

Zonificación Hídrica de la microcuenca del río La Trinidad, en la subcuenca del río Viejo.



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de
Nicaragua



Maestría Regional Centroamericana

En Ciencias del Agua

con Énfasis en Calidad de Agua

Trabajo de Tesis
Para optar al grado de Maestro en Ciencias del Agua

Zonificación Hídrica de la microcuenca del río La Trinidad, en la
subcuenca del Río Viejo.

Elaborado por:

Lic. Dimas Alberto García Guzmán

Comité de Tesis:

Tutora: MSc. Valeria Delgado Quezada

Asesoras: MSc. Thelma Salvatierra Suárez

MSc. Selvia Flores Sánchez

Managua, octubre del 2013

DEDICATORIA

Dedico este pequeño y humilde trabajo de Tesis a mis padres Myrtha Marlene Guzmán y Alberto José García Flores, a mis hermanos Dayra, María de Jesús, Elvis, Nehemías, Cristhian y Ruddy, por ser una familia siempre unida.

A mis sobrinos Myrtha del Carmen, Alberto José, Marlene de Carmen, Dimas Ramón, Myrtha Marlene y Cristhian Alberto, por hacer divertidos mis días con sus travesuras y ocurrencias.

Dimas Alberto García Guzmán

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por haberme brindado la oportunidad de vivir, a mis Padres por su esfuerzo y cariño.

A la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, al Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua **CIRA/UNAN**, a su Director-Fundador MSc. Salvador Montenegro, a la Dra. Katherine Vammen coordinadora del programa de Maestría Regional Centroamericana en Ciencias del Agua con énfasis en Calidad del Agua, al Equipo de Coordinación de la Maestría y a la Comisión de la Maestría.

Mi especial agradecimiento al comité de Tesis MSc. Valeria Delgado mi tutora, a las MSc. Selvia Flores y MSc. Thelma Salvatierra mis asesoras.

De forma muy fraterna quiero hacer extensivo mi más sincero agradecimiento a:

FIDER-Estelí (Fundación para la Investigación y Desarrollo Rural), quién a través del proyecto ***Mi Cuenca*** me apoyaron, al Ing. Leonidas Casco, Ing. Edwin Castillo, Ing. Freddy García que fueron técnicos, conductores, asesores en el campo y amigos; a la Ing. Alina Lagos y al Lic. Jorge Chavarría.

CRS - ESTELÍ (Catholic Relief Services), al coordinador regional del proyecto ***Mi Cuenca*** Ing. Juan Adrián Rivera y al Ing. Fernando Mejía.

Alcaldía de La Trinidad, que me brindó su apoyo a través del Sr. Bismark Rayo (exalcalde) e Ing. Bayardo García (UMA-UGA) quien además me vinculó con buenos contactos.

Especialmente quiero agradecer al Ing. Maynor Ruiz por su apoyo en la Geología, al MSc. Manuel Arriola que me acompañó en mi primera travesía.

También a todas las personas que me han dado ánimo en el desarrollo de este trabajo, en especial a mis compañeros trabajo del Laboratorio de Aguas Residuales, MSc. Karla Rivas, Lic. Ivette López, Ing. Felipe Mendoza y Lic. Andrés López, mis agradecimientos.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
INDICE GENERAL.....	III
INDICE DE MAPAS.....	VII
INDICE DE TABLAS	IX
INDICE DE GRÁFICOS	XI
INDICE DE FOTOS.....	XII
INDICE DE ANEXOS	XIV
ABREVIATURAS	XV
RESUMEN	XVII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Área de estudio	3
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Planteamiento del problema.....	6
1.3.1 Caracterización del problema.....	6
1.3.2 Delimitación del problema	7
1.3.3 Formulación del Problema	7
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo General	8
1.4.2 Objetivos Específicos.....	8
1.5 Justificación	9
II. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Caracterización de la microcuenca del río La Trinidad.....	11
2.1.1 Geomorfología	11
2.1.2 Clima	12
2.1.2.1 Precipitación	12
2.1.2.2 Temperatura	13
2.1.3 Suelo	14
2.1.4 Geología	17
2.1.4.1 Coyol inferior (Cyi)	17

2.1.4.2 Coyoil superior (Cys)	17
2.1.4.3 Depósitos aluviales (Qal)	18
2.1.5 Hidrología	18
2.1.6 Hidrogeología	19
2.2 Disponibilidad de los recursos hídricos	19
2.2.1 Aguas superficiales	19
2.2.2 Aguas subterráneas	21
2.2.3 Aguas residuales	22
2.2.4 Balance hídrico	23
2.3 Calidad de los recursos hídricos	23
2.3.1 Física	23
2.3.2 Química	25
2.3.3 Biológica: hidrobiológica y microbiológica	27
2.4 Tensores que contribuyen a la vulnerabilidad y contaminación de los recursos hídricos.	28
2.4.1 Socio-Económicos	28
2.4.2 Físicos	28
2.4.3 Ambientales	29
2.4.4 Geológicos	29
2.5 Manejo de los recursos hídricos	30
2.5.1 Agua potable y saneamiento	30
2.5.2 Uso actual	31
2.6 Marco constitucional y Legal	31
III. DISEÑO METODOLÓGICO	33
3.1 Tipo de estudio	33
3.2 Universo	33
3.3 Recolección de la información	33
3.3.1 Información primaria	33
3.3.2 Información secundaria	33
3.3.3 Muestras	34
3.4 Trabajo de campo	37
3.4.1 Reconocimientos geológico, hidrogeológico, hidrológico y selección de sitios de monitoreo	37
3.4.2 Medición de caudales en los ríos	38
3.4.3 Medición de niveles estáticos de agua subterránea	40
3.4.4 Pruebas de Infiltración	41
3.4.5 Análisis de datos meteorológicos	42
3.5 Metodología para el Cálculo de Balance Hídrico y Recarga Hídrica (Balance Hídrico de Suelos)	42
3.6 Metodología de análisis de laboratorios	43

3.7	Análisis de datos de información	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1	Tensores Socioeconómicos	45
4.1.1	Escolaridad	45
4.1.2	Actividad Económica	45
4.1.3	Acceso a la Energía	46
4.1.4	Acceso al Agua	47
4.1.5	Acceso a la Vivienda	49
4.2	Tensores Ambientales	49
4.2.1	Manejo de Desechos Sólidos	49
4.2.2	Manejo de las aguas residuales (Grisas)	51
4.2.3	Prácticas Agrícolas	53
4.2.3.1	Agricultura	53
4.2.3.2	Quema	54
4.2.3.3	Obras de conservación	55
4.2.4	Ganadería	56
4.3	Tensores Naturales	56
4.3.1	Geología	56
4.3.2	Riesgos Geológicos	58
4.3.2.1	Inestabilidad de laderas	59
4.3.2.2	Inundaciones	59
4.3.2.3	Erosión hídrica y eólica	60
4.3.3	Unidades geológicas de la microcuenca	60
4.4	Fuentes de contaminación	62
4.5	Infraestructuras	62
4.6	Disponibilidad Hídrica	65
4.6.1	Disponibilidad de las Aguas superficiales	65
4.6.1.1	Caudal y Escorrentía	65
4.6.1.2	Evapotranspiración Potencial (ETP) y Evapotranspiración Real (ETR)	67
4.6.1.3	Infiltración	68
4.6.1.4	Balance hídrico superficial	69
4.6.2	Disponibilidad del Agua Subterránea	70
4.6.2.1	Inventario de objetos Hidrogeológicos	70
4.6.2.2	Variación de niveles estáticos de agua	71
4.6.2.4	Recarga Hídrica	72
4.6.2.5	Determinación isotópica del origen de la recarga hídrica	73
4.7	Calidad de las Aguas Superficiales y Subterráneas	77
4.7.1	Calidad de las Aguas Superficiales	77

4.7.1.1 Composición Físicoquímica.....	77
4.7.1.2 Oxígeno disuelto e Indicadores de materia orgánica	79
4.7.1.3 Fósforo y Nitrógeno	81
4.7.1.4 Plaguicidas	84
4.7.1.5 Uso agrícola de las aguas superficiales	85
4.7.1.6 Tipo hidroquímico de las aguas superficiales.....	87
4.7.1.7 Indicadores microbiológicos.....	89
4.7.1.8 Indicadores hidrobiológicos	91
4.7.1.8.1 Macro Invertebrados Acuáticos Bénticos (MIAB)	91
4.7.1.8.2 Fitobentos.....	95
4.7.2 Calidad de las Aguas Subterráneas	97
4.7.2.1 Composición Físicoquímica.....	97
4.7.2.2 Arsénico	98
4.7.2.3 Plaguicidas	99
4.7.2.4 Uso agrícola de las aguas subterráneas	100
4.7.2.5 Tipo hidroquímico de las aguas subterráneas.....	101
4.7.2.6 Indicadores microbiológicos de las aguas subterráneas.....	103
4.8 Zonificación de la microcuenca	105
4.8.1 Zonificación Hidrogeológica	105
4.8.2 Zonificación en base a la disponibilidad hídrica	107
4.8.3 Zonificación en base a la recarga hídrica por tipo de suelo.....	108
4.8.4 Zonificación hidroquímica	109
4.8.5 Zonificación de calidad de las aguas	113
4.8.5.1 Aguas superficiales	113
4.8.5.2 Aguas subterráneas	114
V. CONCLUSIONES	115
VI. RECOMENDACIONES	117
VII. BIBLIOGRAFÍA	119
VIII. ANEXOS.....	123

INDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación de la microcuenca del río La Trinidad.....	3
Mapa 2. Geomorfología de la microcuenca del río La Trinidad.....	11
Mapa 3: Tipos de suelos en la microcuenca del río La Trinidad.	14
Mapa 4. Uso actual de los suelos en la microcuenca del río La Trinidad.....	15
Mapa 5. Mapa de confrontación de uso de suelo.....	16
Mapa 6. Geología de la microcuenca del río La Trinidad.....	17
Mapa 7. Red Hidrológica de la microcuenca del río La Trinidad.	18
Mapa 8. Acuíferos de Nicaragua (Tomado de INETER)	21
Mapa 9. Puntos de muestreo para determinar la calidad de agua en la microcuenca del río La Trinidad.	35
Mapa 10. Localización de los puntos de muestreos de isótopos.	37
Mapa 11. Principales estructuras geológicas de Nicaragua.....	57
Mapa 12. Puntos de medición de caudales.	65
Mapa 13. Capacidad de Infiltración de los suelos de la microcuenca.	69
Mapa 14. Objetos hidrogeológicos en la microcuenca La Trinidad.....	70
Mapa 15. Mapa piezométrico de la microcuenca de La Trinidad.	72
Mapa 16. Calidad fisicoquímica de las aguas superficiales.	77
Mapa 17. Concentración de sólidos en la microcuenca del río La Trinidad.	78
Mapa 18. Oxígeno disuelto, DBO ₅ y DQO en las aguas superficiales de la microcuenca del río La Trinidad.	80
Mapa 19. Concentración y distribución del fósforo en las aguas superficiales de la microcuenca del río La Trinidad.	82
Mapa 20. Concentración y distribución del nitrógeno en las aguas superficiales de la microcuenca del río La Trinidad.	83
Mapa 21. Clasificación Riverside de las aguas de los ríos en la microcuenca del río La Trinidad en septiembre 2011 y febrero 2012.....	87

Mapa 22. Microbiológicos en aguas superficiales septiembre 2011 y febrero 2012.	89
Mapa 23. Familias mayoritarias en septiembre 2011	92
Mapa 24. Familias mayoritarias en febrero 2012.	93
Mapa 25. FBI para septiembre 2011 y febrero 2012.	94
Mapa 26. FBI anual en la microcuenca del río La Trinidad.	95
Mapa 27. Comportamiento de las diatomeas y de las algas móviles.	96
Mapa 28. Calidad fisicoquímica del agua subterránea.	98
Mapa 29. Arsénico en agua subterránea.	99
Mapa 30. Clasificación Riverside de las aguas subterráneas.	101
Mapa 31. Microbiológicos en agua subterránea septiembre 2011 y febrero 2012.	104
Mapa 32. Zonificación hidrogeológica de la microcuenca del río La Trinidad.	105
Mapa 33. Disponibilidad hídrica superficial en la microcuenca del río La Trinidad.	107
Mapa 34. Disponibilidad hídrica subterránea en la microcuenca del río La Trinidad.	108
Mapa 35. Recarga hídrica por tipo de suelos.	109
Mapa 36. Tipo hidroquímico del agua superficial en época lluviosa.	110
Mapa 37. Comportamiento hidroquímico del agua superficial en época seca. ...	111
Mapa 38. Zonificación por tipo hidroquímico de las aguas subterráneas.	112
Mapa 39. Zonificación de las aguas superficiales con base en la calidad.	113
Mapa 40. Zonificación de las aguas subterráneas con base en la calidad.	114

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Área y porcentaje de área por cada municipio de la microcuenca.	3
Tabla 2. Características geomorfológicas de la microcuenca del río La Trinidad.	12
Tabla 3. Precipitación media (mm) de 1984 al 2010.	13
Tabla 4. Temperaturas media (°C) de 1984 al 2010.	13
Tabla 5. Características hidrogeológicas de la región central de Nicaragua (Fenzl, 1989).	19
Tabla 6. Tipos hidrogeoquímicos de la región central de Nicaragua (Castillo & otros, 2006)	22
Tabla 7. Distribución porcentual de las viviendas particulares ocupadas por abastecimiento de agua, según censo y municipio (INIDE, 2005).	30
Tabla 8. Puntos de muestreos.	34
Tabla 9. Análisis realizados en los sitios monitoreados.	35
Tabla 10. Puntos de muestreo para oxígeno 18 (¹⁸ O) y deuterio (² H).....	36
Tabla 11. Ecuaciones de Calibración del molinete Gurley.	38
Tabla 12. Puntos de aforos en el río La Trinidad y tributarios.	39
Tabla 13. Red de medición de niveles estáticos de agua: Pozos Excavados.	40
Tabla 14. Red de medición de niveles estáticos de agua: Pozos Perforados.	41
Tabla 15. Ubicación de los puntos de las pruebas de infiltración.....	41
Tabla 16. Estaciones meteorológicas. INETER	42
Tabla 17. Nivel de Escolaridad en la microcuenca del río La Trinidad.....	45
Tabla 18. Valoración del Agua según Cantidad, Servicio y Calidad.....	47
Tabla 19. Distribución de Viviendas con Letrinas e Inodoros.....	52
Tabla 20. La quema como actividad asociada a las labores agrícolas.	54
Tabla 21. Emisiones de gases por incendios forestales en los Estados Unidos de América.....	54
Tabla 22. Tipo y distribución de ganado en las familias de la microcuenca.....	56

Tabla 23. Caudales anuales del río La Trinidad y sus tributarios.....	66
Tabla 24. Escorrentía por red de drenaje.....	67
Tabla 25. Evapotranspiración (Potencial y Real).	68
Tabla 26. Balance Hídrico Superficial de la Microcuenca del río La Trinidad.	69
Tabla 27. Recarga Hídrica por tipo de suelo en cada red de drenaje.	73
Tabla 28. Resultados Isotópicos	74
Tabla 29. Parámetros de calidad para uso agrícola de las aguas superficiales....	85
Tabla 30. Tipo hidroquímico de los ríos de la microcuenca del río La Trinidad. ...	88
Tabla 31. Índice Biótico a nivel de Familia (Hilsenhoff, 1977).....	91
Tabla 32. Parámetros de calidad para uso agrícola de las aguas subterráneas.	100
Tabla 33. Tipo hidroquímico de las aguas subterráneas.....	102

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Sección transversal de un río.	39
Gráfico 2. Niveles de escolaridad por sexo en la microcuenca del río La Trinidad	45
Gráfico 3. Actividades económicas en la microcuenca del río La Trinidad.	46
Gráfico 4. Acceso a la energía en la microcuenca del río La Trinidad	46
Gráfico 5. Fuentes de aguas utilizadas para consumo.	48
Gráfico 6. Acceso a la Vivienda en la microcuenca de río La Trinidad	49
Gráfico 7. Manejo de la basura en la microcuenca.	50
Gráfico 8. Manejo de las aguas grises en la microcuenca de La Trinidad.	52
Gráfico 9. Obras de conservación de suelo y agua, que realizan las familias en la microcuenca de La Trinidad.	55
Gráfico 10. Porcentaje de material geológico presente en la microcuenca.	61
Gráfico 11. Caudales anuales promedio en la microcuenca del río La Trinidad y sus tributarios.	67
Gráfico 12. Niveles estáticos en la red de pozos en la microcuenca del río La Trinidad	71
Gráfico 13. Isótopos en la microcuenca del río La Trinidad.	75
Gráfico 14. Resultados de La Trinidad en la línea meteórica de Estelí (Corrales, 2005).	76
Gráfico 15. Tipo hidroquímico de las aguas superficiales, septiembre 2011.	88
Gráfico 16. Tipo hidroquímico de las aguas superficiales de febrero 2012.	88
Gráfico 17. Tipo hidroquímico del agua subterránea en septiembre 2011.	102
Gráfico 18. Tipo hidroquímico del agua subterránea en febrero 2012.	102

INDICE DE FOTOS

Foto 1. Sonda usada en la medición de Nivel Estático del Agua.	40
Foto 2. Prueba de infiltración usando los cilindros concéntricos.	42
Foto 3. Pozo perforado Tomabú.	48
Foto 4. Pozo excavado Las Tablas.	48
Foto 5. Pozo Perforado de Bomba manual.	48
Foto 6. Manantial en Rosario Arriba.	48
Foto 7. Casa en Los Chilamates.	49
Foto 8. Casa en La Pacaya.	49
Foto 9. Puente en la comunidad La Laguna cubierto por basura.	50
Foto 10. Basura en el río La Trinidad en Govenias.	50
Foto 11. Desechos de recipientes de plaguicidas en Las Lajas.	51
Foto 12. Aguas grises en el río La Trinidad.	51
Foto 13. Pila de captación de Manantial en Rosario Arriba.	53
Foto 14. Pozo Excavado en Tomabú.	53
Foto 15. Cultivo de maíz y frijoles en la comunidad La Laguna.	53
Foto 16. Cultivos de ajo y cebolla en Monte Verde.	53
Foto 17. Rastrojo de cosecha en Tomabú.	55
Foto 18. Barreras vivas y Barrera muerta en La Pacaya.	55
Foto 19. Vivero de FONADEFO-FIDER MICUENCA en Tomabú.	56
Foto 20. Finca reforestada en La Cañada.	56
Foto 21. Zona de inestabilidad de Laderas.	59
Foto 22. Marca de la última inundación en una casa de la microcuenca del río La Trinidad.	59
Foto 23. Movimiento de tierra en masa.	60

Foto 24. Basurero municipal de La Trinidad.	62
Foto 25. Puente en Rosario Abajo.	63
Foto 26. Puente en Licoroy.	63
Foto 27: Pila de Captación del manantial La Cañada.	63
Foto 28. Pozo Perforado Pozo 5.	64
Foto 29. Pozo Perforado Tomabú.	64
Foto 30. Infraestructura de prevención y control de inundaciones.	64
Foto 31. Crecimiento algal en San Francisco de Jamailí.	82
Foto 32: PP-La Laguna, 2011-08-02.	103
Foto 33: PP-La Laguna, 2012-02-17.	103

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos hidrometeorológicos de precipitación y temperatura en las estaciones Jinotega y San Isidro en el período de 1984 al 2010.	123
Anexo 2. Metodología de los análisis de Laboratorios.	127
Anexo 3. Encuesta utilizada por MARENA-PIMCHAS para levantar el censo en la microcuenca del río La Trinidad.	130
Anexo 4. Caudales mensuales ($m^3.d^{-1}$).	134
Anexo 5. Resultados de pruebas de infiltración.	135
Anexo 6. Pozos Perforados inventariados en el estudio.	136
Anexo 7. Pozos Excavados inventariados en el estudio.	137
Anexo 8. Reservorios de almacenamientos de agua inventariados en el área de estudio.	140
Anexo 9. Manantiales y Fuentes de Agua inventariados en el área de estudio. .	141
Anexo 10. Valores de Nivel Estático de Agua y Piezometría en la red de pozos de agosto 2011 a julio 2012.	142
Anexo 11. Tablas usadas para el cálculo de balance hídrico.	144
Anexo 12. Resultado de Balance Hídrico del Suelo (Recarga hídrica).	145
Anexo 13. Datos in situ y Resultados de las muestras de Isótopos.	150
Anexo 14. Físicoquímicos, materia orgánica, oxígeno disuelto, nutrientes, microbiológicos, plaguicidas, clasificación y criterios de clasificación para riego de las aguas superficiales.	151
Anexo 15. Tablas de Resultados de Macroinvertebrados Acuáticos y tablas de asignaciones de puntajes o grados de sensibilidad a la contaminación de los diferentes invertebrados acuáticos incluidas en el Índice Biótico de Familia.	158
Anexo 16. Tabla de Resultados de Fitobentos y Tabla de Valores de sensibilidad según el Índice trófico de diatomeas (TDI).	162
Anexo 17. Resultados físico-químicos, microbiológicos, arsénico, plaguicidas y Clasificación para Riego de las aguas subterráneas.	167
Anexo 18. Valores guías de amonio recomendados según la CCME, 2008.	171

ABREVIATURAS

ACDI: Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional

ANA: Autoridad Nacional del Agua

APHA: American Public Health Association

AWWA: American Water Works Association

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

DDT: Dicloro difenil tricloetano

ENACAL: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

FIDER: Fundación de Investigación y Desarrollo Rural

FISE: Fondo de Inversión Social de Emergencia

FONADEFO: Fondo Nacional de Desarrollo Forestal

INDUROT: Instituto de Recursos Naturales y de Ordenación del Territorio

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

INIDE: Instituto Nacional de Información y Desarrollo

INIFOM: Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal

ISTF: International Society of Tropical Foresters

ITGE. Instituto Tecnológico Geominero de España

MARENA: Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales

MIAB: Macroinvertebrados Acuáticos Bénticos

MMCA: Millones de Metros Cúbicos al Año

NEA: Nivel Estático del Agua

NMP: Número Más Probable

N-P-K: Nitrógeno - Fósforo - Potasio

NTON: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense

OPS: Organización Panamericana de la Salud

PIMCHAS: Proyecto Integrado Manejo de Cuencas Hidrográficas de Agua Potable y Saneamiento

SAR o RAS: Relación de absorción de sodio.

TMCA: Terciario Mioceno Coyoil Andesita

TPCA: Terciario Pleistoceno Coyoil Andesita

TPCB: Terciario Pleistoceno Coyoil Basalto

TPCBC: Terciario Pleistoceno Coyoil Basalto Cono

TPCI: Terciario Pleistoceno Coyoil Ignimbrita

UNICEF: United Nations Children's Fund (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia)

UNT: Unidades Nefelométricas de Turbidez

USDA-NRCS: United States Department of Agriculture- Natural Resources Conservation Service

WEF: Water Environment Federation

WHO: World Health Organization

RESUMEN

La microcuenca del río La Trinidad se encuentra en la región central del país, pertenece a la subcuenca del río Viejo y es compartida por los municipios de La Trinidad, Estelí y San Nicolás con un área de captación superficial de 315,48 km². Aunque es una zona de uso potencial forestal, ha sido explotada para la agricultura, que es la principal actividad económica. Se destaca el cultivo frijoles, maíz, tomate, cebolla y ajo, entre otros, siendo el agua un insumo fundamental para elevar la productividad, sobre cuya calidad influye además la ganadería.

Para conocer la calidad y la disponibilidad de los recursos hídricos se identificaron tensores socioeconómicos, ambientales y naturales que afectan y contribuyen a la vulnerabilidad de los mismos; a la vez se realizaron reconocimientos geológico, hidrológico e hidrogeológico, mediciones mensuales de los niveles estáticos del agua de una red de pozos y se midió el caudal en siete puntos de la corriente principal y en los tres tributarios.

La disponibilidad de agua superficial (4,44 MMCA) se determinó en base a los datos climatológicos del período 1984 al 2010; la recarga hídrica (27,8 MMCA) por tipo de suelo se obtuvo mediante las pruebas de infiltración, resultando los suelos ultisoles y molisoles los que más recargan el acuífero. La mayor recarga por área de drenaje se cuantificó en San Francisco de Jamailí.

En las aguas superficiales dominó el tipo hidroquímico bicarbonatada-cálcica, variando únicamente en San Vicente del Carao a bicarbonatada-cálcica-magnésica en la época lluviosa. Rosario Abajo, Casco Urbano y San Vicente del Carao variaron a bicarbonatada-cálcica-sódica en la época seca. En cuanto a la calidad, algunas variables físicas e indicadores de contaminación microbiológicos se determinaron en niveles que restringen su uso para consumo humano, sin embargo, pueden ser utilizadas para ciertos cultivos en la agricultura. Las aguas superficiales solamente se pueden usar para riego bajo ciertas condiciones dependiendo de los cultivos como por ejemplo cítricos o musáceos.

Los altos valores de nitrógeno total en época lluviosa reflejan la contaminación del agua por insumos agrícolas; en específico, el uso excesivo de fertilizantes como

urea y Nitrógeno-Fósforo-Potasio (NPK). En época seca debido a que no hay escorrentía la presencia del nitrógeno disminuye considerablemente en las aguas de los ríos. El fósforo se determinó como el nutriente limitante, encontrándose mayoritariamente en forma orgánica probablemente debido al aporte de la ganadería. No se encontraron residuos de plaguicidas en los análisis realizados en Casco Urbano durante los dos muestreos y en San Francisco de Jamailí en época seca.

