.l}^{-1}$	0,0013	0,01	0,02	0,026
Amonio	$\text{mg.l}^{-1}$	0,067	0,0350	0,059	0,05
Hierro Total	$\text{mg.l}^{-1}$	SD	0,27	SD	SD
Boro	$\text{mg.l}^{-1}$	0,02	0,14	0,02	0,02
Sílice disuelto	$\text{mg.l}^{-1}$	45,35	77,18	SD	45,35
Dureza total	$\text{mg.l}^{-1}$	214	158,40	210	160
Alcalinidad total	$\text{mg.l}^{-1}$	190	220,00	148	120
Alcalinidad fenolftaleína	$\text{mg.l}^{-1}$	26	16,00	20	10
Nitrógeno Total	$\text{mg.l}^{-1}$	0,531	1,89	0,676	0,418
Fósforo Total	$\text{mg.l}^{-1}$	0,172	0,016	0,222	0,226
Ortofosfato	$\text{mg.l}^{-1}$	0,128	0,016	0,016	0,146
Demanda Bioquímica de Oxígeno	$\text{mg.l}^{-1}$	2,18	5,33	2,93	2,69
Demanda Química de Oxígeno	$\text{mg.l}^{-1}$	13,4	5	20,63	16,88

#### 12.4. Resultados de análisis de contaminantes orgánicos (organoclorados)

PARÁMETROS	UNIDAD	MN-19	PE-26	PE-22	MN-22	MN-2	MN-8	MN-18	PP-30
ALFA-HCH	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
BETA-HCH	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
DELTA-HCH	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
LINDANO	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
pp-DDE	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
pp-DDD	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
pp-DDT	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
HEPTACLORO	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
HEPTACLORO-EPÓXIDO	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
ALDRIN	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
DIELDRIN	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
ENDOSULFAN I	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
ENDOSULFAN II	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
TOXAFENO	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND

PE: Pozo excavado; PP: Pozos perforados; AND: analizado y no detectado.

**AND: Analizado, no detectado**

1mg.l<sup>-1</sup> = 1000 µg.l<sup>-1</sup>

1 µg.l<sup>-1</sup> = 1000 ng.l<sup>-1</sup>

### 12.5. Resultados de análisis de contaminantes orgánicos (organofosforados)

PARÁMETROS	UNIDAD	MN-19	PE-26	PE-22	MN-22	MN-2	MN-8	MN-18	PP-30
CO-RAL(COUMAFOS)	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
DEF(TRIBUFOS)	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
DIAZINON	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
ETIL-PARATION	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
ETION	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
FORATE	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
GUTION(AZINFOS METIL)	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
MALATION	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
METIL-PARATION	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
MOCAP(ETOPROFOS)	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
TERBUFOS	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
ZOLENE(FOSALONE)	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND

PE: Pozo excavado; PP: Pozos perforados; AND: analizado y no detectado.

**AND: Analizado, no detectado**

1mg.l<sup>-1</sup> = 1000 µg.l<sup>-1</sup>

1 µg.l<sup>-1</sup> = 1000 ng.l<sup>-1</sup>

### 12.6. Resultados de análisis de Plaguicidas piretroides

PARÁMETROS	UNIDADES	MN-19	PE-26	PE-22	MN-22	MN-2	MN-8	MN-18	PP-30
CIPERMETRINA	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
DELTAMETRINA	ng.l <sup>-1</sup>	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND

### 12.7. Metales pesado campaña de muestreo noviembre 2013

Parámetros	Unidades	MN-19	PE-22	MN-22	MN-8	PE-12	PP-30
<b>Arsénico</b>	µg.l-1	<14,64	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld
<b>Plomo</b>	µg.l-1	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld

MN: Manantial; PP: Pozo perforado; Pozo excavado. <ld: menos que el límite de detección.

### 12.8 Metales pesado campaña de muestreo marzo 2014.

Época seca		
ID	Unidades	As
MN-19	µg.l-1	< 2,02
MN-22	µg.l-1	< 2,02
MN-2	µg.l-1	< 2,02
MN-8	µg.l-1	< 2,02
MN-13	µg.l-1	< 2,02
MN-18	µg.l-1	< 2,02
PE-12	µg.l-1	< 2,02
PP-30	µg.l-1	< 2,02
PE-26	µg.l-1	< 2,02
PE-22	µg.l-1	< 2,02

MN: Manantial; PP: Pozo perforado; Pozo excavado. <ld: menos que el límite de detección.