De acuerdo a los Macroinvertebrados Acuáticos Bénticos (MIAB), la microcuenca presenta un alto grado de contaminación orgánica sustancial, clasificándola toda como Regular pobre; sugiriendo una atención o acción urgente para evitar el incremento del deterioro ambiental. La calidad ecológica resultante en la microcuenca al aplicar el Índice Biológico o Biótico de Familias fue de Regular a Pobre, con entrada de material orgánico a la microcuenca ya sea del entorno (bosque de galería) o introducida por actividades antropogénicas.

En cuanto a las aguas subterráneas, se clasificaron como bicarbonatadas (cálcicas, cálcica-sódicas y sódica-cálcicas); variando solamente en Tomabú de sulfatado-bicarbonatada-cálcica en la época lluviosa a bicarbonatada-sulfatada-cálcica en la época seca. Presentaron calidad físico-química (excepto Tomabú que presentó alto contenido de sulfato en la época lluviosa) que las hace aptas para consumo humano y para la agricultura; sin embargo, por su dureza deben usarse con precaución en Tomabú y Subtiava. No se encontró residuos de plaguicidas.

Se obtuvo una zonificación hidrogeológica en la microcuenca delimitada en dos zonas: de recarga y tipo de acuíferos. También es importante considerar las áreas protegidas y de captación de agua. A la vez, se realizó una en base a los tipos hidroquímicos, las características físicas, químicas y microbiológicas, definiendo el uso primordial de las aguas subterráneas en función de la calidad y la demanda, como consumo humano, agricultura, ganadería, industria y recreación.

I. INTRODUCCIÓN

El deterioro en la calidad de los recursos hídricos, por efecto de la agricultura, ganadería, industria, mala disposición de desechos sólidos y líquidos ante la falta de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y el cambio climático también disminuye la disponibilidad de los mismos, aumentando los costos para garantizar el suministro de agua segura para la población.

Los factores socio-económicos y culturales existentes en el país, han llevado al cambio del uso potencial de los suelos, el cual muchas veces es inadecuado y esto ha provocado una elevada tasa de deforestación en el país, dando como resultado la erosión de muchas cuencas (INIFOM, 2010). Esta situación genera derrumbes, escorrentías, transporte de sedimentos y agroquímicos asociados, así como la disminución de la recarga efectiva a los acuíferos y la colmatación del cauce de los ríos, esto conlleva a la disminución del volumen de agua disponible.

A la vez, actividades como la falta de manejo de los desechos sólidos, la ausencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales y la deposición de las aguas grises en las calles de muchos municipios del país, han provocado la contaminación de los recursos hídricos (ríos, lagos, manantiales y acuíferos) disminuyendo la diversidad de uso que éstos ofrecen, primordialmente el de consumo humano.

En el departamento de Estelí, solamente el área urbana del municipio de Estelí cuenta con una cobertura equivalente al 81,0% de alcantarillado sanitario y 99,0% de agua potable.¹ La falta de una red de alcantarillado y consecuentemente de un sistema de tratamiento de aguas residuales, ha llevado al deterioro de la calidad del agua de las aguas superficiales en la microcuenca de La Trinidad. Sumado a esto la poca cobertura vegetal existente en la zona debida a la alta tasa de deforestación, lo que facilita la formación de escorrentías fuertes en época lluviosa y consecuentemente el arrastre de sólidos, incrementado con ello la colmatación de los ríos y disminuyendo la capacidad de infiltración de los suelos, afectando

¹ La Prensa del 26 de Febrero del 2011

directamente la recarga hídrica subterránea. Otro factor importante en la zona es el tipo de geología, el cual permite en la zona infiltración secundaria por fallas y fracturas.

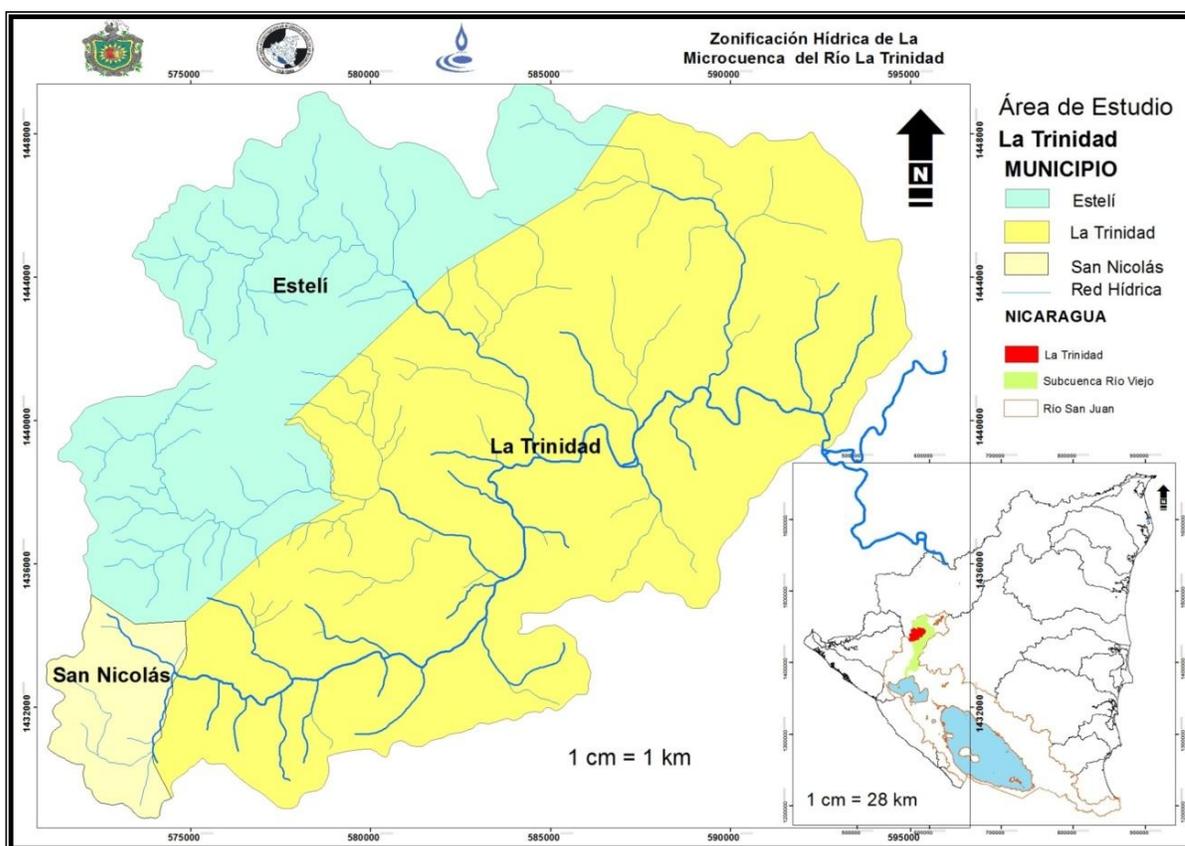
El presente estudio se desarrolló dentro del Programa de Maestría en Ciencias del Agua, el cual está dirigido a formar nuevos profesionales en la administración de los recursos hídricos contribuyendo de esta manera al desarrollo del país, proveyendo una información de Línea Base de la microcuenca del río La Trinidad fortaleciendo de esta manera a iniciativas que se dan dentro del gobierno a través de PIMCHAS en la zona norte de Nicaragua.

Este proyecto de tesis generó una Zonificación Hídrica como herramienta futura para las autoridades y organismos locales en la toma de decisiones y en la Formulación de los Planes de Gestión de los Recursos Hídricos.

El tener identificadas las áreas más vulnerables a la contaminación, que puedan afectar los recursos hídricos y los principales tensores ambientales que inciden en la misma, servirá para conocer la disponibilidad y evaluar la calidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas, en función del uso adecuado.

1.1 Área de estudio

La microcuenca del río La Trinidad (Mapa 1), es parte de la subcuenca del Río Viejo y pertenece a la cuenca hídrica de los Grandes Lagos y río San Juan (cuenca No.69). Sus límites son: al norte con Estelí, al sur con San Isidro y La Trinidad, al este con La Trinidad y Estelí, y al oeste con San Nicolás.



Mapa 1. Ubicación de la microcuenca del río La Trinidad.

La distribución porcentual del área de la microcuenca correspondiente para cada municipio se reporta en la Tabla 1.

Tabla 1. Área y porcentaje de área por cada municipio de la microcuenca.

Municipio	Área (km ²)	%
Estelí	94,50	29,96
La Trinidad	205,75	65,22
San Nicolás	15,23	4,82
Total	315,48	100,00

1.2 Antecedentes

Nicaragua es un país que ha basado mayoritariamente su economía en la agricultura y la ganadería. Desde 1970 hasta la fecha el país ha cambiado la vocación de uso potencial de suelo de forestal a agrícola, dando como resultado grandes extensiones de tierra sin cubierta vegetal o altamente deforestadas (Castillo & otros, 2006). Consecuentemente, dos fenómenos afectan a los recursos hídricos: el primero, el agua no logra infiltrarse y se escurre rápidamente disminuyendo de esta manera la recarga al acuífero y el segundo, el arrastre de suelos y otras sustancias contaminantes hacia los ríos, provoca además de la colmatación de los cuerpos de aguas superficiales, el deterioro de la calidad de las mismas.

El relieve accidentado que caracteriza algunas áreas, el alto grado de descomposición que presentan algunas rocas (hasta arcillas) y la deforestación intensiva que han sufrido algunas cuencas, son factores limitantes para la alimentación de la zonas de acuíferos (Fenzl, 1989).

De los recursos hídricos y su gestión depende prácticamente todos los aspectos de la sociedad y de la economía; en particular la salud, la producción y la seguridad alimentaria, el abastecimiento doméstico de agua y el saneamiento, la energía, la industria y el funcionamiento de los ecosistemas. Ante los actuales cambios en el clima, la escasez del agua ya es importante, especialmente en muchos países en desarrollo, lo que evidencia aún más la urgencia de actuar. Sin una mejor gestión de los recursos hídricos, se ponen en peligro los progresos hacia la consecución de los objetivos de reducción de la pobreza, los Objetivos de Desarrollo del Milenio y el desarrollo sostenible en todas sus dimensiones económicas, sociales y medioambientales (Naciones Unidas, 2010).

La Ley General de Aguas Nacionales (Ley 620), en el Artículo 1 señala el objeto jurídico institucional en lo que refiere a la administración, conservación, desarrollo, uso y aprovechamiento de los recursos hídricos y su vez la protección de los demás recursos naturales, los ecosistemas y el ambiente.

Acciones concretas han sido desarrolladas en la subcuenca del Río Viejo, en donde se han venido ejecutando planes que promueven la conservación y protección de los recursos naturales, esto como una iniciativa del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) y la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI), a través del Proyecto Integral de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Agua y Saneamiento (PIMCHAS) cuyo período de ejecución es del 2007 hasta el 2015.

Algunos estudios como el Plan de Reducción de Desastre que el municipio de La Trinidad ha implementado con el apoyo de la cooperación Sueca para el desarrollo (COSUDE) en el año 2000, donde se han identificado como puntos vulnerables: a) las zonas cercanas a los ríos, como zonas susceptibles a inundaciones; y b) las zonas urbanas como terrenos de alta densidad poblacional e inestabilidad del terreno, con un más alto índice de peligro por deslizamiento.

Es por esto que el Estado Nicaragüense en marzo de 1996, aprobó la Ley No. 217 “Ley General del Medio Ambiente y Los Recursos Naturales” que en el Arto. 4 inciso 2 dice “Es deber del Estado y de todos los habitantes proteger los recursos naturales y el ambiente, mejorarlos, restaurarlos y procurar eliminar los patrones de producción y consumo no sostenibles”, y en esa línea es que se ha venido trabajando.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Caracterización del problema

La deforestación de las zonas de recarga de las cuencas hidrológicas y el mal uso de los suelos ha provocado la alta erosión en muchas cuencas, la disminución del caudal de los ríos y la colmatación del lecho, lo que impacta directamente en la recarga del acuífero. Otras actividades que contribuyen a agravar este problema son las prácticas agrícolas y ganaderas sobre las que se ejerce poco o ningún control, el mal manejo de los desechos sólidos urbanos y rurales-urbanos, así como también las aguas grises que recorren actualmente las calles de muchos municipios del país debido a la falta de una red de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de aguas residuales.

La situación anterior ha llevado a la rápida contaminación de los ríos que en algunos lugares, especialmente en las zonas donde hay mayor población se han convertido en cloacas, disminuyendo su disponibilidad para consumo humano y restringiendo su uso para el desarrollo de otras actividades económicas. Esto conlleva a que las aguas subterráneas se conviertan en la principal fuente de suministro de la población, en donde, determinar el volumen adecuado de extracción del recurso es de fundamental importancia para que no se vean mermadas las reservas disponibles. Por otro lado, la existencia de una sobreexplotación del acuífero puede crear repercusiones vinculadas con la calidad y cantidad del recurso, y con ello en el deterioro de la calidad de vida de la población.

Conocer la disponibilidad y la calidad actual de las aguas superficiales y subterráneas, brindar información sobre el estado actual de los cuerpos de agua y dar las pautas para un buen uso y aprovechamiento de éstos, se logrará realizando una zonificación hídrica de la microcuenca.

1.3.2 Delimitación del problema

Ante la evidente problemática en la microcuenca del río La Trinidad, especialmente en el casco urbano del municipio de La Trinidad, en donde las aguas grises provenientes de las viviendas fluyen en las calles de la ciudad a lo largo de todo el año. El problema se agudiza en la época seca, cuando estas aguas grises se concentran debido a la disminución drástica del caudal ante la ausencia de las lluvias. Cabe recalcar, que el municipio de La Trinidad carece de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.

La poca cubierta vegetal presente en la microcuenca ha provocado inundaciones debido a las fuertes escorrentías y a la pobre o nula infiltración en el subsuelo. La deforestación que afecta la parte alta de la microcuenca, también ha provocado que en algunos lugares se den derrumbes de tierra.

La agricultura y la ganadería que se practican de manera inadecuada, así como la presión sobre los recursos hídricos debido a estas actividades, la falta de fuentes de abastecimiento seguras en algunas comunidades constituyen las principales problemática en la microcuenca, ejerciendo la mayor influencia en la disponibilidad y calidad de las aguas.

1.3.3 Formulación del Problema

Ante esta problemática particular se planteamos como pregunta rectora: ¿Es posible elaborar la zonificación hídrica de la microcuenca del río La Trinidad, en la subcuenca del Río Viejo?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- ✓ Elaborar la Zonificación Hídrica de la microcuenca del río La Trinidad, en la subcuenca del Río Viejo.

1.4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Identificar los tensores ambientales que contribuyen a la contaminación de los recursos hídricos.
- ✓ Determinar la disponibilidad y la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- ✓ Delimitar las zonas de importancia hídrica en la microcuenca del río La Trinidad.

1.5 Justificación

En Nicaragua la mayoría de los estudios están enfocados a determinar la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos de las cuencas y acuíferos más importantes del país. Sin embargo a pesar de que la Ley 620² (Ley de Aguas Nacionales) entró en vigencia en 2007, se desconoce el volumen de extracción de agua en las cuencas hídricas del país; y la microcuenca de La Trinidad no es la excepción.

En la actualidad el abastecimiento de agua potable para la población urbana de la microcuenca de La Trinidad es a través del agua subterránea, suministrado en un 73% por ENACAL (INIFOM, 2010); lo que equivale a 0,412 MMCA asumiendo una dotación por persona de 110 l.d⁻¹ para poblados de 10 000 a 15 000 habitantes NTON 09003 - 99³ Mientras que las comunidades rurales se abastecen de manantiales, reservorios, pozos perforados y excavados (ubicados al pie de los cerros con agua proveniente de acuíferos colgados); de los cuales se desconoce el volumen de agua extraído.

Una situación similar se presenta con las aguas superficiales, en donde se desconoce el volumen de extracción de las aguas del río para irrigación en el sector suroeste del municipio, de manera que esto provoca la disminución del caudal hasta llegar a desaparecer totalmente en la zona este de la corriente principal en la época seca y a correr solo el flujo base en la parte suroeste, incrementa la concentración de sales en el río debido a la escasa dilución de los residuales.

A la vez, las aguas del río son impactadas por las aguas grises y desechos sólidos municipales urbanos y rurales, específicamente en el casco urbano, donde debido a la ausencia de saneamiento tanto a nivel domiciliario como hospitalario e industrial, ha mermado la calidad de sus aguas haciéndolas inadecuadas para consumo humano. En este sector el riego se realiza en la parte este principalmente para el cultivo de tomate y frijol en la época seca.

² **LEY No. 620**, Aprobada el 15 de Mayo del 2007. Publicado en La Gaceta No. 169 del 04 de Septiembre del 2007

³ <http://www.inaa.gob.ni/documentos/Normativas/seccion-1/7.Abastec.yPot.Agua.pdf/view>

Ante estas circunstancias, y considerando que el agua y el saneamiento es un derecho humano⁴ y en los Objetivos de desarrollo del Milenio⁵ de las Naciones Unidas, que cita: es deber de los Estados disminuir el déficit al 50% de las personas que carecen de estos servicios para el año 2015 y garantizando la sostenibilidad del medio ambiente; es que surge la presente propuesta de zonificar la microcuenca en cuanto a disponibilidad y calidad de los recursos hídricos, con el fin de generar la información necesaria de forma tal que los tomadores de decisiones puedan intervenir en la zona de estudio.

Todos estos esfuerzos y conocimientos sobre la microcuenca contribuirán a aunar esfuerzos en las instituciones como las Alcaldías de La Trinidad, San Nicolás y Estelí, el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) a través del Proyecto Integrado de Manejo de Cuencas Hidrográficas Aguas y Saneamiento (PIMCHAS) en la subcuenca del Río Viejo y la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

⁴ Resolución 64/292 de las Naciones Unidas (28 julio, 2010)

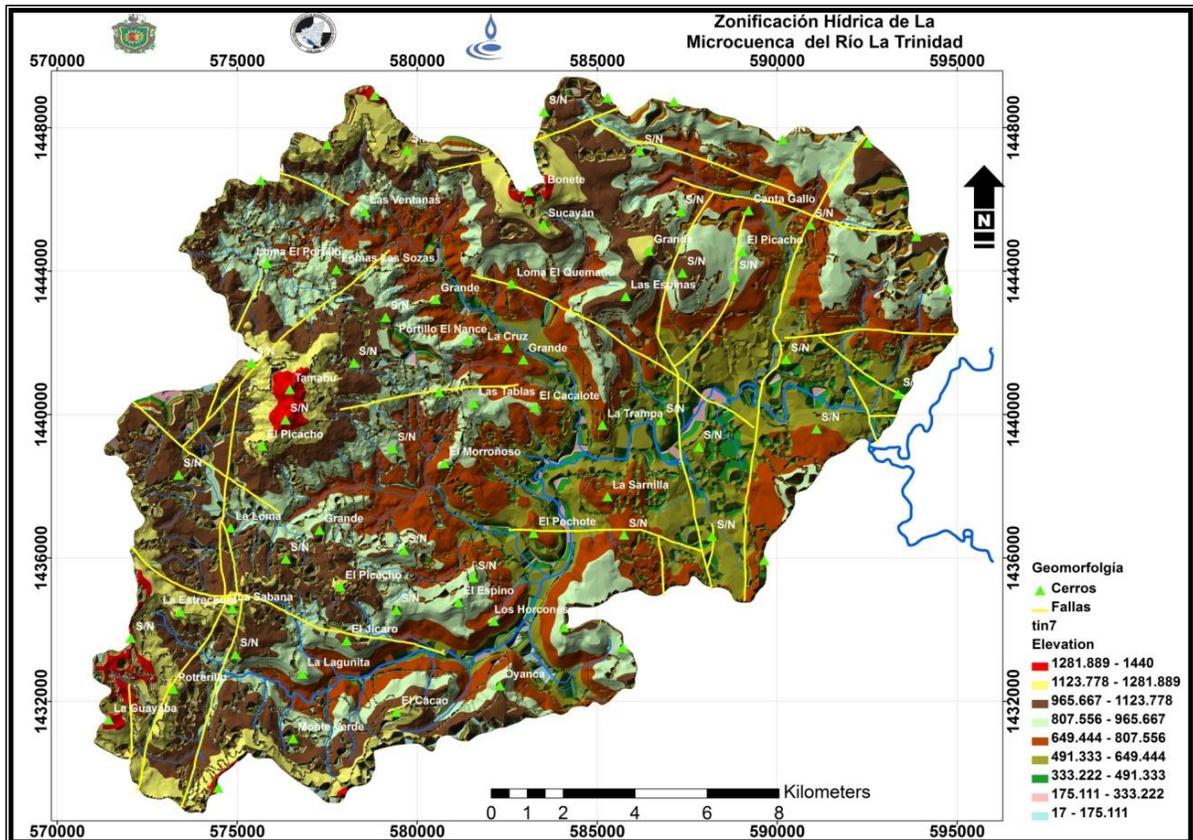
⁵ Declaración del Milenio de Naciones Unidas, UN A/Res/55/2, 2000

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Caracterización de la microcuenca del río La Trinidad

2.1.1 Geomorfología

La microcuenca del río La Trinidad, geomorfológicamente pertenece a la provincia Tierras Altas del Interior que se extiende desde el borde noroccidental de la Depresión Nicaragüense hasta la Llanura Atlántica (Fenzl, 1989).



Mapa 2. Geomorfología de la microcuenca del río La Trinidad.

El 70% de los suelos en la microcuenca son suelos ondulados, constituidos por pendientes pronunciadas que requieren de construcción de obras de conservación de suelo para evitar el deterioro, mientras que el 30% de los suelos está compuesto por planicies (Mapa 2). El relieve varía de fuertemente ondulado a ligeramente plano de oeste a este (INIFOM, 2010).

Las características geomorfológicas de la microcuenca del río La Trinidad se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Características geomorfológicas de la microcuenca del río La Trinidad.

Área (km ²)	315,48
Perímetro (km)	95,65
Pendiente media de la microcuenca (%)	25,59
Índice de Gravelius	1,51
Forma	Oblonga a Rectangular
Longitud del río principal (km)	34,55
Pendiente media del río principal (%)	6,60
Densidad de Corrientes (km ²)	16,00
Densidad de drenaje (km.km ⁻²)	1,34
Elevación (msnm) máxima	1 444,00
Elevación (msnm) media	450,00
Elevación (msnm) mínima	14,00
Precipitación (mm.año ⁻¹)	800,00 a 1600,00
Temperatura (°C)	21,00 - 25,50

2.1.2 Clima

El clima de la microcuenca es tropical seco; con poca precipitación pluvial, que varía entre 800 y 1500 mm al año, con una variación de temperatura entre los 21,0 y 25,5 °C. De acuerdo a Köppen (1900) se clasifica como tropical de sabana (verano seco).

2.1.2.1 Precipitación

La época lluviosa esta comprendida entre los meses de mayo a octubre, ocurriendo generalmente las mayores precipitaciones mensuales en junio y octubre. Entre noviembre y abril es la época seca y las precipitaciones disminuyen drásticamente. En la Tabla 3 se muestra la precipitación media obtenida de 1984 al 2010 de las estaciones meteorológicas de Jinotega y San Isidro. Estos datos son utilizados para el cálculo del balance hídrico.

Tabla 3. Precipitación media (mm) de 1984 al 2010.

Año	Jinotega	San Isidro	Promedio
Enero	34,8	2,3	18,6
Febrero	23,0	2,8	12,9
Marzo	15,1	8,3	11,7
Abril	18,0	16,9	17,4
Mayo	137,1	134,3	135,7
Junio	181,2	136,1	158,7
Julio	146,9	85,3	116,1
Agosto	151,4	105,4	128,4
Septiembre	185,8	161,4	173,6
Octubre	203,6	167,2	185,4
Noviembre	79,5	44,8	62,1
Diciembre	43,8	9,3	26,5
Suma	1 220,1	874,0	1 047,1

2.1.2.2 Temperatura

La Tabla 4 muestra las temperaturas medias mensuales por estación meteorológica del periodo de 1984 al 2010, las que estuvieron entre 19,2°C en enero y 22,5°C en mayo en la estación Jinotega. Mientras que en la estación San Isidro en el mes enero se reportó una temperatura de 24,3°C y de 26,8°C en abril.

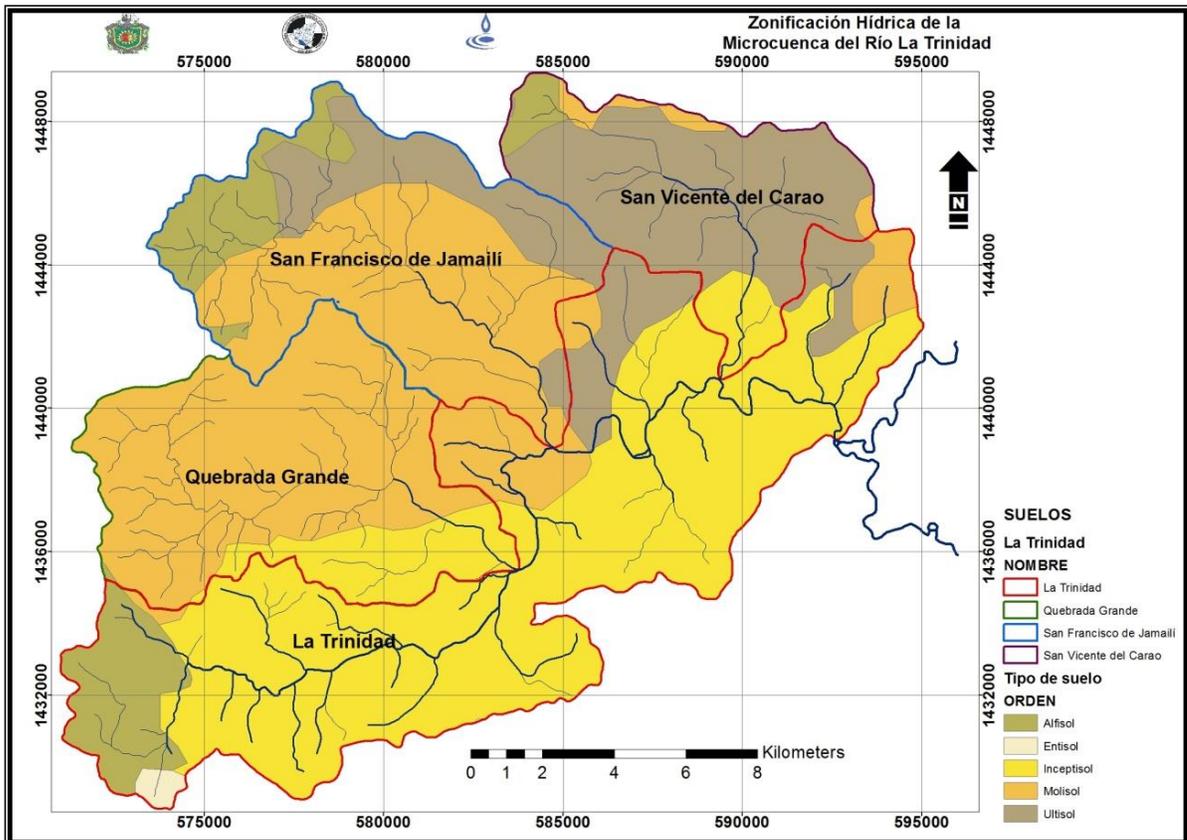
Tabla 4. Temperaturas media (°C) de 1984 al 2010.

Mes	Jinotega	San Isidro	Promedio
Enero	19,2	24,3	21,8
Febrero	19,8	24,8	22,3
Marzo	20,9	25,6	23,3
Abril	22,3	26,8	24,6
Mayo	22,5	26,4	24,5
Junio	21,7	25,5	23,6
Julio	21,2	25,4	23,3
Agosto	21,5	25,5	23,5
Septiembre	21,5	25,0	23,3
Octubre	21,1	24,7	22,9
Noviembre	20,3	24,6	22,5
Diciembre	19,6	24,6	22,1
Anual	21,0	25,3	23,1

2.1.3 Suelo

En la microcuenca se han identificado cinco órdenes de suelo según la clasificación de la United States Department of Agriculture (USDA NRCS, 2010): Alfisoles (8,29%), Molisoles (35,05%), Ultisoles (19,92%), Entisoles (0,38%) e Inceptisoles (36,37%); este último predomina o se localiza en La Laguna, La Trinidad y Los Chagüites (Mapa 3) que corresponden al área de drenaje del río La Trinidad.

1. Suelos Alfisoles: Suelos con horizonte B arcilloso enriquecido por iluviación; suelos jóvenes, comúnmente bajo bosques de hoja caediza.
2. Suelos Molisoles: Suelos de zonas de pradera en climas templados; horizonte superficial blando; rico en materia orgánica, espeso y oscuro.
3. Suelos Ultisoles: Suelos de zonas húmedas templadas a tropicales sobre antiguas superficies intensamente meteorizadas; suelos enriquecidos en arcilla.



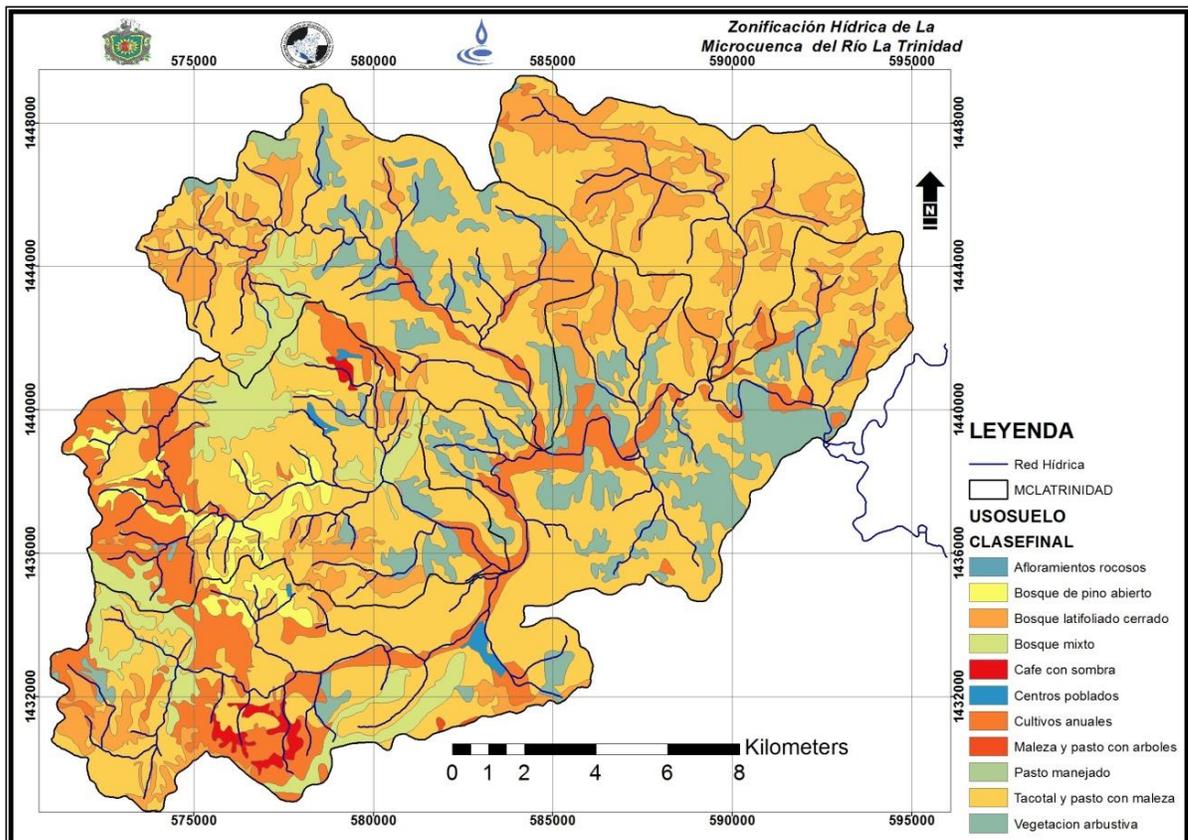
Mapa 3: Tipos de suelos en la microcuenca del río La Trinidad.

4. Suelos Entisoles: Casi nula diferenciación de horizontes; distinciones no climáticas: aluviones, suelos helados, desierto de arena.

5. Suelos Inceptisoles: Suelos con débil desarrollo de horizontes; suelos de tundra, suelos volcánicos recientes.

Debido a la deforestación intensiva, los suelos de la microcuenca se encuentran erosionados. Esta erosión se ha clasificado en cinco categorías: extrema, severa, leve, moderada y fuerte; siendo esta última la que predomina cubriendo el 43,43% de la microcuenca, teniendo mayor incidencia en La Laguna, La Trinidad, Las Ánimas, San Francisco de Jamail y La Cañada.

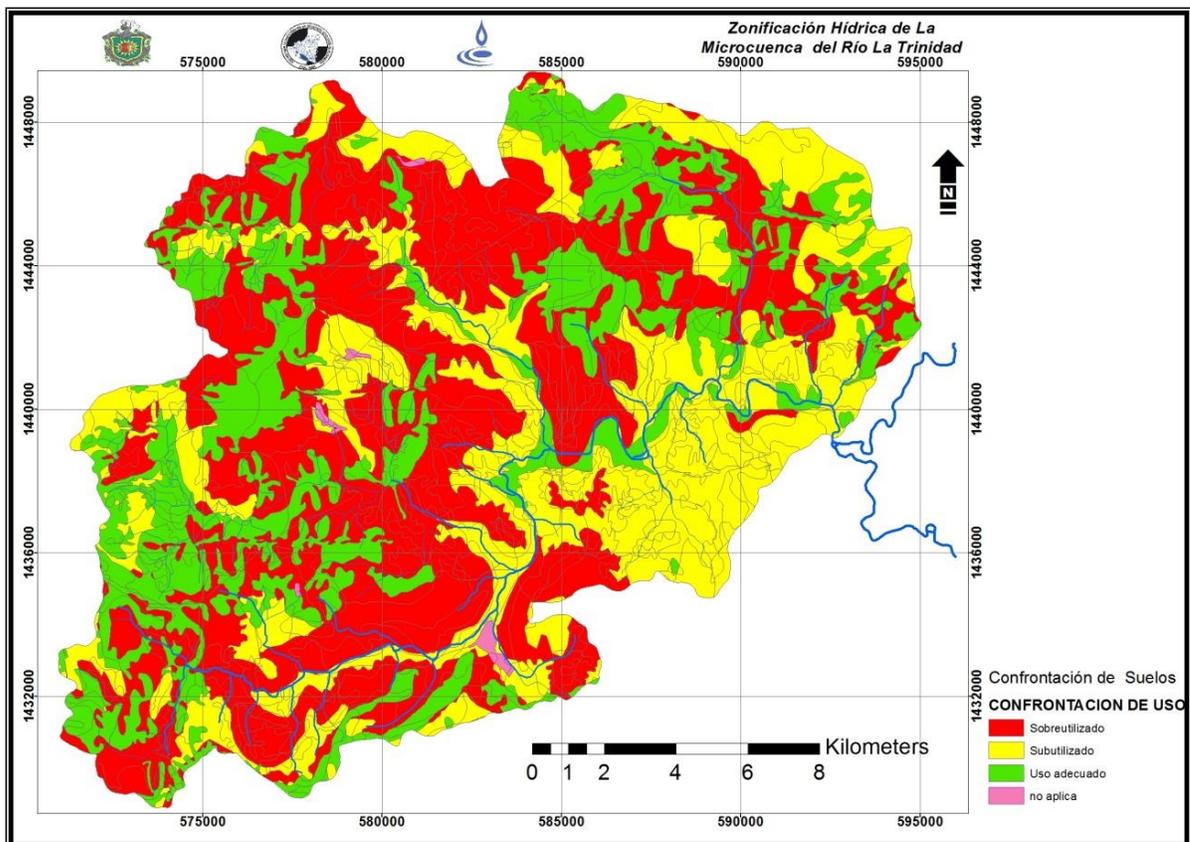
El uso actual de los suelos (Mapa4), lo conforman bosques: de pino (7,87 km²), latifoliado cerrado(41,14 km²) y mixtos (18,10 km²) que es un área de 21,27% de la microcuenca; tacotal y pasto con maleza 172,28 km² (56,41%); cultivos anuales (11,85%); vegetación arbustiva (11,01%), centros poblados y otros (0,99%).



Mapa 4. Uso actual de los suelos en la microcuenca del río La Trinidad.

Las actividades pecuarias tanto en ganado menor y mayor son pocas y están localizadas principalmente en la parte norte y sureste. Las actividades agrícolas realizadas por población (porcentajes de familias por cultivo) son principalmente la siembra de granos básicos como el frijol (70,9 %), maíz (66,7 %), sorgo (21,0 %), hortalizas (13,0 %) y productos no tradicionales como chía, linaza, ajo y cebollín entre otros (22,0 %).

La ausencia de planes de manejo y el desarrollo de las actividades económicas del país para dar frente a las necesidades de la población, han dado como resultado que el uso actual de los suelos de la microcuenca no se corresponda con el uso potencial dadas sus características forestales. Así, en el Mapa 5 se observa que estos suelos han sido sometidos a la sobre utilización en un 43,87% y subutilización en un 30,38%, donde solamente el 25,41%, está siendo usado adecuadamente. El término no aplica corresponde a las áreas urbanas pobladas.



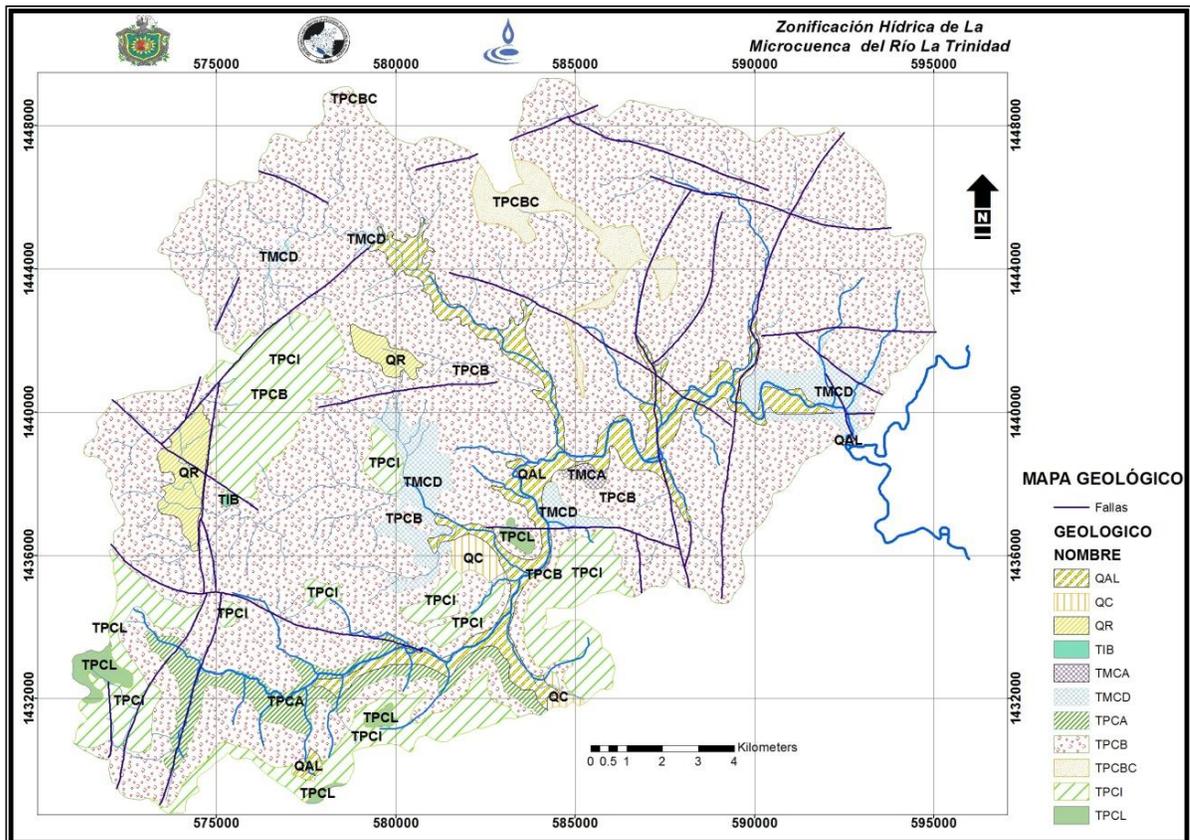
Mapa 5. Mapa de confrontación de uso de suelo.

2.1.4 Geología

Geológicamente los terrenos de la microcuenca se incluyen en la Provincia Volcánica Terciaria que está representada por el Grupo Coyal, identificándose tres unidades geológicas: Coyal Inferior (Cyi), Coyal Superior (Cys); y Cuaternarios como depósitos aluviales (Qal) (Fenzl, 1989). En el Mapa 6 se muestra la geología de la microcuenca.

2.1.4.1 Coyal inferior (Cyi)

Corresponde al sistema neoceno superior, serie de mioceno-medio superior, con una litología dominada por brecha y aglomerados. Presentan suelos con desarrollo genético juvenil a inmaduros fuertemente erosionados.



Mapa 6. Geología de la microcuenca del río La Trinidad.

2.1.4.2 Coyal superior (Cys)

Corresponden al sistema Terciario y a la serie del mioceno-medioplioceno, con una litología dominada por ignimbritas, tobas y brechas dacíticas, y lavas

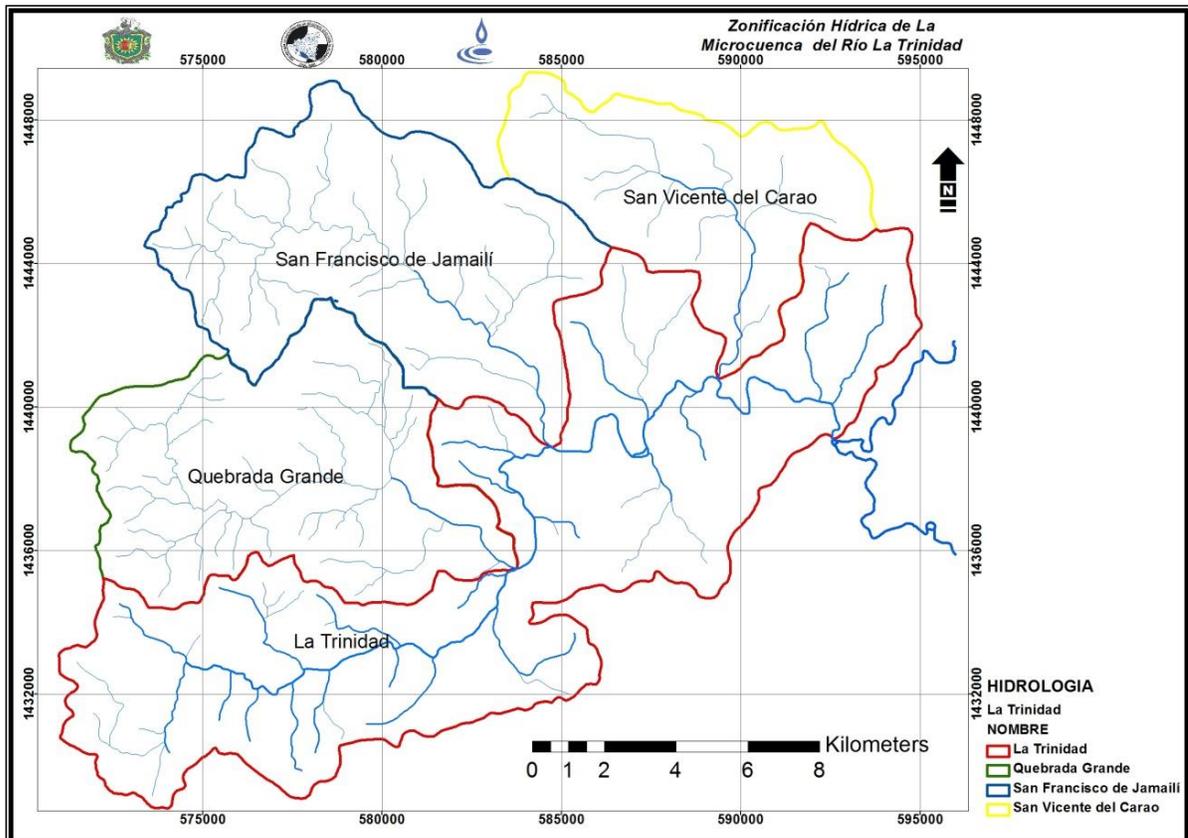
basálticas y andesito-basálticas. Presentan suelos con desarrollo genético juvenil a inmaduro fuertemente erosionado.

2.1.4.3 Depósitos aluviales (Qal)

Se encuentran depositados en las riberas de los ríos, quebradas y arroyos. Pertenecen al Cuaternario reciente y pleistoceno, presentan desarrollo genético reciente y juvenil.

2.1.5 Hidrología

La Trinidad es el río principal que recorre el área de estudio. Nace en el suroeste del municipio y se va alimentando en su recorrido por cauces, arroyos y quebradas; a su vez es afluente del Río Viejo. Es un río de cuarto orden con tres afluentes de tercer orden. Los afluentes más importantes del río La Trinidad (Mapa 7) son: Quebrada Grande, San Francisco de Jamailí, y San Vicente del Carao que pasa por el este de la ciudad.



Mapa 7. Red Hidrológica de la microcuenca del río La Trinidad.

2.1.6 Hidrogeología

La microcuenca se caracteriza por poseer un medio físico fisurado poroso, con transmisibilidad de alta a nula, permeabilidad variable y una capacidad específica (relación que existe entre el caudal que se obtiene de un pozo y el abatimiento producido) muy variable de 0,4 a 14 $m^3 \cdot h^{-1} \cdot m^{-1}$ (Fenzl, 1989).

El Grupo Coyol no dispone de acuíferos continuos y extensos; sin embargo, localmente las zonas de fisuras, grietas y pequeñas capas de rocas descompuestas porosas pueden ser aprovechadas para garantizar el abastecimiento de agua potable para pequeñas comunidades concretas (Fenzl, 1989). La Tabla 5 muestra las características hidrogeológicas de las cuencas subterráneas del centro del país.

Tabla 5. Características hidrogeológicas de la región central de Nicaragua (Fenzl, 1989).

Características hidrogeológicas de las subcuencas subterráneas del centro del país										
Cuenca	área	b	NE	T	CE	S	D	E	No. Pozos	Fuente y fecha
	km ²	m	m	10 ² m ² .d ⁻¹	m ³ .h ⁻¹ .m ⁻¹		10 ⁶ m ³	10 ⁶ m ³		
Valle de Sébaco	225	2 - 110	3 - 34	5 - 10	10 - 30	0,10 – 0,16	74	34	140	TH-PT/1972; TH-PT/1979; PC/1983; IN/1984-1985
Valle de Estelí	54		2 - 32	5 - 10	14 - 22		5		20	INAA/1982
Valle de San Juan de Limay	36		1/5	9 - 12	12 - 92		5		4	IRENA/1981
b: espesor del acuífero (mín/máx)							PC: PROCONSULT, Ingenieros, S.A			
NE: Profundidad del agua subterránea (mín/máx)							PT: Planitec, Ingenieros Consultores			
T: Transmisibilidad (mín/máx)							IN: INETER			
CE: Capacidad Específica (mín/máx)							TH: Tahal			
S: Coeficiente de almacenamiento (mín/máx)							INAA: Instituto Nicaragüense de Acueducto y Alcantarillado			
D: Disponibilidad de agua subterránea							IRENA: Instituto de Recursos Naturales			
E: Extracción de agua subterránea							* valores medios			
OBSERVACIONES: Los valores (mín/máx) indicados se refieren a los rangos más comunes, excluyendo a valores extremos o poco confiables.										

2.2 Disponibilidad de los recursos hídricos

2.2.1 Aguas superficiales

La microcuenca en estudio cuenta con un río principal que es el río La Trinidad cuya longitud es de 34,55 km y con tres corrientes tributarias: Quebrada Grande

(13,81 km), San Francisco de Jamailí (19,14 km) y San Vicente del Carao (12,62 km). No se conocen datos históricos de caudales de los ríos afluentes.

En época lluviosa y tres meses después de que concluye el invierno, los ríos en su curso proveen de agua a los agricultores, quienes las utilizan para el cultivo de tomate, repollo, chiltoma, maíz y frijoles, mayoritariamente. El riego que se práctica es artesanal y no existe un control del volumen de agua que se usa para este fin, especialmente en la época seca.

Inherente con la agricultura, se encuentra el uso de agroquímicos (plaguicidas y fertilizantes) que son aplicados para la protección de los cultivos y los fertilizantes para obtener mejor rendimiento en las cosechas. Sin embargo, estas sustancias son contaminantes de los recursos hídricos, como los plaguicidas que persisten por períodos que van desde días hasta las 12 semanas (Malation), de 1 a 18 meses (Paration) y de meses a 20 años (DDT: dicloro difenil tricloroetano) (Ramírez & Lacasaña, 2001). En el caso de los nutrientes para citar un ejemplo, en la microcuenca de La Trinidad, se utilizan 200 libras de N-P-K (12-30-10) como fertilizante del tomate (www.uralchem.com) y se utilizan también 200 libras de urea por manzana de maíz sembrado. Nicaragua importó 70 000 toneladas de urea en el año 2007.⁶

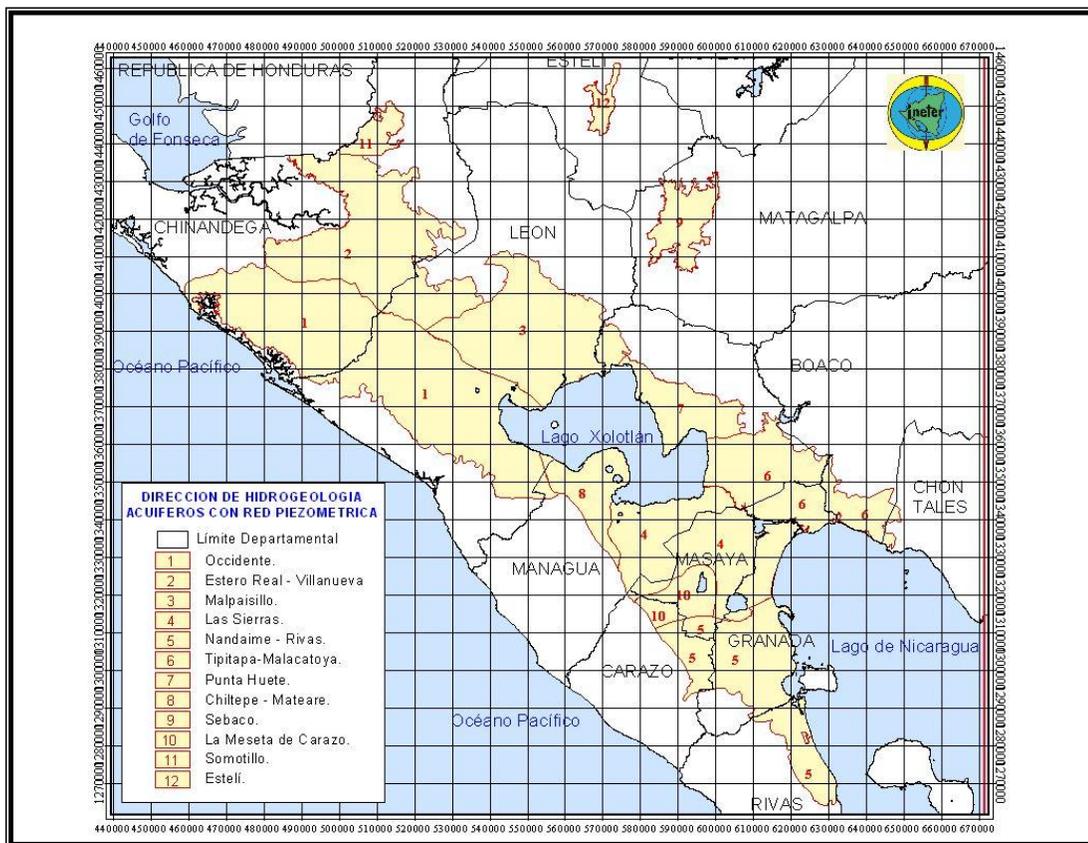
Debido a la falta de drenaje y alcantarillado sanitario, las aguas residuales del área urbana de la microcuenca de La Trinidad, fluyen libremente por las calles de la ciudad hasta converger con el río para que éste se encargue de depurarlas. Sin embargo, este proceso no se realiza completamente debido al incremento en el volumen líquido y sólido de vertidos como consecuencia de la explosión demográfica. Aquí se incluyen residuales domésticos, hospitalarios e industriales. Aunque en menor medida, en el ámbito rural no deja de ser significativa la influencia de estas condiciones en las aguas superficiales. Todos estos factores han provocado que la disponibilidad del agua de los ríos disminuya en cantidad y en calidad, haciendo que no sean aptas para recreación por contacto y con restricciones para la agricultura.