### 12.9. Resultados de análisis bacteriológico

NMP.100 ml-1				
Muestreo noviembre 2013				
ID	Coliformes Totales	Coliforme Termotolerantes	E. Coli	Enterococos
MN-2	1.10E+01	2.00E+00	2.00E+00	<1.8
MN-8	4.90E+01	<1.8	<1.8	<1.8
MN-13	1.70E+03	2.20E+02	2.20E+02	<1.8
MN-18	2.00E+00	2.00E+00	2.00E+00	<1.8
MN-19	7.80E+00	<1.8	<1.8	2.00E+00
MN-22	3.30E+02	<1.8	<1.8	4.50E+00
PE-12	4.90E+03	1.10E+03	1.10E+03	2.20E+02
PE-22	4.90E+03	4.50E+00	4.50E+00	2.00E+00
PE-26	4.90E+02	1.30E+01	1.30E+01	2.20E+01
PP-30	2.30E+03	2.30E+03	2.30E+03	9.30E+00



### Anexo XIII. Normas Utilizadas para evaluación de la calidad del agua

#### 13.1. Parámetros Organolépticos y Fisicoquímico (CAPRE, 1994)

Parámetros	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo admisible
Color verdadero	mg.l <sup>-1</sup> (Pt-Co)	1	15
Turbidez	UNT	1	5
Temperatura	°C	18-30	
Concentración de Iones Hidrógeno	Valor de pH	6,5 a 8,5	
Cloruros	mg.l <sup>-1</sup>	25	250
Conductividad eléctrica	μS.cm <sup>-1</sup>	400	
Dureza	mg.l <sup>-1</sup>	400	
Sulfatos	mg.l <sup>-1</sup>	25	250
Calcio	mg.l <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	100	
Magnesio	mg.l <sup>-1</sup>	30	50
Sodio	mg.l <sup>-1</sup>	25	200
Potasio	mg.l <sup>-1</sup>		10
Sólidos Disueltos Totales	mg.l <sup>-1</sup>		1000
Nitratos – NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	25	50
Nitritos – NO <sub>2</sub> <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>		0,1-3,0
Amonio	mg.l <sup>-1</sup>	0,05	0,5
Hierro	mg.l <sup>-1</sup>		0,3
Arsénico	mg.l <sup>-1</sup>		0,01
Plomo	mg.l <sup>-1</sup>		0,01

### 13.2. Parámetros Microbiológicos (CAPRE, 1994)

Origen	Parámetro	Valor Recomendado NMP .100 <sup>-1</sup>	Valor Máximo admisible NMP .100 <sup>-1</sup>
Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Negativo	Negativo
Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Negativo	Negativo
	Coliforme total	Negativo	≤ 4
Agua en el sistema de distribución	Coliforme total	Negativo	≤ 4
	Coliforme fecal	Negativo	Negativo

### 13.3. Normas Técnicas Obligatorias para la clasificación de los recursos hídricos de Nicaragua (NTON-05-007-98)

Parámetro	Limite o rango Máximo	
	Categoría 1 <sup>a</sup> *	Categoría 1B*
Oxígeno Disuelto(OD)	>4 mg.l <sup>-1</sup>	>4 mg.l <sup>-1</sup>

\* Tipo 1. Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o sub-producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él. Las aguas de este Tipo se desagregan en dos categorías:

Categoría 1-A Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes;

Categoría 1-B Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y/o cloración.

**13.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) según la clasificación de CONAGUA, 2014**

Parámetros	Clasificación	Color
DBO <sub>5</sub> < 3 mg.l <sup>-1</sup>	<b>Excelente</b> Agua no contaminadas con materia orgánica biodegradable.	
3 < DBO <sub>5</sub> ≤ 6mg.l <sup>-1</sup>	<b>Buena calidad</b> Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable.	
6 < DBO <sub>5</sub> ≤ 30 mg.l <sup>-1</sup>	<b>Aceptable</b> Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.	
30 < DBO <sub>5</sub> ≤ 120 mg.l <sup>-1</sup>	<b>Contaminada</b> Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen superficial.	
DBO <sub>5</sub> ≥ 120 mg.l <sup>-1</sup>	<b>Fuertemente Contaminadas</b> Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.	

**13.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO) según la clasificación de CONAGUA, 2014**

Parámetros	Clasificación	Color
DQO < 10 mg.l <sup>-1</sup>	<p><b>Excelente</b></p> <p>Agua no contaminada con materia orgánica biodegradable o no biodegradable.</p>	
10 < DQO ≤ 20 mg.l <sup>-1</sup>	<p><b>Buena calidad</b></p> <p>Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.</p>	
20 < DQO ≤ 40 mg.l <sup>-1</sup>	<p><b>Aceptable</b></p> <p>Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.</p>	
40 < DQO ≤ 200 mg.l <sup>-1</sup>	<p><b>Contaminada</b></p> <p>Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen superficial.</p>	
DQO ≥ 200 mg.l <sup>-1</sup>	<p><b>Fuertemente Contaminadas</b></p> <p>Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.</p>	