⁶ El Nuevo Diario del 5 de marzo del 2009

2.2.2 Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas del país en su mayoría están localizadas en el Pacífico del país (Mapa 8); en la región central están los acuíferos de Estelí, Sébaco y San Juan de Limay, que son pequeños e importantes para proveer agua de buena calidad a una zona tan poblada y donde el vital líquido escasea.

La región central se caracteriza por acuíferos fracturados principalmente, desarrollados en flujos de lava basalto andesítico, en rocas intrusivas básicas y ácidas, especialmente granitos y en rocas metamórficas representadas por esquistos y mármol (Castillo & otros, 2006). En la microcuenca del río La Trinidad se encuentran pequeños valles intramontanos en Santa Cruz, El Espinal y Monte Verde, que son importante fuentes de aguas en estas comunidades y donde se encuentran ubicados pozos tanto excavados como perforados; a la vez son zonas de alta productividad agrícola.



Mapa 8. Acuíferos de Nicaragua (Tomado de INETER)

En la región central se determinaron tres tipos hidrogeoquímicos predominantes de agua, las que se detallan en la Tabla 6. Estas aguas tienden a acidificarse (pH menores de 6,5 unidades) y la conductividad eléctrica se incrementa. Entre los contaminantes naturales presentes en las aguas del centro del país se destacan el hierro y el flúor en el 10,5% y 0,9% de 1 488 muestras con valores que superan los 3,0 mg.l⁻¹ y 1,5 mg.l⁻¹, respectivamente (Castillo & otros, 2006).

Tabla 6. Tipos hidrogeoquímicos de la región central de Nicaragua (Castillo & otros, 2006)

Centro del País	Tipo predominante	Segundo tipo predominante	pH unidades	Conductividad eléctrica $\mu\text{S.cm}^{-1}$
Norte	$\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- - \text{Mg}^{2+}$ **	4,20 - 9,96 ***	< 500 -3500***
Sur		$\text{HCO}_3^- - \text{Mg}^{2+} - \text{Ca}^{2+}$ **	4,83 - 9,42 ***	

**INETER 2004

*** UNICEF et al 2005

La influencia de los factores naturales y antropogénicos, se refleja en el deterioro de los recursos en la microcuenca del río La Trinidad, donde los que más influyen son la alta tasa de erosión de suelo fértil y la reducción de las áreas destinadas para bosques. Consecuentemente, se originan fuertes escurrimientos con el arrastre de otros materiales y sustancias asociadas, lo que reduce la recarga efectiva al acuífero; creando condiciones limitantes relacionadas con la disponibilidad de agua para consumo humano y para el riego, y por ende, en la producción de granos básicos y hortalizas como productos de subsistencia.

En la microcuenca, la infiltración es favorecida por el sistema de fallas y por las zonas donde el material geológico se encuentra fracturado, facilitando el almacenamiento y el movimiento del fluido a través de ellas; sin embargo pueden actuar como barreras de flujo por algunas discontinuidades.

2.2.3 Aguas residuales

Algunos autores clasifican las aguas según los tipos de contaminantes que contienen:

Aguas residuales: Aguas que han sido utilizadas en las actividades diarias de una ciudad. Pueden ser domésticas, industriales y de servicios, y necesitan de un tratamiento después de su uso (Fernández, Letón, & Otros, 2006).

Aguas grises: A diferencia de las aguas residuales, llevan restos de jabones, detergentes y son menos contaminantes que las *aguas negras*, en algunos casos pueden ser reutilizadas para regadíos y abono.⁷

2.2.4 Balance hídrico

El cálculo del balance hídrico en hidrología se basa en la aplicación de la ecuación de la continuidad, para cualquier zona o cuenca natural o cualquier masa de agua. Indica los valores relativos de entrada y de salida de flujo, y la variación del volumen de agua almacenada en la zona o masa de agua (UNESCO, 1981).

En una cuenca de un río con divisoria de cuencas bien definidas, las aportaciones superficiales son prácticamente despreciables y por lo tanto la ecuación de balance para una cuenca de río es la siguiente:

$$P - E - Q - \Delta S - v = 0 \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde: **P** es la precipitación, **E** la evaporación, **Q** descarga del río desde la cuenca, **ΔS** el agua almacenada y **v** es el residual o error de cierre del balance hídrico.

Esto dará como resultado el volumen de agua superficial disponible, o sea que, será con lo que se contará en la microcuenca para ser usada.

2.3 Calidad de los recursos hídricos

2.3.1 Física

La calidad física de un agua es determinada por variables como pH, conductividad eléctrica, sólidos, oxígeno disuelto, temperatura, olor y color.

pH: Es una de las mediciones más frecuentemente usadas en análisis de agua, y se define como el logaritmo de la actividad del ion hidronio. El valor indica la acidez, basicidad o neutralidad de un agua. Así valores de pH menores que 6 unidades son ácidos; valores de pH igual a 7 se consideran neutros; mientras que valores de pH mayores que 8 unidades son básicas. Las aguas naturales

⁷ http://www.construmatica.com/construpedia/Aguas_Grises

usualmente tienen valores de pH en el rango de 4 a 9 unidades. El pH regula el sistema de carbonatos, y es más ligeramente básica por la presencia de bicarbonatos y carbonatos de metales alcalino y alcalino térreos (APHA; AWWA; WEF, 2005).

Conductividad eléctrica: Es la medida de la habilidad que tiene una solución acuosa para transmitir energía eléctrica. Esta habilidad depende de la presencia de los iones, la concentración total, movilidad, valencia y especialmente la temperatura de la medición (APHA; AWWA; WEF, 2005).

Sólidos: Esto se refiere al material suspendido o disuelto en el agua. Las aguas con alto contenido de sólidos generalmente son de inferior palatabilidad y puede inducir a una desagradable reacción fisiológica en el consumidor. Se ha establecido como límite 500 mg.l^{-1} deseable para el agua de consumo (APHA; AWWA; WEF, 2005).

Oxígeno Disuelto: El nivel de oxígeno disuelto es un indicador de la calidad de un agua o de que tan contaminada se encuentra, y si es factible la presencia de vida vegetal y animal en ella. Revela la condición presente del medio acuático, es decir si está oxidado o reducido, el valor y la solubilidad del oxígeno disuelto están condicionados por la temperatura del agua. La solubilidad del oxígeno disminuye a elevadas temperaturas. En general, el principal factor de consumo de oxígeno libre es la oxidación de materia orgánica por respiración a causa de microorganismos descomponedores (bacterias heterotróficas aerobias) (Roldán & Ramírez, 2008).

Temperatura: El agua fría es generalmente más aceptable que el agua caliente, y la temperatura tendrá un impacto sobre la aceptabilidad de un número de otros constituyentes inorgánicos y contaminantes químicos que pueden afectar el sabor. Temperatura alta del agua potencia el crecimiento de microorganismos y puede aumentar el sabor, olor, color y los problemas de corrosión (World Health Organization, 2008). Se considera temperatura aceptable en el agua potable entre 18 y 30 °C (CAPRE, 1994).

Olor: Es una característica organoléptica. Las normas establecen **cero** como el valor recomendado; ya que no es agradable en un agua para consumo humano (CAPRE, 1994).

Color: Es otro parámetro organoléptico medible; está constituido por la luz no absorbida, que resultan del contacto del agua con desechos orgánicos como hojas y maderas en varios estados de descomposición (Roldán & Ramírez, 2008). Se establece un valor recomendable de 1 a 15 mg.l⁻¹ de Pt-Co como máximo admisible. Los niveles de colores 15 mg.l⁻¹ de Pt-Co son generalmente aceptables para los consumidores, pero la aceptabilidad puede variar. Alto color también podría indicar una alta propensión a producir subproductos de procesos de desinfección (World Health Organization, 2008).

2.3.2 Química

Esta calidad dependerá de las concentraciones de los compuestos químicos presentes en el agua y su comparación con respecto a valores establecidos para el uso o fin que se le vaya a destinar.

Dentro de los componentes principales están los cationes, aniones, nutrientes, plaguicidas, metales pesados y los indicadores de materia orgánica.

Los cationes y aniones son los principales componentes del agua y le confieren sus características hidroquímicas.

Cationes: Son iones con carga eléctrica positiva. Entre los cationes más importantes se encuentran el calcio, magnesio, sodio y potasio. Compuestos como el calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua. (World Health Organization, 2008)

Aniones: Son iones con carga eléctrica negativa. Entre los aniones más importantes se encuentran los cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos. Los dos últimos contribuyen a la alcalinidad de las aguas, la que mide indirectamente los cationes unidos a los bicarbonatos, carbonatos y demás aniones que tienen que ver con la acción buffer del agua (Roldán & Ramírez, 2008).

Nutrientes: Se denomina nutriente a los compuestos de nitrógeno y fósforo. Son los dos elementos más importantes para la producción primaria en los ambientes acuáticos superficiales. Sin embargo, cuando se depositan en grandes cantidades promueven el proceso de eutrofización en el medio. Su presencia está asociada con actividades antropogénicas como la agricultura por el uso de fertilizantes y la ganadería por la excreta de los animales, además de la producción de aguas residuales domésticas (Roldán & Ramírez, 2008).

Plaguicidas: Son compuestos sintéticos, de diferentes tipos de acuerdo con su formulación química, que son usados en la agricultura para combatir las diferentes plagas que atacan a los cultivos. Así, hay del tipo: fosforados, carbamatos y piretroides que debido a su corta vida no se bioacumulan. En cambio la exposición a productos clorados debido a su alta persistencia y lipofilidad (afinidad a los lípidos) hace que se bioacumulen en el organismo (DDT en leche y tejidos orgánicos), además de contaminar los suelos y los recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos (Ramírez & Lacasaña, 2001).

Metales pesados: Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que con peso atómico superior de 40, y se caracterizan por una distribución electrónica similar en su capa externa. En ecosistemas acuáticos los metales pesados que causan gran preocupación son el cobre, zinc, cadmio, mercurio y plomo (Rand, 1995).

La presencia de arsénico en el medio ambiente se debe a fenómenos naturales y también a ciertas actividades humanas (explotación minera, fundición de minerales, centrales eléctricas de carbón), y no existe terapia contra el envenenamiento por el arsénico presente en el agua potable (UNESCO PRENSA, 2005).

Contaminantes de materia orgánica: Entre los más utilizados está la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el caso de focos puntuales de contaminación, que se descargan directa o indirectamente en cuerpos de aguas receptores; y que sirven para medir la capacidad de depuración de las aguas (Crites & Tchobanoglous, 2004).

Estos parámetros se encuentran establecidos y regulados por el decreto 33-95⁸ sobre las Disposiciones para el control de la contaminación provenientes de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias.

2.3.3 Biológica: hidrobiológica y microbiológica

Estas variables son de gran importancia en la evaluación de la calidad de agua ya que toman en cuenta a los organismos que la habitan. Se han dividido en hidrobiológicas y microbiológicas. Entre las variables hidrobiológicas se cuenta con el fitobentos y los macroinvertebrados acuáticos; y entre las microbiológicas están los coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y enterococos.

Fitobentos: Es un término colectivo que incluye todos los grupos algales que no flotan libremente en el agua, es decir, aquellos que están fijos a un sustrato natural o artificial o que se movilizan sobre el mismo (Roldán & Ramírez, 2008). Son indicadores de calidad de agua, ya que ellos tienden a acumular efectos de condiciones presentes y pasadas, donde las mediciones químicas y físicas aplican solo en el momento del muestreo.

Macroinvertebrados acuáticos (MIA): Invertebrados acuáticos que habitan en los sedimentos, en troncos, hojarasca, en las raíces de las plantas acuáticas (flotantes) y que miden entre 250 y mayor o igual a 500 μm (Roldán & Ramírez, 2008). Son indicadores biológicos de la calidad del agua. Entre los grupos taxonómicos, los más abundantes se encuentran en las diferentes variedades de insectos, siendo: Odonata, Ephemeroptera, Coleoptera, Trichoptera, Megaloptera, Díptera, entre otros de menor abundancia y composición taxonómica.

Coliformes: Se designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de la contaminación de agua y alimentos. Las aguas de consumo humano no deben tener presencia de estos organismos. Los coliformes se clasifican como coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y enterococos. El

⁸ La Gaceta Diario oficial N° 118, del 26 de Junio de 1995

grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana debido a que:

1. Son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente.
2. Están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades.
3. Permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas.
4. Se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección (Delgado Diaz, Fall, Quentin, & Otros).

2.4 Tensores que contribuyen a la vulnerabilidad y contaminación de los recursos hídricos.

2.4.1 Socio-Económicos

Un factor importante en este rubro es la población (INIFOM, 2010) reporta para La Trinidad una población de 23 882 habitantes, donde 13 782 pertenecen a la zona rural. Se dedican especialmente al cultivo del maíz, frijol y millón que son la base de la economía en el área rural y de los cuales obtienen bajos rendimientos, sumando el hecho de que en las riberas del río se siembran hortalizas.

En el área urbana la principal actividad es la industria sobre todo la panificadora (se tienen registradas 6), seguida por la carpintería, sastrería, mecánica, entre otros. Otros factores que afectan a la población son el desempleo, la falta de crédito para la siembra, el analfabetismo y el derecho a la tenencia de la propiedad.

2.4.2 Físicos

La microcuenca se caracteriza por tener terrenos e hidrología vulnerables, debido a que en época de lluvia la escorrentía es fuerte, lo que provoca inundaciones y derrumbes de terreno. Cabe mencionar que la mayoría de la población está asentada en las zonas más vulnerables catalogadas como de alta incidencia (INETER; INDUROT, ITGE, 1999). Al respecto, falta un plan de ordenamiento territorial para definir futuras zonas de expansión urbana.

2.4.3 Ambientales

La contaminación ambiental por actividades humanas ha causado el deterioro de la calidad en las fuentes de agua. Principalmente aquella vinculada con el mal manejo de los desechos sólidos y líquidos, debido a la ausencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales y al poco control sobre el destino final en especial de los envases de los productos agroquímicos, además de la deforestación y la implementación de prácticas agrícolas inadecuadas han contribuido a acelerar este proceso.

Podemos clasificar la contaminación en función de la extensión de la fuente⁹:

Puntual: Cuando se localiza en un punto; ej. La descarga en un río de una red de alcantarillado.

Difusa: Cuando el contaminante llega al ambiente en forma distribuida; Ej. La contaminación de suelos y acuíferos por los fertilizantes y plaguicidas empleados en la agricultura. También es difusa la contaminación de los suelos cuando la lluvia arrastra hasta allí contaminantes atmosféricos, caso de lluvia ácida.

2.4.4 Geológicos

La cuenca se caracteriza por presentar pendientes escarpadas (mayores de 30%) bien pronunciadas. Entre las formas de erosión se tienen las siguientes (INETER; INDUROT, ITGE, 1999):

- 1) Canales torrenciales o de flujos de derrubios con erosión reciente.
- 2) Canales torrenciales o de flujos de derrubios sin evidencias de erosión reciente.
- 3) Cicatrices de deslizamientos, flujos superficiales y desprendimientos recientes, son movimientos muy poco profundos y de pequeñas dimensiones.
- 4) Superficies de fractura de movimientos complejos y flujos fósiles de dimensiones medias-grandes.

⁹http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n#Clasificaci.C3.B3n_seg.C3.BA_n_el_tipo_de_contaminaci.C3.B3n

2.5 Manejo de los recursos hídricos

2.5.1 Agua potable y saneamiento

La Trinidad área urbana cuenta con servicio de agua potable bajo la administración de ENACAL. En la Tabla 7 se presentan las estadísticas de los censos de 1995 y 2005 de los municipios pertenecientes a la microcuenca (INIDE, 2005).

Tabla 7. Distribución porcentual de las viviendas particulares ocupadas por abastecimiento de agua, según censo y municipio (INIDE, 2005).

Censo y Municipio	Total	% de Abastecimiento de agua								
		Tubería dentro de la Vivienda	Tubería dentro del Terreno	Puesto Público	Pozos			Río, Manantial o Quebrada	Otro	Ignorado
					Total	Privado	Público			
Censo 1995										
LA REPUBLICA	751 637	32,2	23,3	6,2	19,7	-	-	13,2	5,2	-
ESTELÍ	31 039	32,0	22,2	12,8	16,7	-	-	11,2	5,1	-
Estelí	17 158	46,8	26,4	5,9	9,6	-	-	5,2	6,1	-
La Trinidad	3 298	30,3	11,0	14,3	25,3	-	-	14,3	4,8	-
San Nicolás	951	0,7	1,9	20,5	29,0	-	-	44,7	3,2	-
Censo 2005										
LA REPUBLICA	978 335	40,5	20,3	3,2	16,4	10,8	5,6	12,0	7,0	0,7
ESTELÍ	40 497	41,0	21,7	8,7	15,8	6,8	9,0	7,5	4,8	0,5
Estelí	22 623	59,8	20,2	2,5	7,7	4,0	3,8	4,2	4,9	0,6
La Trinidad	4 104	37,6	13,4	15,8	21,1	11,0	10,1	7,1	4,6	0,4
San Nicolás	1 223	1,3	4,0	15,1	30,8	13,2	17,7	44,9	2,8	1,1

ESTELÍ: Corresponde al departamento

En la zona rural de la microcuenca la población se abastece de fuentes superficiales por medio de miniacueductos en las comunidades de Llano Largo, Oyanca, Las Pencas, La Pacaya, Las Correderas, Quebrachitos, Potrerillo, Rosario Abajo, Las Lomas, Las Gavetas, La Cañada, entre otros. El resto de las comunidades se abastecen del vital líquido por medio de pozos, estanques y reservorios, lo que representa un alto riesgo de contaminación si no se implementan buenas prácticas sanitarias.

En lo que respecta al alcantarillado, la cobertura es nula, de manera que la población hace uso de letrinas. Las aguas de las actividades domésticas e

industriales corren por las calles del municipio que no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales.

2.5.2 Uso actual

Como se ha mencionado anteriormente, el agua subterránea (pozos y manantiales) en el municipio es usada para consumo humano, y el agua del río y los pozos excavados son usados para riego particularmente en Las Ánimas, La Cañada, San Antonio, San Lorenzo y Las Lajas. En las partes altas de la microcuenca el agua es captada en reservorios de diversas dimensiones.

2.6 Marco constitucional y Legal

El país cuenta con una estructura jurídica, con leyes modernas que contemplan desde la protección y conservación de los recursos naturales, hasta, específicas como es la del recurso hídrico, tanto en su gestión como en su administración.

Constitución política de Nicaragua: Arto. 102.-Los recursos naturales son patrimonio nacional. La preservación del ambiente y la conservación, desarrollo y explotación racional de los recursos naturales corresponden al Estado; éste podrá celebrar contratos de explotación racional de estos recursos, cuando el interés nacional lo requiera.

Ley No. 620 Ley General de Aguas Nacionales: En su Considerando I, establece que el recurso agua es Patrimonio de la Nación y corresponde, por tanto, al Estado promover el desarrollo económico y social por medio de la conservación, desarrollo y uso sostenible del mismo, evitando que pueda ser objeto de privatización alguna.

Ley No 40. Ley de municipios: Arto. 1.- El Municipio es la unidad base de la división político administrativa del país. Se organiza y funciona a través de la participación popular para la gestión y defensa de los intereses de sus habitantes y de la nación. Son elementos esenciales del Municipio: el territorio, la población y el gobierno.

Ley 722. Ley de los CAPS: Arto. 6 Principios rectores de los CAPS inciso c) Equidad, en la participación social comunitaria para la gestión integrada del agua, proporcionando a todos los pobladores los instrumentos para su involucramiento en un plano de igualdad, con el objetivo de mejorar la condición y calidad de vida de los pobladores en general.

Ley 217. Ley general del medio ambiente: Arto 1. La presente Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales tiene por objeto establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales que lo integran, asegurando su uso racional y sostenible, de acuerdo a lo señalado en la Constitución Política.

Decreto No. 33-95: Considerando II: Que la creciente demanda del recurso agua ha incrementado sustancialmente la descarga de agua residuales no tratadas a cuerpos receptores, comprometiendo sus diferentes usos lo que puede afectar la salud de la población nicaragüense.

III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de estudio

El estudio es de tipo descriptivo analítico y transversal.

3.2 Universo

El universo de estudio es la microcuenca del río La Trinidad (Mapa 7), que se encuentra en la subcuenca del Río Viejo y pertenece a la cuenca hídrica de los Grandes Lagos y el río San Juan (cuenca No.69).

3.3 Recolección de la información

3.3.1 Información primaria

La información primaria fue obtenida inicialmente a través de los reconocimientos geológicos, hidrológicos e hidrogeológicos realizados. Seguida posteriormente por el diseño de monitoreo mensual de objetos hídricos a lo largo de un año hidrológico (aforos de ríos y medición de niveles de los pozos), para culminar con la selección de la red de monitoreo para calidad de agua y la posterior interpretación de los resultados analíticos de los laboratorios.

3.3.2 Información secundaria

Se recopiló toda la información existente sobre la geología, hidrogeología, hidrología, uso y tipo de suelos, actividades desarrolladas en la microcuenca, calidad de los recursos hídricos en la microcuenca del río La Trinidad, tanto a nivel local como central existentes en ministerios, organismos e instituciones pertinentes y las Alcaldías Municipales.

Una vez recopilada la información secundaria, se procedió a su análisis, organización y sistematización en bases de datos, gráficos, mapas, etcétera.

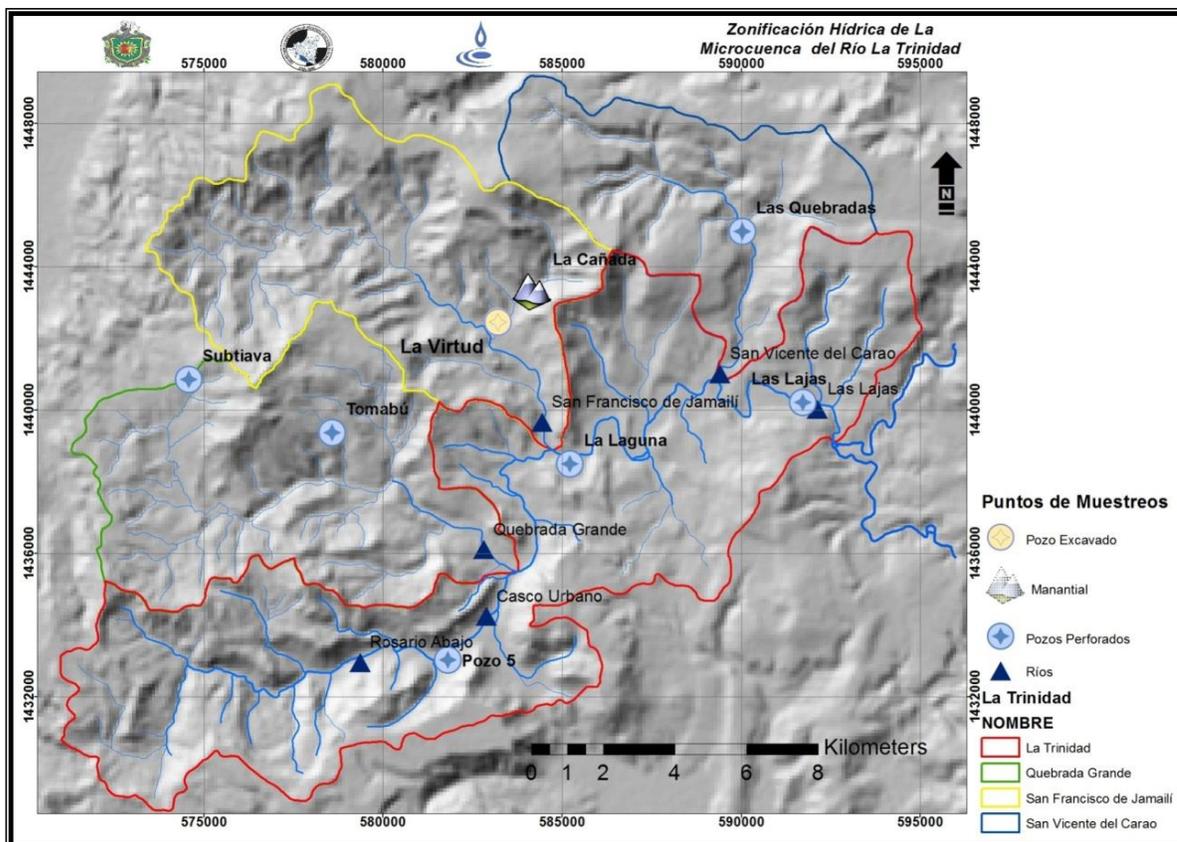
3.3.3 Muestras

Para la definición de éstas, se realizó un diseño de muestreo en base a la información secundaria recopilada, analizada y procesada. En el diseño de muestreo se determinó dos periodos de muestreo, para contar con el factor de estacionalidad temporal. Así, las muestras fueron colectadas en septiembre (5 al 8) del 2011 (época lluviosa) y febrero (20 al 23) del 2012 (época seca).

En total se colectaron 3 muestras de agua y sedimentos (Fitobentos y MIAB) en la corriente principal, 1 en cada tributario (3), 6 en pozos perforados comunales, 1 en manantial y 1 en pozo excavado. La Tabla 8 detalla las referencias de dichos puntos y el Mapa 9, muestra la ubicación geográfica de los sitios monitoreados.

Tabla 8. Puntos de muestreos.

Nombre	Este	Norte
Ríos		
Rosario Abajo	579374	1432960
Casco Urbano	582897	1434252
Las Lajas	592139	1440040
Quebrada Grande	582815	1436111
San Francisco de Jamailí	584446	1439671
San Vicente del Carao	589421	1441028
Pozos Perforados		
La Laguna	585229	1438508
Las Lajas	591733	1440223
Las Quebradas	590042	1444999
Subtiava	574575	1440869
Tomabú	578582	1439372
Pozo 5, Rosario Abajo	581822	1433029
Pozo Excavado		
La Virtud	583220	1442465
Manantial		
Manantial La Cañada	581459	1443369



Mapa 9. Puntos de muestreo para determinar la calidad de agua en la microcuenca del río La Trinidad.

Los análisis realizados en las diferentes fuentes se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Análisis realizados en los sitios monitoreados.

Tipo de fuente	Variables					
	FQ, amonio, boro y MB	Arsénico	MIAB y fitobentos	Plaguicidas	DBO ₅ , DQO sólidos, y nutrientes	Isótopos
Río	X			x ^{1,2}	x	x
Sedimento Fluvial			x			
Manantial	X	x				x
Pozo Perforado	X	x		x ³		x
Pozo Excavado				x ³		x
Agua de lluvia						x
Laguna	x ²					x

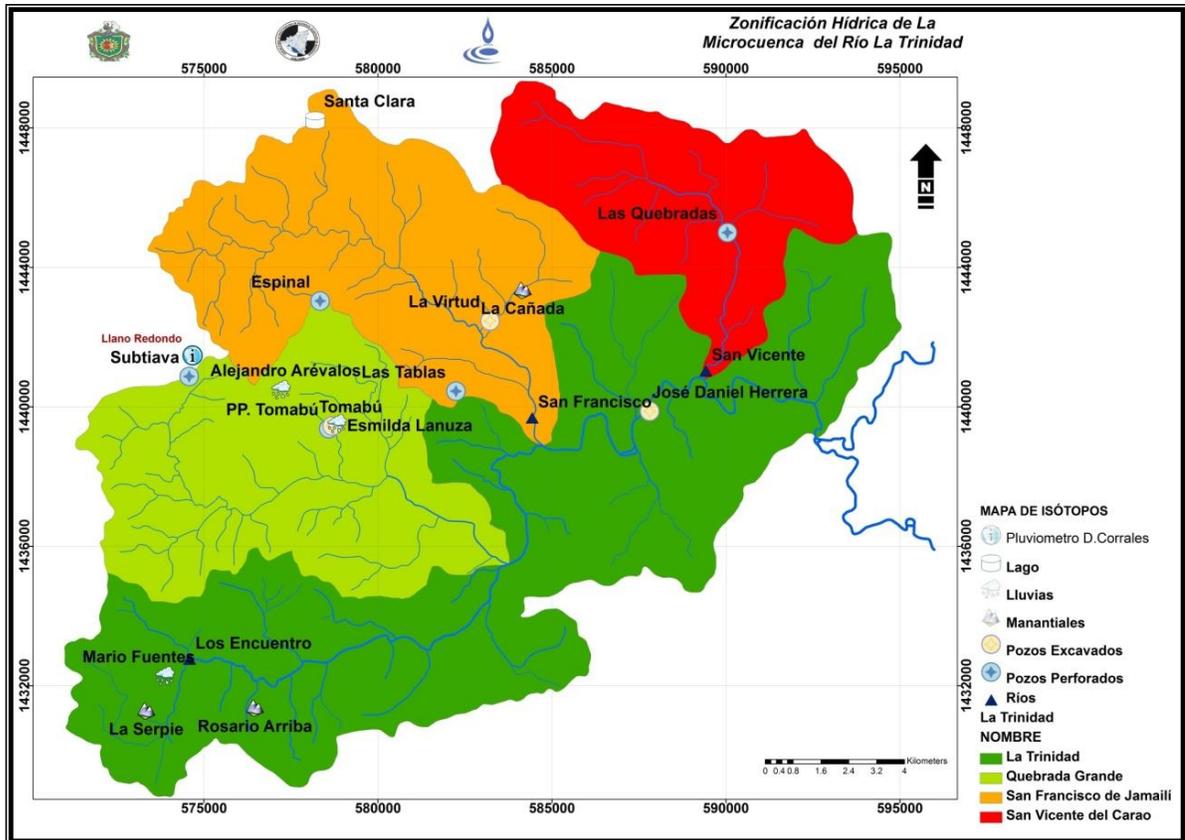
FQ: físico-químico; MB: microbiológico; MIAB: macroinvertebrados acuáticos bénticos.

¹ Casco urbano en los 2 muestreos, ² San Francisco y Laguna en época seca; ³ Pozo 5 y La Virtud en la época lluviosa.

Las muestras para determinar la composición isotópica de las aguas fueron tomadas en noviembre 2011, las referencias geográficas se muestran en la Tabla 10 y los puntos de toma de muestra se ubican en el Mapa 10.

Tabla 10. Puntos de muestreo para oxígeno 18 (^{18}O) y deuterio (^2H).

Fuente	Nombre	Elevación (msnm)	Este	Norte
Río	Los Encuentros	874	574586	1432766
Río	San Vicente del Carao	543	589421	1441037
Río	San Francisco de Jamailí	588	584434	1439686
Laguna	Laguna de Santa Clara	1 258	578194	1448217
Manantial	Rosario Arriba	932	576466	1431384
Manantial	La Serpie	1 101	573343	1431300
Manantial	Manantial La Cañada	690	581459	1443369
Agua de Lluvia	Tanque de captación: Mario Fuentes	1 035	573881	1432282
Agua de Lluvia	Pila de captación: Alejandro Arévalo	1 212	577214	1440495
Agua de Lluvia	Tanque de captación: Esmilda Lanuza	967	578828	1439514
PP	Las Quebradas	621	590042	1444999
PP	Subtiava	1 115	574575	1440869
PP	Tomabú	958	578582	1439372
PP	El Espinal	996	578336	1443033
PP	Las Tablas	757	582240	1440445
PE	PE2-JDHL	530	587806	1439871
PE	Tomabú- Antiguo	970	578681	1439449
PE	La Virtud	645	583220	1442465
PP: Pozo Perforado		PE: Pozo Excavado		



Mapa 10. Localización de los puntos de muestreos de isótopos.

3.4 Trabajo de campo

3.4.1 Reconocimientos geológico, hidrogeológico, hidrológico y selección de sitios de monitoreo

La planificación del trabajo de campo requirió del conocimiento previo del área de estudio, fue necesario realizar reconocimientos por toda la microcuenca del río La Trinidad. Esto permitió un mejor conocimiento de la situación y características de la zona, que junto con la información secundaria facilitaron el uso eficiente de los recursos y una planificación efectiva de las actividades que llevaron al cumplimiento de los objetivos planteados.

Durante los reconocimientos se hizo un inventario de los objetos hidrogeológicos (pozos, manantiales y reservorios), los hidrológicos (ríos, cauces); así como de los aspectos geológicos más relevantes de la zona: formaciones geológicas, tipo de rocas, presencia de fallas y fracturas, posibles depósitos de agua.

Se identificaron los sitios de medición de caudal en el río principal y los tributarios; los pozos para medición mensual de niveles de agua; la ubicación de los sitios para la realización de las pruebas de infiltración; así como también la selección de los sitios de muestreo de sedimentos, agua superficial y subterránea.

3.4.2 Medición de caudales en los ríos

Se estudiaron las características del río La Trinidad y sus tributarios más importantes, a través de las mediciones que se realizaron mensualmente por un año hidrológico en 10 sitios para determinar la variabilidad del caudal respecto al tiempo.

La Técnica de aforo que se utilizó fue por vadeo (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007) que es indicada para columnas de aguas menores de 1 m de profundidad y velocidades menores de $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Se utilizó un molinete marca Gurley con propelas (622 D) para altas velocidades y el pigmeo 625 D para bajas velocidades durante la época seca.

La Tabla 11, muestra las ecuaciones de calibración que se utilizan para el cálculo de la velocidad según el tipo de propelas usados.

Tabla 11. Ecuaciones de Calibración del molinete Gurley.

Molinete	Ecuación de Calibración
622 D	$v = [(0,672 * n) + 0,005] \text{ (m}\cdot\text{s}^{-1}\text{)}$
625 D	$v = [(0,2927 * n) + 0,0095] \text{ (m}\cdot\text{s}^{-1}\text{)}$

Se trazó una sección transversal del río Gráfico 1, el cual fue segmentado verticalmente de acuerdo al ancho del punto de medición. Seguidamente se midió la profundidad de cada vertical para obtener el área del río y la velocidad de la corriente con el molinete. El caudal se calculó con la ecuación de Darcy.

$$Q = v * A \quad \text{Ecuación 2}$$

$$Q = \text{Caudal } \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1} \quad v = \text{m}\cdot\text{s}^{-1} \quad A = b*y = \text{m}^2 \quad b = \text{ancho } y = \text{altura}$$

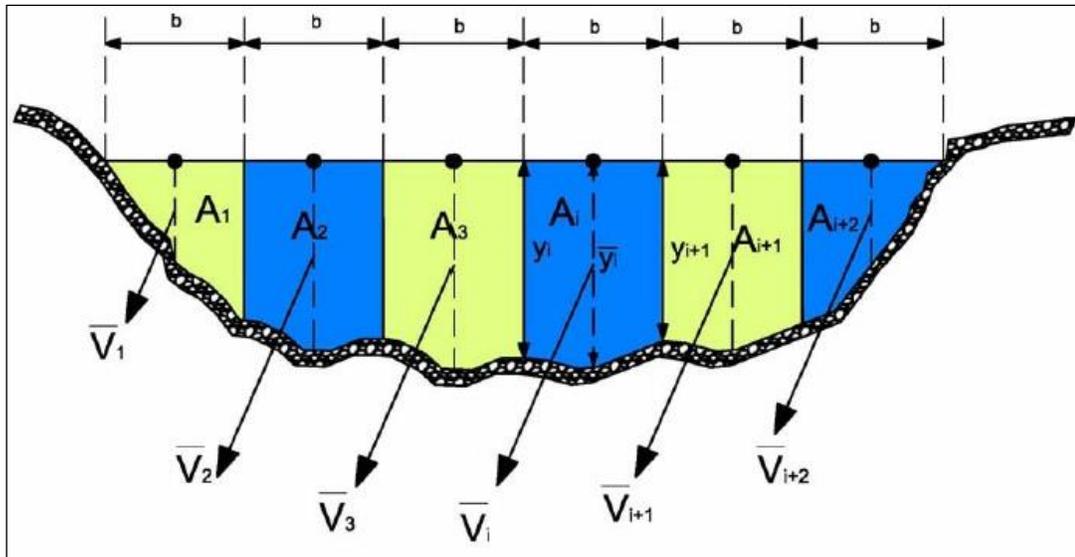


Gráfico 1. Sección transversal de un río.

Una vez obtenidos los datos se ingresaron en una hoja de cálculo para determinar el caudal según la ecuación, de los puntos seleccionados para el aforo (Tabla 12).

Tabla 12. Puntos de aforos en el río La Trinidad y tributarios.

Punto	Este	Norte
Río La Trinidad		
Potreriillo	574527	1432763
La Lagunita	574544	1432821
Rosario Abajo	579382	1432975
Casco Urbano	583023	1434198
Las Ánimas	584267	1436455
San Lorenzo	587713	1439975
Las Lajas	592139	1440040
Tributarios		
Quebrada Grande	582815	1436111
San Francisco de Jamailí	584434	1439686
San Vicente del Carao	589421	1441037

3.4.3 Medición de niveles estáticos de agua subterránea

Se identificaron y georeferenciaron 24 pozos para el monitoreo mensual en base a sus características hidrogeológicas, diseño y uso. Del total de pozos, corresponden 18 a pozos excavados (Tabla 13) y 6 a pozos perforados (Tabla 14). Se utilizó una sonda eléctrica Solinst (Foto 1) de 100 metros de longitud para mediciones de niveles estáticos de agua.



Foto 1. Sonda usada en la medición de Nivel Estático del Agua.

Tabla 13. Red de medición de niveles estáticos de agua: Pozos Excavados.

Nombre	Código	Tipo	Este	Norte
Cooperativa Los Mangos, La Laguna	Los Mangos	Privado	585485	1438811
José Daniel Herrera Lanzas	San Lorenzo 1	Privado	587608	1439893
José Daniel Herrera Lanzas	San Lorenzo 2	Privado	587806	1439871
El Valle de Licoroy	Licoroy	Comunal	589553	1441026
Miguel Ángel Tercero	Las Lajas	Privado	591798	1440134
Las Tablas	Las Tablas	Comunal	582354	1440419
Carlos Centeno Mendoza	San Nicolás 1	Privado	572295	1429460
Petronila Centeno	San Nicolás 2	Privado	572479	1429323
Rosario Abajo	Rosario Abajo	Privado	579836	1433240
Barrio Alcides Jiménez	Vilma Mayorga	Privado	583157	1433674
Parque Municipal de La Trinidad	Parque	Comunal	582902	1433566
Ivania Herrera	Barrio Nuevo	Privado	583597	1432698
Rodrigo Altamirano	Santa Clara	Privado	578255	1448460
Erasmus Benavides Tenorio	Santa Cruz 1	Privado	574661	1439604
Ernestina Pineda Castillo	Santa Cruz 2	Privado	574791	1438418
Antiguo Pozo Tomabú	Tomabú	Comunal	578681	1439449
Oswaldo Martínez	Las Ánimas	Privado	584478	1434907
La Virtud, La Cañada	La Cañada	Privado	583220	1442465

Tabla 14. Red de medición de niveles estáticos de agua: Pozos Perforados.

Nombre	Tipo	Este	Norte
Las Tablas	Comunal	582240	1440445
Subtiava	Comunal	574575	1440869
Carlos Pérez	Privado	574686	1440325
Tomabú	Comunal	578582	1439372
La Cañada	Privado	581846	1442907
El Espinal	Comunal	578336	1443033

3.4.4. Pruebas de Infiltración

Las pruebas de infiltración se realizan para determinar la capacidad de infiltración de los suelos. Este dato es utilizado en el cálculo del balance hídrico de los suelos, que proporciona información sobre el volumen de agua disponible en el acuífero. La selección de los sitios donde se realizaron las pruebas de infiltración, se basó en los tipos de suelo presentes en la microcuenca. En total se realizaron 11 pruebas (Tabla 15), empleando el método de doble cilindro o cilindros concéntricos.

Tabla 15. Ubicación de los puntos de las pruebas de infiltración.

Punto	Este	Norte
El Barro	574072	1429085
La Serpie	573558	1431555
Santa Cruz	574656	1439804
San Antonio	576356	1444590
Tomabú	578688	1439642
La Cañada	583219	1442679
Mesa de los Espejos 1	584702	1435064
Mesa de los Espejos 2	584799	1435089
La Cebadilla	593634	1443157
Los Carbonales	579714	1447918
Comunidad La Laguna	584924	1438972

La metodología consistió en insertar en el suelo un par de cilindros concéntricos abiertos (Foto 2) de metal a una profundidad aproximada de 0,15 metros, tratando de no afectar las condiciones naturales del suelo.

Una vez insertados los anillos se vierte agua en el espacio anular conformado por ambos cilindros hasta el nivel seleccionado. Posteriormente se procedió a llenar con agua el cilindro interno a la misma altura del nivel seleccionado en el cilindro externo. Seguidamente usando un cronómetro y una regla se iniciaron las mediciones de descensos en el nivel del agua a diferentes intervalos de tiempo. Las pruebas se dieron por concluidas cuando la velocidad con que desciende el nivel del agua (tasa de infiltración) es constante.



Foto 2. Prueba de infiltración usando los cilindros concéntricos.

3.4.5 Análisis de datos meteorológicos

Los datos meteorológicos fueron suministrado por la dirección de meteorología de INETER y proporcionaron la información sobre las condiciones climatológica de la zona (Anexo 1), se utilizaron para el cálculo del balance hídrico y la recarga hídrica. La Tabla 16 muestra las generalidades de las estaciones meteorológicas.

Tabla 16. Estaciones meteorológicas. INETER

Estación: Jinotega/Jinotega	Latitud 13°05'06'' N	Elevación 1 032 msnm
Código 55 020	Longitud 85° 59' 48'' W	Tipo : HPM
Estación: Raúl González San Isidro	Latitud 12°54'48'' N	Elevación 480 msnm
Código: 69 132	Longitud 85° 59' 48'' W	Tipo : AG
HPM: Hidro pluviométrica		AG: Agrometeorológica

3.5 Metodología para el Cálculo de Balance Hídrico y Recarga Hídrica (Balance Hídrico de Suelos)

Para estimar los valores de balance hídrico y la recarga hídrica, se requiere procesar una serie de datos obtenidos en pruebas en el campo. El cálculo de la

evapotranspiración potencial se hace con la temperatura y la radiación solar incidente. Se obtiene mediante tablas usando la latitud de la zona de estudio.

a. La Evapotranspiración Potencial se calculó usando la ecuación de Fórmula de Hargreaves aplicada, esta sirve para determinar la evapotranspiración real.

$$ETP = 0,0135. (t_{med} + 17,78) R_s \quad \text{Ecuación 3}$$

ETP: Es la máxima cantidad de agua que puede evaporarse desde un suelo cubierto de vegetación (Thornthwaite, 1948).

t_{med} : Temperatura media (°C)

R_s : Radiación solar incidente en mm.d^{-1}

b. Para el cálculo del **Balance Hídrico Superficial** se utilizó la Ecuación 1, y para el cálculo de la **Recarga Hídrica Subterránea** (balance hídrico subterráneo) se utilizó la hoja de cálculo de (Schosinky & Losilla, 2000).

3.6 Metodología de análisis de laboratorios

Las muestras recolectadas fueron remitidas a los Laboratorios del CIRA/UNAN y procesadas bajo metodología estandarizada según se detalla en el Anexo 2.

3.7 Análisis de datos de información

1. Los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos, fueron analizados por época de muestreo y comparados con las normas de calidad tanto (CAPRE, 1994), (CCME, 2008) y norma técnica obligatoria nicaragüense para la clasificación de los recursos hídricos (NTON 05 007 - 98)¹⁰.

2. En tanto los resultados hidrobiológicos fueron usados para determinar el Índice Biológico de Familia (FBI) el que es basado en la caracterización de los macroinvertebrados en categorías en función de su respuesta a la contaminación orgánica (es decir a la tolerancia de varios niveles de oxígeno) y para ellos se utilizó el índice propuesto por Hilsenhoff (1977) cuya fórmula es:

¹⁰ La Gaceta Diario oficial N° 30, del 11 de febrero del 2000

$$B_i = \frac{\sum ni.ai}{N} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde **ni** es el número de muestras en cada grupo taxonómico, **ai** es la tolerancia con valores entre 0 y 10 a la contaminación para ese grupo taxonómico y **N** es el número total de organismos en la muestra.

3. Para determinar el Índice Trófico de Diatomeas (Kelly, 2001) se utilizaron los resultados de los Fitobentos, este índice está dado por la siguiente ecuación:

$$index = \frac{\sum_{j=1}^n a_j s_j v_j}{\sum_{j=1}^n a_j v_j}, \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

aj: abundancia o proporción de valvas de especies j en la muestra
sj: sensibilidad a la polución (1 a 5) de especie j
vj: valor indicador (1 a 3)

Los valores de sensibilidad (sj) son los siguientes:

1. Favorecidos por muy bajas concentraciones de nutrientes
2. Favorecidos por bajas concentraciones de nutrientes
3. Favorecidos por concentraciones intermedias de nutrientes
4. Favorecidos por altas concentraciones de nutrientes
5. Favorecidos por muy altas concentraciones de nutrientes

Calculando la sensibilidad media ponderada se obtiene:

TDI = (WMS × 25) – 25, el cual es expresado en porcentaje

WMS: weighted mean sensitivity, (sensibilidad media ponderada)

TDI: Trophic Diatom Index, (Índice Trófico de Diatomea)

4. Toda la información recabada fue analizada, revisada, interpretada y sistematizada por medio de tablas, gráficos y mapas elaborados en ArcGIS 10, lo que facilitó su integración, correlación, comprensión y presentación de los resultados

5. La cartografía utilizada fueron las hojas topográficas y geológicas de Sébaco **2954-1**, San Nicolás **2954-4**, Jinotega **2955-2** y Estelí **2955-3**.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Tensores Socioeconómicos

Para ello se trabajó con la base de datos del Proyecto Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas de Agua y Saneamiento (PIMCHAS, 2007) para la microcuenca y con la información obtenida del CENSO del 2005 de INIDE. El Anexo 3 muestra el formato de encuesta utilizado por PIMCHAS.

4.1.1 Escolaridad

En la microcuenca del río La Trinidad el 24 % de población es analfabeta o no está en la edad escolar; el 76% sabe leer y escribir (Tabla 17) de un total de 12 007 personas censadas.

Tabla 17. Nivel de Escolaridad en la microcuenca del río La Trinidad.

Escolaridad	Ninguna	Preescolar	Primaria	Secundaria	Universitaria	Técnico
Total (personas)	2 881	362	5 707	2 224	588	245
%	24	3	48	19	5	2

La predominancia de mujeres respecto a los hombres en los niveles de escolaridad secundaria, técnico y universitario es significativo (Gráfico 2).

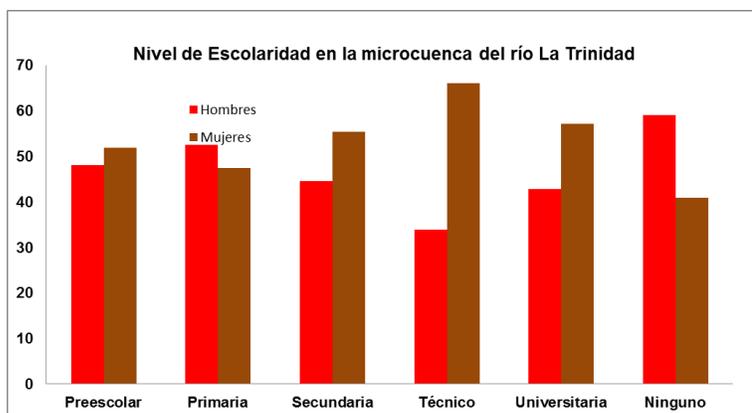


Gráfico 2. Niveles de escolaridad por sexo en la microcuenca del río La Trinidad

4.1.2 Actividad Económica

La principales actividades económicas (Gráfico 3) en la microcuenca son la agricultura, la ganadería, los empleos públicos, el comercio, artesanía. Otros se dedican a laborar en la pequeña industria y al pequeño comercio como pulperías, otros reciben remesas del exterior, entre otras actividades.

Aunque la microcuenca se caracteriza por ser altamente agrícola y ganadera, el uso potencial del suelo es mayoritariamente forestal, esta situación ha provocado que actualmente se encuentren extensas zonas deforestada como resultado de estas actividades, así como por la venta ilegal de madera especialmente aquella que tiene gran valor comercial (pino y roble), sin importar la permanente veda de estas especies según lo establecido en la Ley 585 “Ley de Veda Forestal”¹¹, que entró en vigencia a partir de su publicación en junio del 2006.

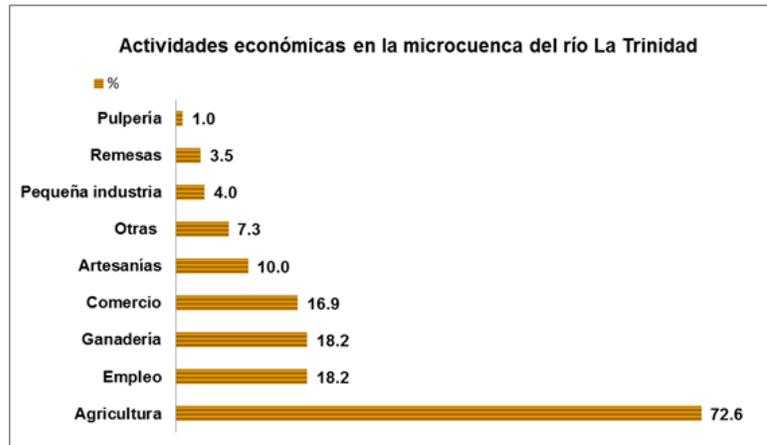


Gráfico 3. Actividades económicas en la microcuenca del río La Trinidad.

4.1.3 Acceso a la Energía

El Gráfico 4 muestra que el 66,0 % de las viviendas en la microcuenca poseen el servicio de energía comercial, un 3,0 % poseen paneles solares, el 16,6% se abastecen de otras fuentes y el 14,5% afirmaron que no contaban con estos tipos de servicio.

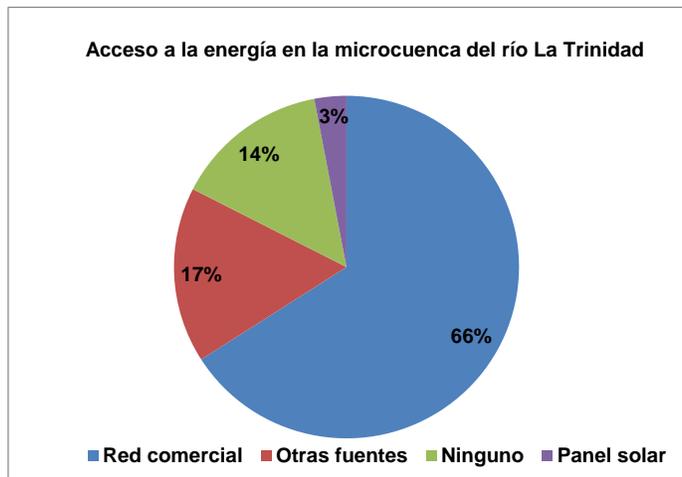


Gráfico 4. Acceso a la energía en la microcuenca del río La Trinidad

¹¹ La Gaceta Diario oficial N° 120, del 21 de junio del 2006.

4.1.4 Acceso al Agua

El acceso al agua es un derecho humano señalado por las Naciones Unidas en la resolución 64/292 (Naciones Unidas, 2010). También los Objetivos del Milenio, en el objetivo 7 en la meta 7c; tiene como indicadores la necesidad de hacer esfuerzos acelerados y específicos para llevar agua potable a todos los hogares rurales.

En el caso de la microcuenca de La Trinidad, tanto la municipalidad, instituciones gubernamentales y organismos no gubernamentales están trabajando conjuntamente para suministrar agua de buena calidad a la población. De acuerdo a la encuesta realizada por PIMCHAS, en la Tabla 18 se presenta la valoración de 2 613 familias consultadas respecto a la cantidad, al servicio y a la calidad del agua que reciben o llevan a sus hogares.

Tabla 18. Valoración del Agua según Cantidad, Servicio y Calidad.

Cantidad (%)			
Insuficiente		Suficiente	
48,52		51,48	
Servicio (%)			
Buena	Regular	Malo	No opina
48,56	6,85	8,42	36,16
Calidad del agua (%)			
Bueno	Regular	Malo	No opina
68,58	20,66	5,70	5,05

Entre las fuentes de abastecimiento de agua potable existentes (Gráfico 5) en la microcuenca se identificaron 8 tipos, cuyo acceso en términos porcentuales para un total de 2 094 familias es el siguiente: puestos públicos Ppub (12,89%), pozos perforados de bomba manual comunal PPBM (12,85%), pozo excavado de bomba manual PEBM (3,15%), pozo comunal rústico PCR (12,70%), pozo excavado privado rústico PEPR (32,19%), río (2,39%), Quebrada (8,83%) y manantial (15,0%).

A partir del 2008, se ha incrementado la población con acceso a fuentes de agua segura, a través de pozos perforados de bomba eléctrica, siendo hasta el momento 6 comunidades que cuentan con este servicio: Tomabú, Las Limas, Las Tablas, Subtiava, La Trinidad y La Laguna.

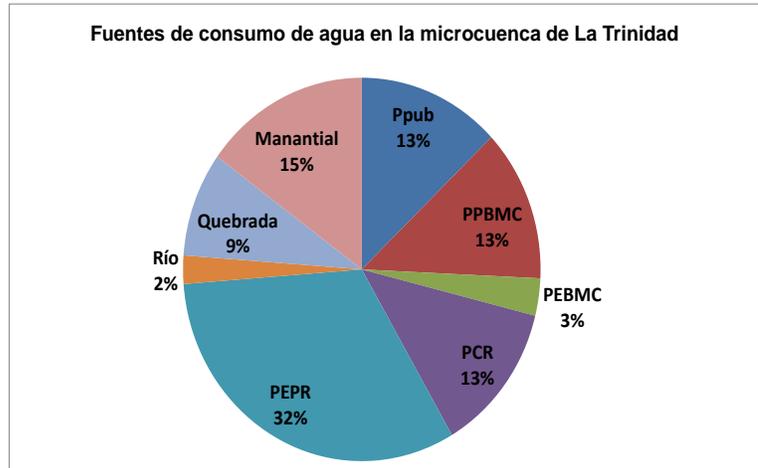


Gráfico 5. Fuentes de aguas utilizadas para consumo.

Las fotos de la 3 a la 6 muestran las diferentes fuentes de agua.



Foto 3. Pozo perforado Tomabú.



Foto 4. Pozo excavado Las Tablas.



Foto 5. Pozo Perforado de Bomba manual.



Foto 6. Manantial en Rosario Arriba.

4.1.5 Acceso a la Vivienda

El acceso a la vivienda tiene un porcentaje alto en la microcuenca (Gráfico 6), de un total de 3 114 familias censadas, 2 408 (77,3%) poseen vivienda propia y 626 (22,7%) están alquilando o posando; lo que supondría más 3 130 personas sin hogar, asumiendo familias integradas por 5 miembros, logicamente es muy probable que de muchas de estas familias tengan problemas de acceso al agua.

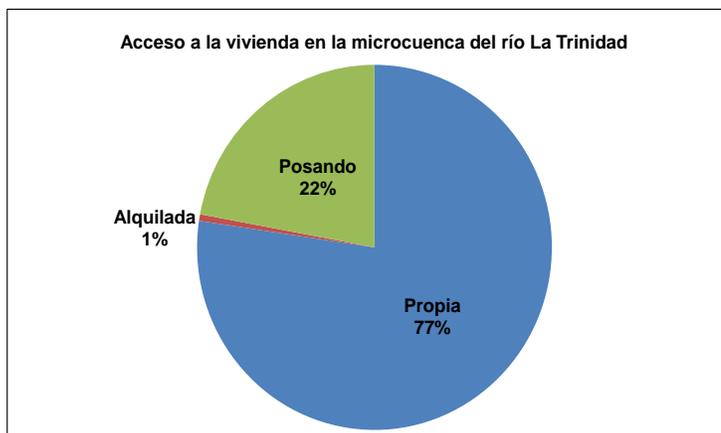


Gráfico 6. Acceso a la Vivienda en la microcuenca de río La Trinidad.

La mayoría de las viviendas son de infraestructura sencilla como se muestra en las Fotos 7 y 8.



Foto 7. Casa en Los Chilmates.



Foto 8. Casa en La Pacaya.

4.2 Tensores Ambientales

4.2.1 Manejo de Desechos Sólidos

Los municipios pertenecientes a la microcuenca cuentan con sistema de recolección de basura para el área urbana, sin embargo este servicio no cubre las áreas rurales donde la población muchas veces quema o entierra la basura, y en algunos casos la lanzan a los cauces. También se observó que la población

deposita de manera habitual la basura en las riberas del río, llegando posteriormente al río a través de la escorrentía (Fotos 9 y 10).



Foto 9. Puente en la comunidad La Laguna cubierto por basura.



Foto 10. Basura en el río La Trinidad en Govenias.

El censo realizado por PIMCHAS (2007) reveló las diversas modalidades para el manejo de los desechos que lleva a cabo la población de la microcuenca (Gráfico 7). Entre éstas quemar la basura es lo que más hacen con un (63%), la botan en el patio con un 12,4% y en un menor porcentaje, y que no deja de ser significativo, 5,3% la deposita en el camino, lo que contribuye a la creación de condiciones ambientales e higiénico sanitarias desfavorables tanto para la salud de la población como para los recursos hídricos.

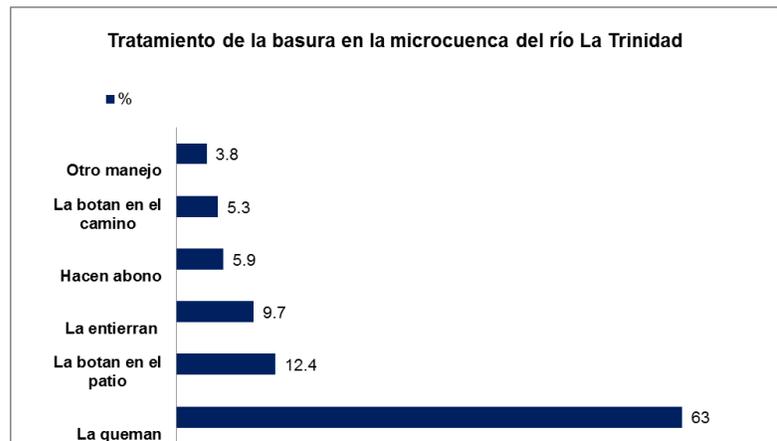


Gráfico 7. Manejo de la basura en la microcuenca.

Particularmente, en las comunidades rurales esta situación se agrava aún más (Foto 11) debido a las malas prácticas agrícolas que se desarrollan en la microcuenca, donde es común la presencia de botellas plásticas que contienen residuos de plaguicidas y herbicidas (ej. PANTEK y Detia Molustot).

El manejo inadecuado de estos desechos, según el censo de PIMCHAS (2007) muestra que en un total de 1 836 propiedades donde utilizan agroquímicos el

56,4% (1 036) los entierra o queman, 38,7% (711) lo dejan tirado en sus fincas y el 2,25% (42) los usan en la casa.

4.2.2 Manejo de las aguas residuales (Grises)

El manejo de las aguas residuales es uno de los temas pendientes por resolver en muchos municipios del país.



Foto 11. Desechos de recipientes de plaguicidas en Las Lajas.

El municipio de Estelí cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales únicamente para el área urbana; sin embargo, en La Trinidad las aguas grises corren por las calles hasta llegar al río por escorrentía (Foto 12), o ya sea que se descarguen directamente a la quebrada La Chingastosa, la cual fluye hasta descargar sus aguas en el río La Trinidad; siendo el área de mayor impacto el curso del río que atraviesa la zona urbana.



Foto 12. Aguas grises en el río La Trinidad.

Según censo el realizado en las 2 613 viviendas encuestadas en el área rural de la microcuenca del río La Trinidad, un 26,0 % botan las aguas

grises en el patio ocasionando de esta manera la formación de charcas que trae consigo enfermedades diarreicas y la proliferación de focos de contaminación.

También se muestra (Gráfico 8) que un 47,0% de los hogares recogen y riegan el patio o las plantas con estas aguas, el 5,0% las depositan en el cauce, un 5,0% tienen sumideros en los hogares y el 3,0% fosas de absorción. Sin embargo hay un 14,0% que le dan otro uso(MARENA-PIMCHAS, 2007) .

Como se ha dicho anteriormente, además de la contaminación de las aguas del río por la basura y por las aguas grises, hay que tomar en cuenta que el no disponer de alcantarillado sanitario, hace necesario el uso de letrinas (Tabla 19).



Gráfico 8. Manejo de las aguas grises en la microcuenca de La Trinidad.

Generalmente los hogares que tienen letrina es más por pobreza, porque los que tienen fosa séptica tienen inodoros, sin embargo contar con la red de alcantarillado y con el sistema de tratamiento de agua residuales permitiría mejoras en la calidad de vida en los hogares.

Tabla 19. Distribución de Viviendas con Letrinas e Inodoros.

Tipos de Letrinas	Total	Tradicional	Tradicional con tubo	No tienen	Abonera	Viviendas con Inodoro
Viviendas	2 063	1 519	370	160	2	12
Porcentaje		73,63	17,93	7,76	0,10	0,58

Aunque las letrinas evitan el fecalismo al aire libre, la incorrecta ubicación de éstas también ha provocado la contaminación de fuentes de agua, como es el caso del Manatíal Rosario Arriba (Foto 13) y en el PE de Tomabú (Foto 14) que ha sido cerrado como medida preventiva. El pozo excavado Tomabú en el estudio de PIMCHAS resultó con 94 NMP/100 ml de coliformes totales y se determinó la presencia de E.coli, lo que indica contaminación de tipo fecal. (CIRA-UNAN, 2013)



Foto 13. Pila de captación de Manantial en Rosario Arriba.



Foto 14. Pozo Excavado en Tomabú.

4.2.3 Prácticas Agrícolas

4.2.3.1 Agricultura

Los cultivos de mayor prevalencia para los productores en la microcuenca son los granos básicos, entre ellos el frijol que es cultivado por un 70,9%, el maíz con 66,7% (Foto 15) y el sorgo por el 21% de las familias. Asimismo, las familias establecen otros tipos de cultivos en sus fincas o parcelas: un 13% hortalizas, 13% café, 22% frutales, el 10% no tradicionales (Foto 16), el 4% cultivan papa y el 1% caña de azúcar para forraje de ganado, los granos básicos son cultivos tanto de subsistencia económica como alimenticia; en cambio las vegetales y hortalizas son comercializados en los mercados nacionales.



Foto 15. Cultivo de maíz y frijoles en la comunidad La Laguna.



Foto 16. Cultivos de ajo y cebolla en Monte Verde.

4.2.3.2 Quema

Entre las prácticas agrícolas la quema es una actividad común al momento de preparar los terrenos para el cultivo; sin embargo es una práctica inadecuada.

Es difícil que el entrevistado conteste con la verdad en la mayoría de los casos cuando se habla de quema, como se reflejó en el censo de PIMCHAS (2007), donde se entrevistó al jefe de familia de 2 613 hogares, los resultados se muestran en la Tabla 20, donde la mayoría respondió que no realizaban esta actividad.

Tabla 20. La quema como actividad asociada a las labores agrícolas.

Microcuenca	Total de familias	Total de productores que queman	Tipo de quema	
			Controlada	Sin control
Total	2 613	288	62	226
Porcentaje	100 %	11,0 %	2,4 %	8,6 %

Las quemas, de modo alguno tienen efectos negativos en el ambiente; aunque en Nicaragua no se han realizados estudios concretos de las emisiones de gases debido a la quema, en los Estados Unidos de América se ha calculado un promedio de los gases emitidos en los incendios forestales (Ladrach, 1999), que se detalla en la Tabla 21.

Tabla 21. Emisiones de gases por incendios forestales en los Estados Unidos de América.

Emisiones por incendios forestales*	
Material	Porcentaje
Bióxido de carbono (CO ₂)	67
Agua (H ₂ O)	25
Monóxido de carbono (CO)	6
Partículas (hollín, cenizas)	1

*También hay cantidades minúsculas de otros químicos, incluyendo hidrocarburos, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y nitratos.

Tomada de ISTF Noticias, Informe Especial mayo 2009.

4.2.3.3 Obras de conservación

En lo que respecta a las obras de conservación de suelos y aguas, un 46% de las familias implementan diferentes tipos de obras de conservación de suelo y aguas (OCSAS). El Gráfico 9 muestra las actividades de OCSAS, entre las que se mencionan las barreras vivas (42,6%) y barreras muertas (70,5%), como las actividades que más se realizan.

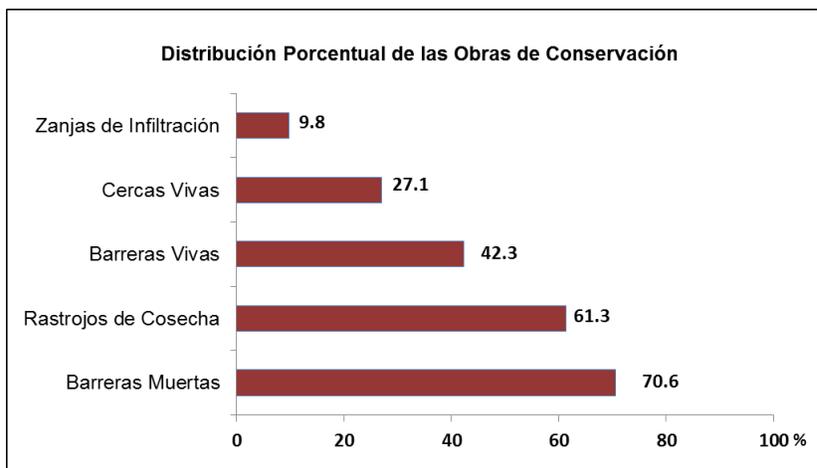


Gráfico 9. Obras de conservación de suelo y agua, que realizan las familias en la microcuenca de La Trinidad.

Las Fotos 17 y 18 ilustran algunas de estas actividades de conservación y protección del suelo, muchos productores han contado con el apoyo de instituciones y organismos no gubernamentales que fomentan las fincas con bosques y la reforestación.



Foto 17. Rastrojo de cosecha en Tomabú.



Foto 18. Barreras vivas y Barrera muerta en La Pacaya.

Actualmente a través del programa FONADEFO (Fondo Nacional de Desarrollo Forestal) y FIDER-MI CUENCA (elabora e implementa de planes de manejo de áreas de recarga hídrica), se está implementado un plan de reforestación (Fotos 19 y 20) y obras de conservación de suelo. De 2 613 familias, 553 (21,07%)

cuentan con áreas de bosques en sus propiedades y 364 (13,9%) cuentan con área reforestadas.



Foto 19. Vivero de FONADEFO-FIDER MICUENCA en Tomabú.



Foto 20. Finca reforestada en La Cañada.

4.2.4 Ganadería

La cantidad de ganado que poseen las familias está distribuida de la siguiente manera (Tabla 22). El 30,0 % de las familias de la microcuenca cuentan con ganado mayor y un 55,0 % con ganado menor. De los poseedores de ganado mayor lo utilizan para producir productos lácteos para consumo interno.

Tabla 22. Tipo y distribución de ganado en las familias de la microcuenca.

Tipo de ganado		Rango de distribución del ganado mayor			
Ganado menor	Ganado mayor	1 a 5 cabezas	6 a 15 cabezas	16 a 50 cabezas	Mayor a 50 cabezas
1 435	791	478	192	97	24
	100 %	60,4 %	24,3 %	12,3 %	3,0 %

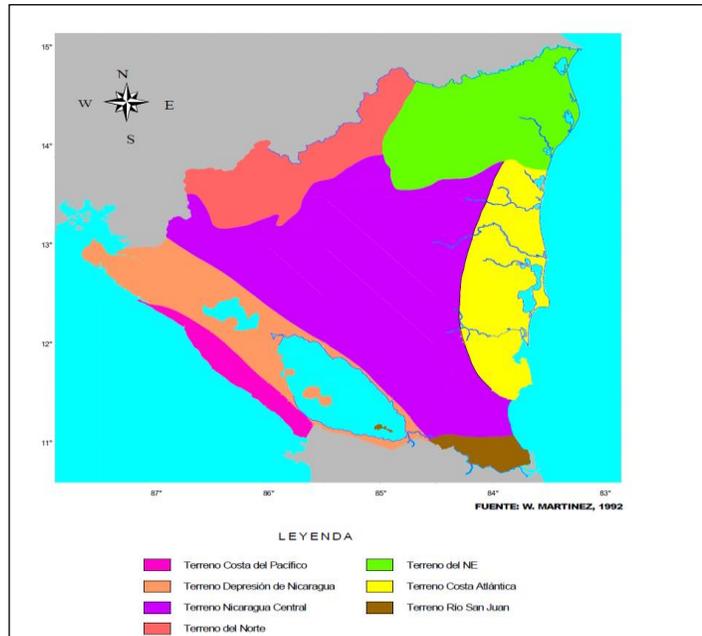
4.3 Tensores Naturales

4.3.1 Geología

La microcuenca del río La Trinidad está ubicada en la Provincia Geológica Central conocida como las Tierras Altas del Interior, específicamente en la Provincia Volcánica de El Coyol. El sector central de esta provincia está cubierto de depósitos volcánicos terciarios que pertenecen al Grupo Coyol basaltos, andesitas e ignimbritas (Fenzl, 1989). El Mapa 11 muestra la estructura que es también llamada Terreno Nicaragua Central (Martínez, 1992).

El Grupo Coyol o Formación Coyol pertenece al mioceno-plioceno terciario, tiene un espesor entre 200 – 2 300 metros; está dividido en Coyol Superior y Coyol Inferior, separados por una discontinuidad angular (Fenzl, 1989).

El Coyol Inferior está compuesto por aglomerados, lavas basálticas y andesíticas, ignimbritas y tobas riolíticas. El Coyol Superior está compuesto por aglomerados, lavas andesíticas, basálticas, e ignimbritas de composición dacítica y andesítica. (Fenzl, 1989).



Mapa 11. Principales estructuras geológicas de Nicaragua.

En base al recorrido se logró un mejor reconocimiento de las características geológicas de la microcuenca, donde se identificaron áreas y fallas importantes en la dinámica de está, obteniéndose de ello las siguientes observaciones:

1. El nacimiento del manantial La Serpie; la composición es aglomerado de ignimbrita, de granos gruesos a bombas con una amplitud de 15 metros.
2. La falla de La Pacaya atraviesa el río de sur a norte, el lecho es de basalto macizo color negro, poco alterado, con fracturas verticales de N-S y NE-SO.
3. En Sabana Larga, se evidencian ignimbritas en las partes planas y pequeños valles aluviales, en la punta del cerro El Bonete. Un manantial evidencia de un acuífero colgado, un acuífero de flujo local.
4. Zona de fracturamiento (o sea que el material rocoso al estar fracturado permite un mejor paso del agua subterránea, ya que se encontró un pequeño arroyo en el que aun corría agua) producida por la falla El Júcaro; las rocas se muestran volcadas e inclinadas, fracturas paralelas al rumbo y buzamiento.

5. En Monte Verde, en el pie del cerro El Bonete se está desarrollando un depósito aluvial; está compuesto de grandes bloques de basalto, ignimbrita con una matriz de arena granosa, grava, limo y arcilla.
6. Basalto fracturado al norte de la microcuenca en laguna de Santa Clara, lo que permite la infiltración secundaria debido al fracturamiento del material rocoso.
7. Manantial en Wasuyuca, localizado en aglomerados poco consolidados de granos gruesos (bloques de 1-2m) de rocas basálticas.
8. En Las Ánimas se evidenció dacita un poco alterada, no fracturada y color gris claro.
9. Presencia de andesita vesicular alterada color gris claro sobreyaciendo por basalto de grano grueso, zona de contacto entre terciario plioceno Coyol basalto (TpCb) y terciario plioceno Coyol andesita (TpCa) a 900 msnm en Rosario Abajo.
10. Las fallas en la parte oeste de la microcuenca son de gran importancia ya que esto permite que el agua infiltre rápidamente por ellas. Está asociado al tipo de suelo entisol, alfisol y molisol.
10. En Los Chagüites se encontró un pozo excavado con agua salobre, en basalto fracturado, este pozo se encuentra a 200 m al este de una falla que va en la dirección sur-norte y al pie del cerro Macayán a 576 msnm.
11. Hay evidencia de acuíferos colgados en el Cerro El Bonete, Cerro La Punta, Cerro El Picacho, Cerro La Mocuana y Cerro Las Tablas.

4.3.2 Riesgos Geológicos

La zona urbana del municipio de La Trinidad es considerada de alto riesgo geológico debido a las pendientes de los terrenos y así como también a la inestabilidad de laderas (INETER; INDUROT, ITGE, 1999).

4.3.2.1. Inestabilidad de laderas

Este ha sido uno de los problemas debido a las pendientes (Foto 21). Se observa como este es un riesgo constante en la microcuenca debido a que la mayor parte de la población está asentada en la zona de mayor vulnerabilidad, y que precisamente es la zona urbana.

Las líneas amarillas marcan la dirección de las corrientes buscando la quebrada La Chingastosa, en cambio las líneas rojas muestran un escenario probable que hace muy vulnerable al área urbana de La

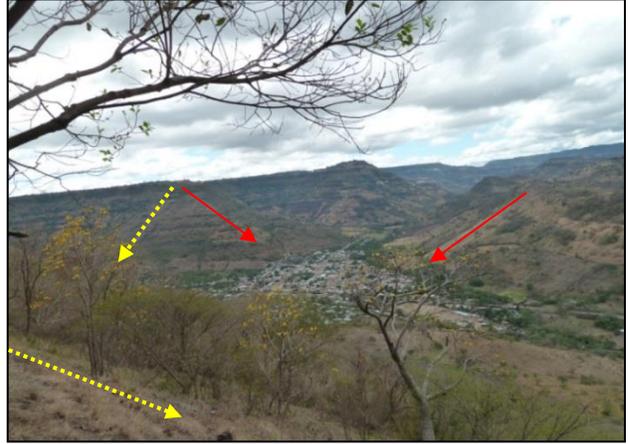


Foto 21. Zona de inestabilidad de Laderas.

Trinidad. La inundación del 28 de mayo del 2012, fue debido a las excesivas lluvias provocaron que parte del material geológico de la mesa de Oyanca y La Mocuana fue arrastrado por la escorrentía causando inundaciones en varios barrios.

4.3.2.2 Inundaciones

Debido a las escorrentías, las inundaciones son otro riesgo. Aunque hidrológicamente está asociado a las altas pendientes que hay en la microcuenca y a la alta tasa de deforestación, que hace que el agua escurra con mayor velocidad.

La última inundación alcanzó entre 70 y 80 cm en algunas casas que están en los márgenes del río como se muestra en la Foto 22, (libreta altura 21 cm) del evento del 28 de mayo del 2012. Las



Foto 22. Marca de la última inundación en una casa de la microcuenca del río La Trinidad.

inundaciones ocurren durante eventos extremos como el caso del huracán Mitch

en 1998 (Furdada, Calderón, & Marqués, 2008) que produjo la inundación más grande en la región.

4.3.2.3. Erosión hídrica y eólica

Debido a las pronunciadas pendientes, el alto grado de deforestación (Foto 23) de la microcuenca y la quema que sufren los suelos al inicio de cada ciclo agrícola, la capa orgánica del suelo ha ido desapareciendo.



Foto 23. Movimiento de tierra en masa.

4.3.3 Unidades geológicas de la microcuenca

Las formaciones geológicas superficiales son un conjunto de rocas que conforman la superficie del terreno hasta decenas de metros. En la microcuenca se determinaron 9 unidades geológicas (Mapa 6) las que se detallan a continuación.

Basalto: La composición geológica de la microcuenca se refleja en el Gráfico 10; siendo predominante el basalto con un 73% para un área de 229,9 km² (sumando la diferentes unidades Tpcb (71%) y Tpcbc (2%)). Éstos se presentan fracturados en la parte oeste y norte de la microcuenca. En la parte Este de la microcuenca es bien abundante y poco fracturado, lo cual hace que sea una de las zonas más secas y que la presencia de pozos sea muy poca.

Ignimbrita: Esta representa el 12% o sea 37,10 km² de la microcuenca. Generalmente la Ignimbrita se encuentra en las áreas donde hay más vegetación, en las zonas más altas como la mesa de Oyanca, cerro El Bonete, La Punta, cerro El Bonete de la Lagunita, Fila de la Estrechura, el cerro El Picacho en Cuajiniquil, así como los cerros El Hatillo, El Espino y Tomabú que cubren 11,39 km² (30,1%) de 37,10 km² que hay en toda la microcuenca.

Estas partes, donde se encuentran las formaciones de ignimbritas y tienen alturas mayores que 1 000 metros, son zonas importantes ya que poseen áreas con más cobertura vegetal tales como; bosque mixto y bosques de pinos abierto.

TIB (Terciario Intrusivo Basalto): Dique localizado en Santa Cruz que se puede ver perfectamente desde la carretera en el poblado conocido como La Habana.

Dacita: La presencia de dacita (TMCD) es 10,5 km² que corresponde al 3,0 % de la microcuenca y fue localizado en Las Sozas, La Presa, El Espino en Mechapa, Las Ánimas y Las Lajas.

Aglomerados o TPCL: este se encuentra disperso y se localizaron en El Portillo, en el cerro El Bonete, en El Cacao y en Las Lomas. Este material representa el 2,5 % de la microcuenca.

Andesita (TMCA-TPCA):

Estas cubren el 2,91% de la microcuenca, y se encontró andesita del pleistoceno en la parte Oeste de la microcuenca en La Pacaya, El Potrero, Rosario Arriba y Rosario Abajo. Se encontró andesita del mioceno (Coyol Inferior) en la comunidad La Laguna entre el cerro La Sarnilla y el cerro La Trampa de Sur a Norte.

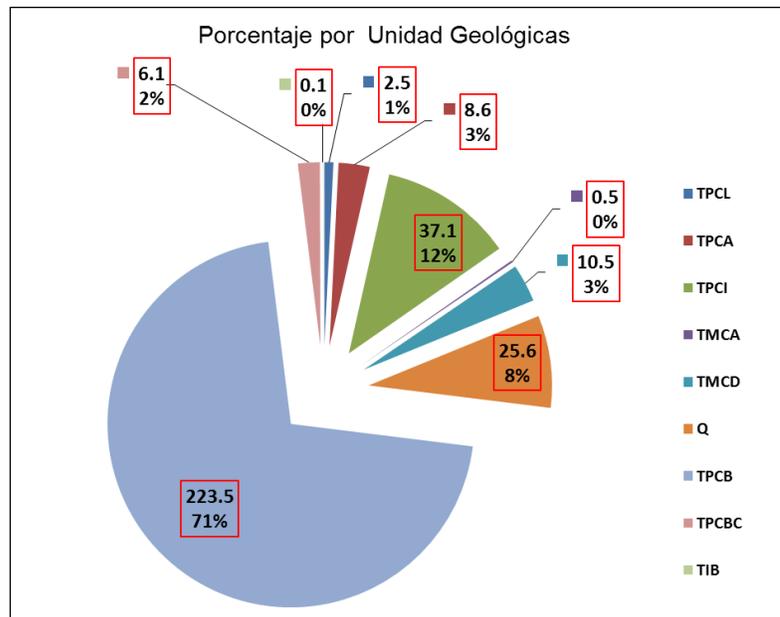


Gráfico 10. Porcentaje de material geológico presente en la microcuenca.

Cuaternario: Estos conforman un 25,6% de la microcuenca correspondiendo al cuaternario aluvial y coluvial que se localizan en el mismo curso de los ríos. En cambio el cuaternario residual se localiza en el valle de Santa Cruz y en el pequeño valle llamado El Espinal, representa el 19,0% del material cuaternario,

siendo fuente de agua de importantes comunidades en la microcuenca, en especial en el caso del Espinal y La Cañada que dependen del agua para sus actividades agrícolas.

4.4. Fuentes de contaminación

En este caso es muy difícil establecer un foco puntual de contaminación de los recursos hídricos, a excepción de la cañada La Chingastosa que acarrea agua grises domésticas de la zona urbana. También puede ubicarse el basurero de La Trinidad (Foto 24), el cual se encuentra sobre rocas compactas como dacitas, pero por la pendiente los lixiviados pueden escurrirse directamente al río a través de la escorrentía. También es importante considerar el impacto por los talleres mecánicos, corrales de ganado, el rastro municipal, entre otros.



Foto 24. Basurero municipal de La Trinidad.

Entre las fuentes de contaminación se pueden mencionar las actividades agrícolas, el mal manejo de los desechos sólidos, el mal manejo de los recipientes de los insumos agrícolas, las actividades ganaderas, el vertido de las aguas grises a las cañadas y a los ríos. Así como también las letrinas que se encuentran cerca o aguas arriba de los pozos y de los ríos.

4.5 Infraestructuras

Puentes: Se cuenta con 6 puentes grandes localizados en Quebrada de Agua, Rosario Abajo, Tomabú, La Trinidad, Las Ánimas, Las Gavetas y Licoroy. Las fotos 25 y 26 muestran el tipo de infraestructura de los puentes.



Foto 25. Puente en Rosario Abajo.



Foto 26. Puente en Licoroy.

Pilas de Captación:

Estas infraestructuras son importantes debido a que brindan protección a los ojos de agua o manantiales, ya que se encuentran completamente cerradas y son de concreto (Foto 27), que las protege de la contaminación. Podemos citar La Serpie, La Pacaya, Rosario Arriba y La Cañada.



Foto 27: Pila de Captación del manantial La Cañada.

Pozos Perforados de Agua Potable: Estos pozos en general poseen buena infraestructura (Fotos 28 y 29), cuentan con una caseta de mantenimiento, su dosificador de cloro, perímetro de seguridad y con personal a cargo de las instalaciones.

La mejora al acceso del agua ha sido un esfuerzo de la Alcaldía, y organismo como FIDER con el proyecto MICUENCA (rehabilitación de 8 sistemas, construcción de 2 sistemas y fortalecimiento a CAPS), así como también lo han hecho FISE-MARENA-PIMCHAS y sin faltar la participación ciudadana.



Foto 28. Pozo Perforado Pozo 5.



Foto 29. Pozo Perforado Tomabú.

Los pozos y los manantiales son manejados por el comité de agua o por una junta directiva de la comunidad. El Pozo-5 es administrado por ENACAL ya que este abastece a la parte urbana de La Trinidad.

Otras de las infraestructuras para la prevención de desastres (Foto 30) son los Gaviones, los cuales son importantes para proteger a las comunidades que están cerca del río, sobre todo para mitigar el impacto de las inundaciones.



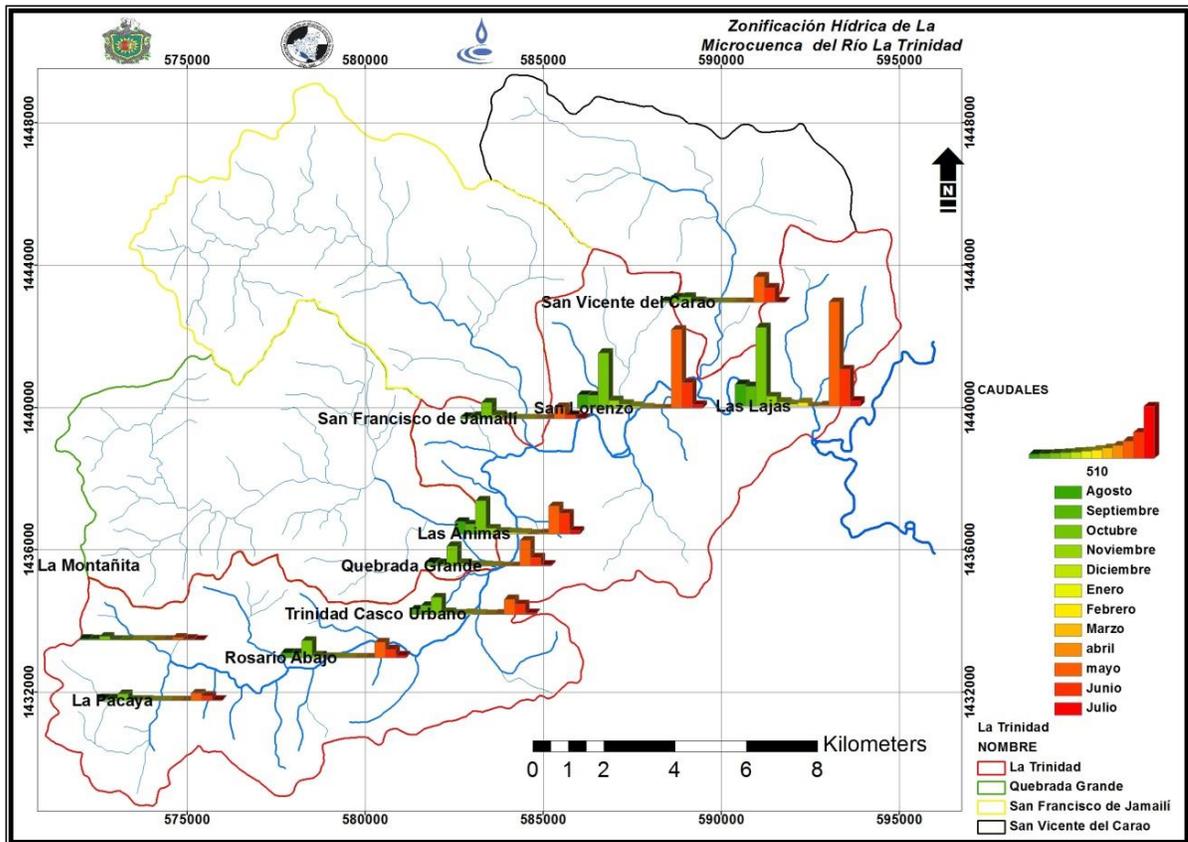
Foto 30. Infraestructura de prevención y control de inundaciones.

4.6 Disponibilidad Hídrica

4.6.1 Disponibilidad de las Aguas superficiales

4.6.1.1 Caudal y Escorrentía

Comúnmente el río La Trinidad se mantiene húmedo todo el año en la parte oeste e intermitente durante la época seca en la zona este. Sin embargo, debido a los fenómenos climatológicos como huracanes y tormentas tropicales (septiembre 2011 y mayo 2012) ocurridos durante el período de aforo (agosto 2011 a julio 2012) de este estudio, es evidente el descenso de los caudales entre diciembre (2011) y abril (2012) los que se reflejan en el Mapa 12, sin embargo cabe destacar que los ríos conservaron agua (caudal mínimo) durante todo el período de aforo.



Mapa 12. Puntos de medición de caudales.

Los menores caudales se obtuvieron en marzo y abril del 2012; los mayores en octubre 2011 y mayo 2012. En julio 2012 se observó el efecto de la canícula en el río con valores similares a los obtenidos en la época seca. Los caudales anuales

obtenidos se muestran en la Tabla 23 y el Anexo 4 se muestra los caudales mensuales.

En suelos desnudos la infiltración resulta ser pobre, y la escorrentía arrastra copiosamente nutrientes, minerales y sedimentos (en centros urbanos con contaminantes), causando pérdida de producción en los suelos, deterioro en la calidad de las aguas y especialmente crecientes con máximos caudales (Ramirez & Viña, 1998).

Tabla 23. Caudales anuales del río La Trinidad y sus tributarios.

Sitio	m ³ .s ⁻¹	MMCA
La Pacaya	0,23	7,34
La Montañita	0,11	3,01
Rosario Abajo	0,54	16,86
Trinidad Casco Urbano	0,57	17,99
Quebrada Grande	0,65	20,48
Las Ánimas	1,11	34,88
San Francisco de Jamailí	0,42	13,07
San Lorenzo	1,95	61,55
San Vicente del Carao	0,51	15,99
Las Lajas	1,95	85,73
MMCA: millones de metros cúbicos al año. Los datos en negritas corresponden a los tributarios		

Los tributarios (barras en azules) son de gran importancia según se refleja en el Gráfico 11, ya que aportan agua suficiente al Trinidad y esto contribuye a que el río aumente su caudal a partir del ingreso del afluente Quebrada Grande, que ayuda a diluir la posible contaminación por aguas residuales del río La Trinidad cuando éste sale de la zona urbana y también aportan agua que es utilizada para riego.

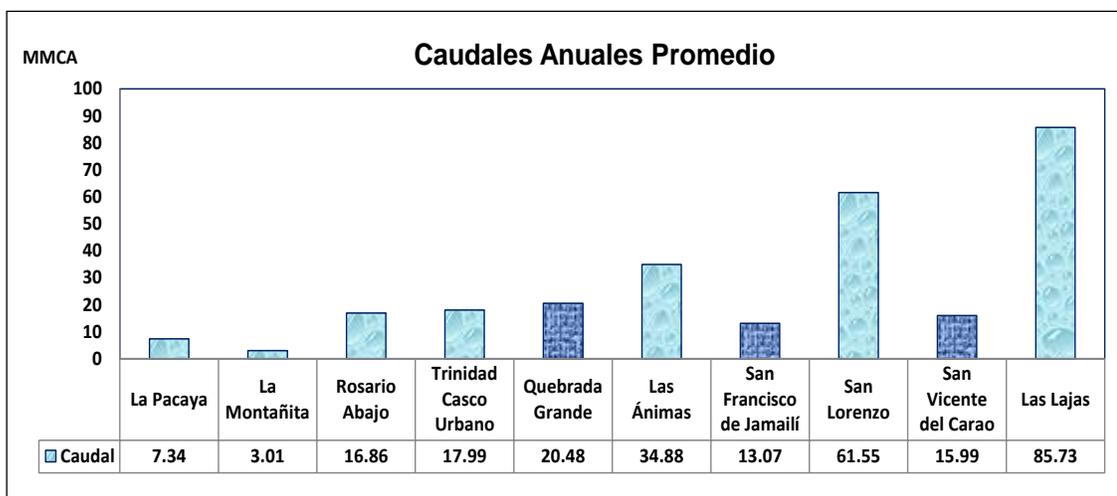


Gráfico 11. Caudales anuales promedio en la microcuenca del río La Trinidad y sus tributarios.

Los valores de escorrentía se obtuvieron en función del caudal y del área por red de drenaje (Tabla 24).

Tabla 24. Escorrentía por red de drenaje.

Red de Drenaje	Caudal	Área	Escorrentía
	MMCA	Km ²	mm
Quebrada Grande	20,48	65,13	314,73
San Francisco de Jamailí	13,07	68,49	193,39
San Vicente del Carao	15,99	42,99	374,12
La Trinidad	36,19	138,86	102,20

4.6.1.2 Evapotranspiración Potencial (ETP) y Evapotranspiración Real (ETR).

A partir de la temperatura fue calculada la Evapotranspiración Potencial, usando la ecuación propuesta por Hargreaves y Samani (1985), para posteriormente hacer el cálculo del balance hídrico.

La Evapotranspiración Real, fue tomada del cálculo del balance hídrico de suelo ya que está vinculada directamente con las propiedades físicas de éste, entre las que se destacan: la cobertura vegetal, la capacidad de campo, el punto de marchitez, la profundidad de raíz, la pendiente y la textura de suelo.

La Tabla 25 muestra la evaporación potencial y real, obtenidos a partir del dato de temperatura de las dos estaciones meteorológicas en el periodo 1984 al 2010.

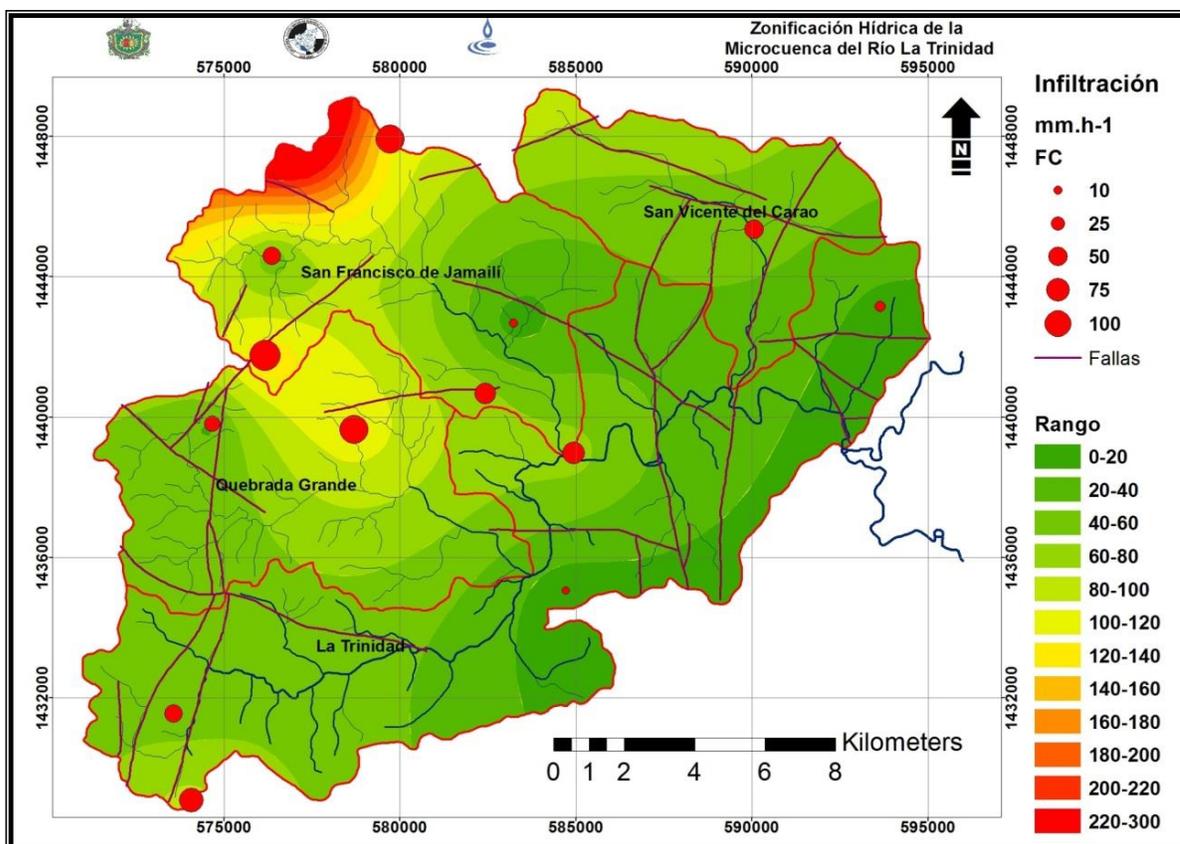
Tabla 25. Evapotranspiración (Potencial y Real).

Mes	ETP (mm)			ETR (mm)
	Jinotega	San Isidro	Media	
Enero	55,70	59,63	57,66	56,70
Febrero	63,24	57,19	60,21	6,10
Marzo	73,42	83,88	78,65	5,60
Abril	68,77	81,44	75,11	8,30
Mayo	63,41	78,79	71,10	57,00
Junio	56,25	59,70	57,98	48,00
Julio	60,87	70,99	65,93	51,00
Agosto	64,67	76,46	70,56	55,40
Septiembre	63,70	75,54	69,62	57,40
Octubre	53,24	61,45	57,35	47,70
Noviembre	53,27	59,28	56,27	29,50
Diciembre	49,01	51,42	50,22	-55,00
Anual	725,54	815,76	770,65	367,70

4.6.1.3 Infiltración

Las pruebas de infiltración son importantes para realizar balances hídricos y sobretodo el balance hídrico de suelo, los mayores coeficientes de infiltración (Anexo 5) se dan en los suelos molisoles y ultisoles que en su mayoría pertenecen a las redes de Drenajes de Quebrada Grande y San Francisco de Jamailí. El Mapa 13 muestra las zonas de las mayores tasas de infiltración.

Las mayores recargas naturales se determinaron en las zonas altas superiores a los 1 200 metros y donde las pendientes no son tan pronunciadas. También se determinaron zonas donde la infiltración es completamente nula, como en La Trinidad y La Cebadilla, debido a su geología que es roca basáltica y poco fracturada, el tipo de suelo y las pendientes pronunciadas en la zona de la Trinidad hacen que el agua corra rápidamente y la infiltración sea mínima.



Mapa 13. Capacidad de Infiltración de los suelos de la microcuenca.

4.6.1.4 Balance hídrico superficial

Los parámetros anteriores son la base para conocer la disponibilidad de los recursos hídricos superficiales o sea el balance hídrico (Tabla 26). Los resultados revelaron un déficit en las redes de drenajes de los tributarios, lo que indica que en esas zonas de la microcuenca hay estrés hídrico, ya que el agua deja de correr.

Tabla 26. Balance Hídrico Superficial de la Microcuenca del río La Trinidad.

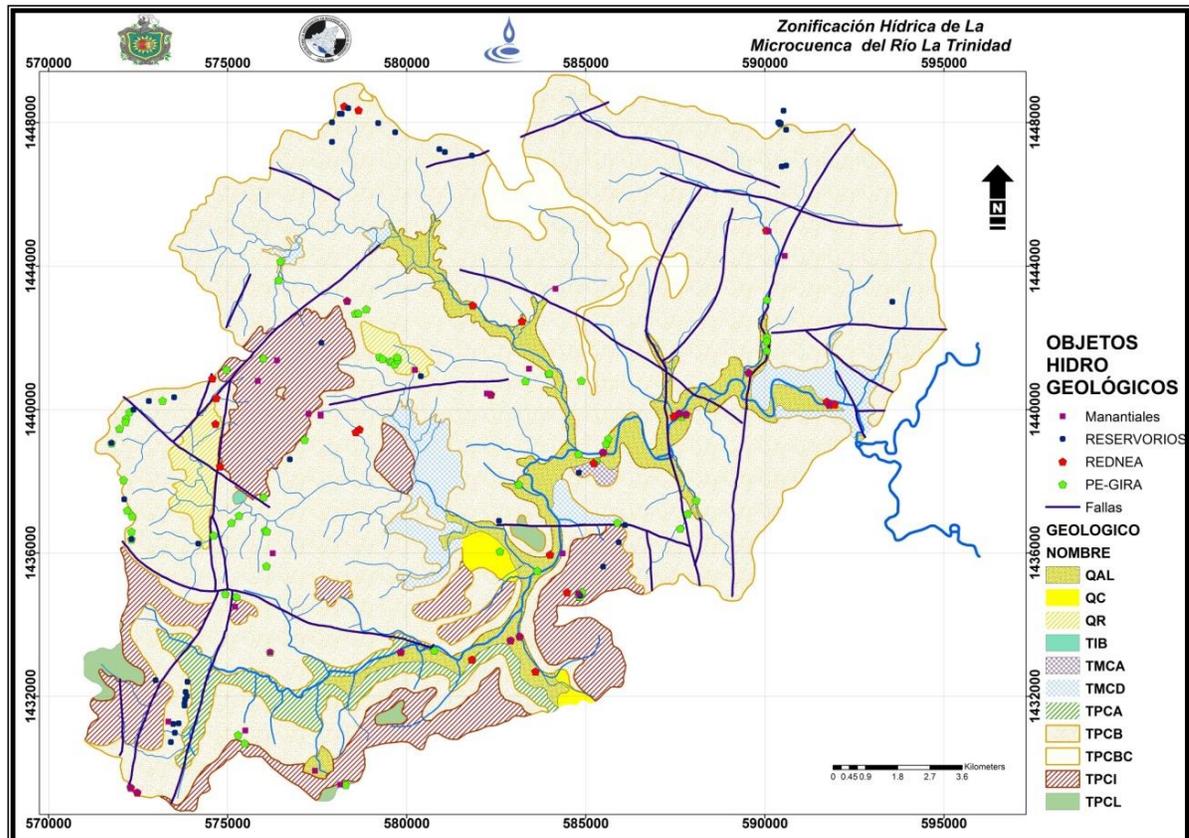
Microcuenca	Área	Precipitación	ETR	Escorrentía	Infiltración	Balance hídrico
	km ²	mm				MMCA
Quebrada Grande	65,13	1047,10	293,70	314,73	518,72	-5,21
San Francisco de Jamailí	68,49	1047,10	437,56	193,39	453,77	-2,58
San Vicente del Carao	42,99	1047,10	341,25	374,12	445,14	-4,88
La Trinidad	138,86	1047,10	367,70	102,20	358,14	30,42
Total	315,47	1047,10	360,05	246,11	443,94	4,44

No obstante, en la red de drenaje de La Trinidad, hay disponibilidad de agua superficial todo el año. En general el volumen de agua disponible en la microcuenca es relativamente bajo o muy poco, para cubrir las necesidades de la demanda agrícolas.

4.6.2 Disponibilidad del Agua Subterránea

4.6.2.1 Inventario de objetos Hidrogeológicos

Del recorrido realizado en la microcuenca se determinó que hay una riqueza de objetos hidrogeológicos tanto naturales como artificiales (Mapa 14): siendo identificados 10 pozos perforados, 86 pozos excavados, 48 reservorios artificiales (sistema de almacenamiento de agua de lluvia hecho para ser usado como fuente de agua para uso agrícola de subsistencia en época seca) y 21 manantiales (ojos de agua). En los Anexos 6, 7, 8 y 9 se reportan las referencias geográficas de estos objetos.



Mapa 14. Objetos hidrogeológicos en la microcuenca La Trinidad.

La mayoría de los manantiales se encontraron en la parte alta en los cerros El Bonete, La Pacaya, Potrerillo, La Lagunita, El Potrero, Tomabú, Las Tablas y Cerro Grande.

4.6.2.2 Variación de niveles estáticos de agua

Los niveles estáticos de agua (NEA) se midieron durante 12 meses, comprendidos de agosto 2011 a julio 2012 (Gráfico 12), con una variación de 0 a 2 m en 13 pozos, de 2 a 4 m en 6 pozos, de 4 a 6 m en 2 pozos y de 6 a 8 m en 3 pozos que son el Santa Clara, Santa Cruz 1 (cerca se encuentra un pozo perforado) y el PP Tomabú. Este último, presentó el mayor nivel estático del agua (NEA) en la microcuenca durante el estudio. Los valores de las mediciones mensuales de cada punto se encuentran en el Anexo 10.

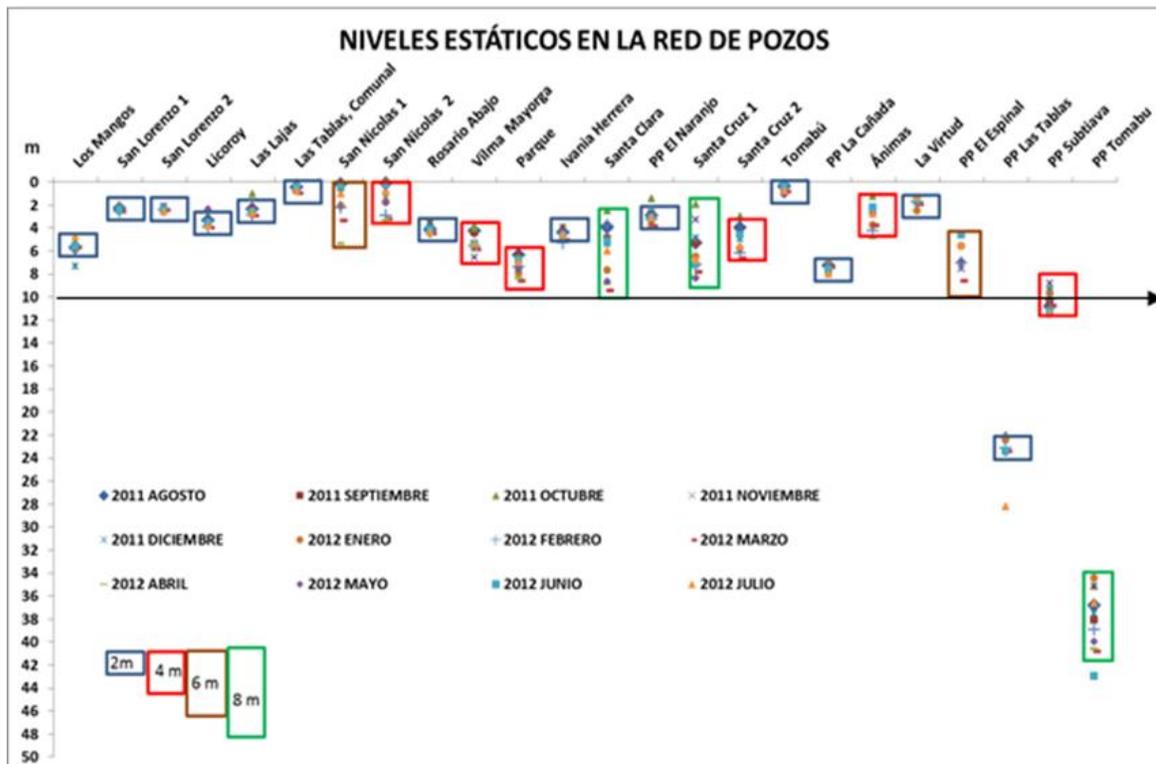
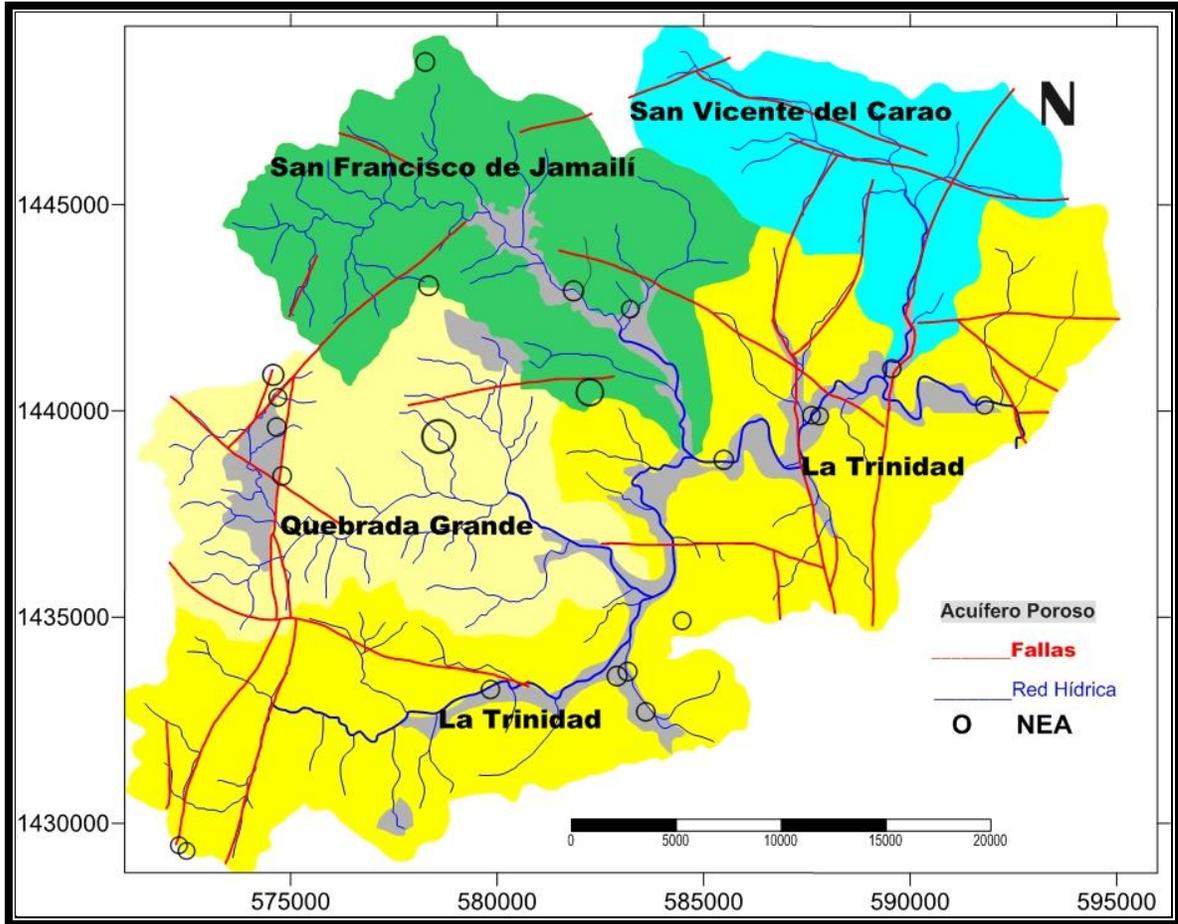


Gráfico 12. Niveles estáticos en la red de pozos en la microcuenca del río La Trinidad

El Gráfico 12 refleja, que las aguas subterráneas son bien someras con un rango de NEA entre los 0 y 10 m en 21 de los 24 pozos medidos, los pozos que tienen NEAS mayores de 10 m se encuentran ubicados sobre vertientes de agua o mejor dicho en zonas donde hay fallas geológicas.

Se puede decir entonces que hay un comportamiento más estable en la variación de los NEA en los pozos que están más cercanos a los ríos (Mapa 15), y una mayor variabilidad en los pozos que están más alejados o que se encuentran sobre fallas o en acuíferos colgados.



Mapa 15. Mapa piezométrico de la microcuenca de La Trinidad.

4.6.2.4 Recarga Hídrica

La recarga hídrica se obtuvo a partir del balance hídrico de los suelos, en el que se consideran los valores teóricos para el punto de marchitez, la capacidad de campo, la profundidad de raíz y la pendiente del terreno (los cuales se muestran en el Anexo 11); todo esto en base a lo observado en los puntos donde se realizaron las pruebas de infiltración. Estos valores teóricos obtenidos se introdujeron en la hoja de cálculo del balance, elaborada por (Schosinky & Losilla, 2000), con los datos de ETP, precipitación e infiltración se calculó la recarga hídrica (o balance hídrico de suelos). Los resultados se muestran en el Anexo 12.

En la Tabla 27 se muestran los valores de recarga hídrica por tipos de suelos y por red de drenaje, donde se evidenció claramente que los suelos alfisoles y ultisoles recargan más. Sin embargo debido a que el área de suelos alfisoles es muy pequeña, los suelos molisoles son considerados por su área como los segundos en importancia después de los ultisoles.

Tabla 27. Recarga Hídrica por tipo de suelo en cada red de drenaje.

Recarga Hídrica de Suelo							
Red de Drenaje	Área ¹	Molisol ²	Ultisol ²	Inceptisol ²	Alfisol ²	Entisol ²	MMCA
La Trinidad	138,90	99,4	204,7	0	139,7	215,1	6,1
Quebrada Grande	64,95	99,4		0	139,7		5,2
San Francisco de Jamailí	68,37	99,4	204,7		139,7		9,0
San Vicente del Carao	42,91	99,4	204,7	0	139,7		7,5
MMCA		11,00	12,8		3,7	0,3	27,8
1= km ²	2 = mm						

Considerando que la recarga total es igual a la recarga hídrica, se tiene por tanto una disponibilidad de agua subterránea 27,80 MMCA para ser usados en la época seca en función de cubrir las demandas, siendo las redes de drenaje San Francisco de Jamailí y San Vicente del Carao las que poseen mayores reserva debido a que en ellas se encuentran ubicados la mayor parte del acuífero poroso.

4.6.2.5 Determinación isotópica del origen de la recarga hídrica

Los isótopos naturales se utilizan como trazadores para seguir a los elementos del ciclo del agua en su curso natural (Mook, 2002). En este caso, los resultados analíticos de los isótopos de oxígeno 18 (¹⁸O) y de deuterio (²H), determinarán el origen de la recarga hídrica en la microcuenca de La Trinidad. En la Tabla 28 se reportan los resultados obtenidos y su codificación conforme el tipo de fuente de agua.

Los resultados isotópicos (los colores se corresponde con los del Gráfico 13), reflejan valores más empobrecidos en los manantiales con $\delta^{18}\text{O}$ de -8,56 a -7,87‰ y $\delta^2\text{H}$ de -55,41 a -52,41‰; mientras que en las aguas superficiales fueron los más enriquecidos con $\delta^{18}\text{O}$ de -7,45 a -6,13‰ y $\delta^2\text{H}$ de -49,99 a -41,01‰. Los valores de las aguas subterráneas de $\delta^{18}\text{O}$ fluctuaron de -8,56 ‰ a -6,48 ‰ y para el $\delta^2\text{H}$

de -55,41‰ a -47,89 ‰ y los valores de las precipitaciones correspondieron -8,48 ‰ a -6,34 ‰ y para el $\delta^2\text{H}$ de -53,36‰ a 38,52 ‰.

Tabla 28. Resultados Isotópicos

Identificación	$d^{18}\text{O}_{\text{water}}$	$d^2\text{H}_{\text{water}}$	Identificación	$d^{18}\text{O}_{\text{water}}$	$d^2\text{H}_{\text{water}}$
RIO-1	-7,45	-49,99	PP-1	-7,66	-52,02
RIO-2	-6,71	-45,83	PP-2	-7,74	-52,02
RIO-3	-6,95	-48,04	PP-3	-7,67	-52,34
MAN-1	-8,56	-55,41	PP-4	-7,62	-53,36
MAN-2	-7,91	-52,41	PP-5	-7,29	-51,38
MAN-3	-7,87	-55,10	PE-1	-7,16	-48,86
LL-1	-6,34	-38,52	PE-2	-7,49	-52,43
LL-2	-8,10	-51,52	PE-3	-6,48	-47,89
LL-3	-8,48	-56,63	LAGO	-6,13	-41,01

Los resultados se muestran en el Gráfico 13, en el cual se pueden distinguir dos grupos de datos, en el rectángulo azul se encuentran las aguas de los ríos y pozos excavados que presentan un comportamiento similar entre sí. Dentro de este grupo se encuentra el PP-5 con un fraccionamiento parecido siendo el resultado de la influencia inducida por la escorrentía subsuperficial producida por las lluvias en octubre 2011, debido a que las rejillas de este pozo se encuentran entre 9,14 m y 13,71 m.

El punto Los Encuentros (Río 1) tiene una composición isotópica muy parecida a los manantiales, lo que sugiere una alimentación por agua subterránea en su nacimiento, o sea, una recarga local sobre todo en la época seca ya que este corre todo el año.

En el rectángulo rojo se encuentran las aguas subterráneas que poseen una composición isotópica menos enriquecida, tales como manantiales y pozos perforados, sin embargo dentro de este grupo se encuentra el pozo excavado 2 (PE Tomabú) que es alimentado por un acuífero colgado.

La muestra tomada en el punto Laguna de Santa Clara es más evaporada, su composición isotópica sale del rango referido para las precipitaciones que también se encuentran evaporadas. Debido a que este cuerpo de agua está expuesto a la luz solar hace que tenga característica y su composición isotópica más evaporada.

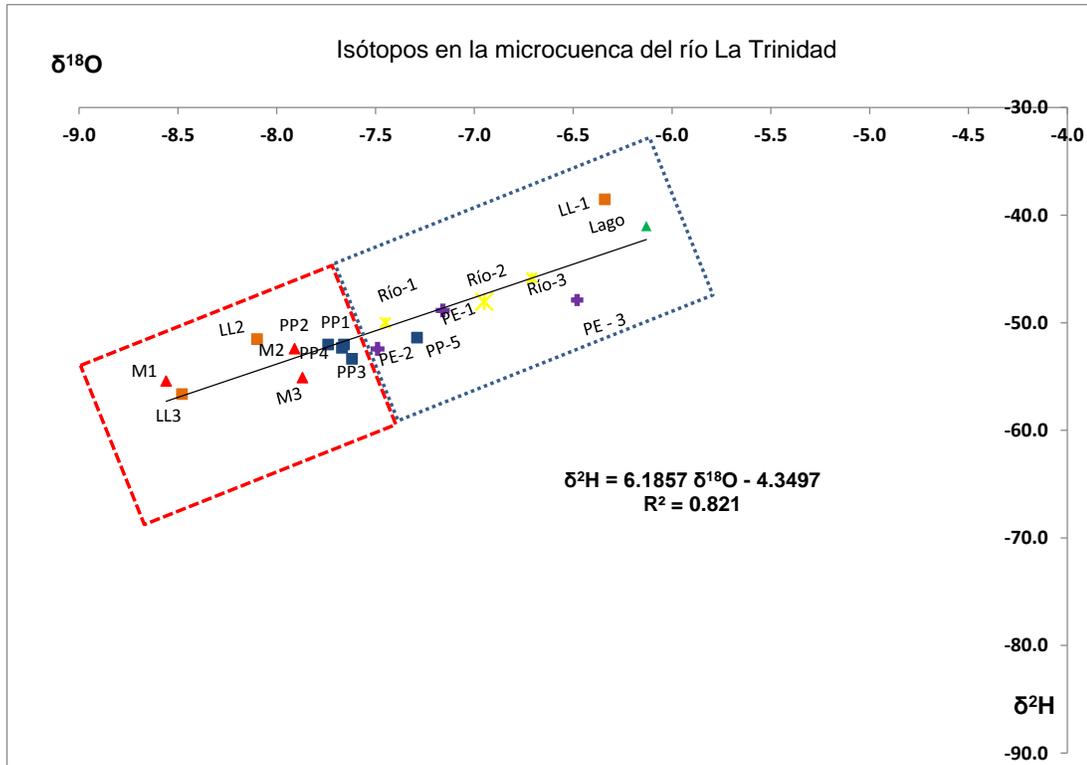


Gráfico 13. Isótopos en la microcuenca del río La Trinidad.

Los resultados en la Tabla 28 (Anexo 13) fueron introducidos en la línea meteórica de Estelí (Gráfico 14) realizada por (Corrales, 2005), quién obtuvo para el acuífero de Estelí rangos de $\delta^{18}\text{O}$ de **-7.90** a **-5,0‰** y de $\delta^2\text{H}$ de **-55,2** a **-39,0‰** de los cuales los valores más enriquecidos pertenecían a los pozos excavados. El rango de valores obtenido en este estudio es parecido a los obtenidos por Corrales (2005), por lo cual podemos decir en base al Gráfico 14 **que la principal área de recarga en la microcuenca se encuentran en la parte alta, siendo ésta una recarga local.**

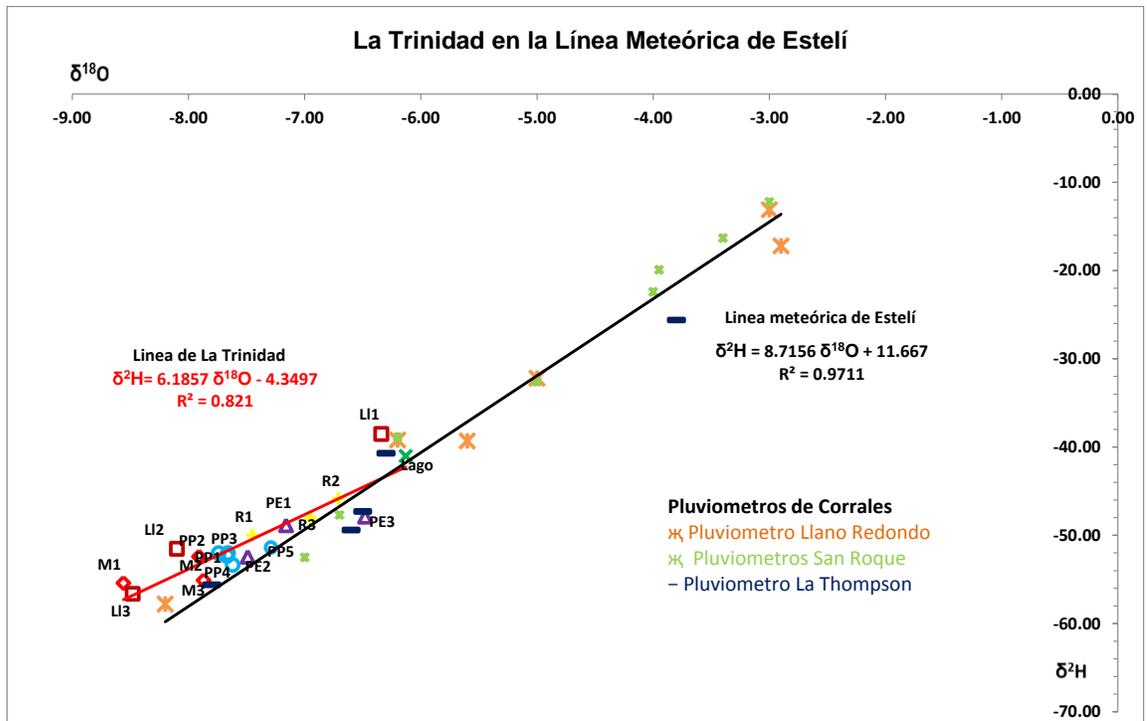


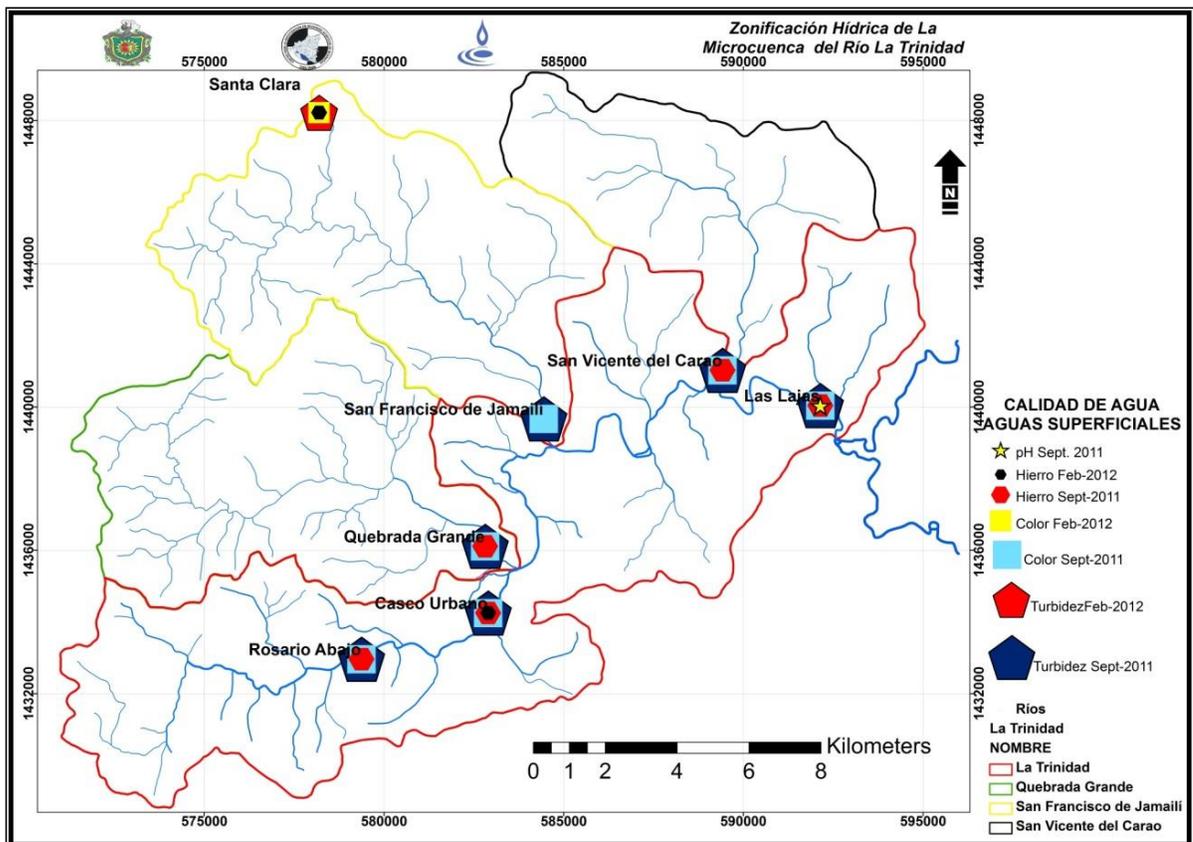
Gráfico 14. Resultados de La Trinidad en la línea meteórica de Estelí (Corrales, 2005).

4.7 Calidad de las Aguas Superficiales y Subterráneas

4.7.1 Calidad de las Aguas Superficiales

4.7.1.1 Composición Fisicoquímica

Los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos realizados en las muestras de las fuentes superficiales indican que el agua no cumple con algunos de los criterios establecidos por las normas de calidad para consumo humano (CAPRE, 1994). Entre éstos, la turbidez, el color verdadero y el hierro total (excepto en San Francisco de Jamailí) sobrepasaron los valores establecidos, siendo en el muestreo de septiembre 2011 donde se presentaron los más altos valores debido al arrastre de sedimentos por las lluvias. En febrero de 2012, sólo el hierro presentó valores por encima del establecido por CAPRE en el punto Casco Urbano (Mapa 16).

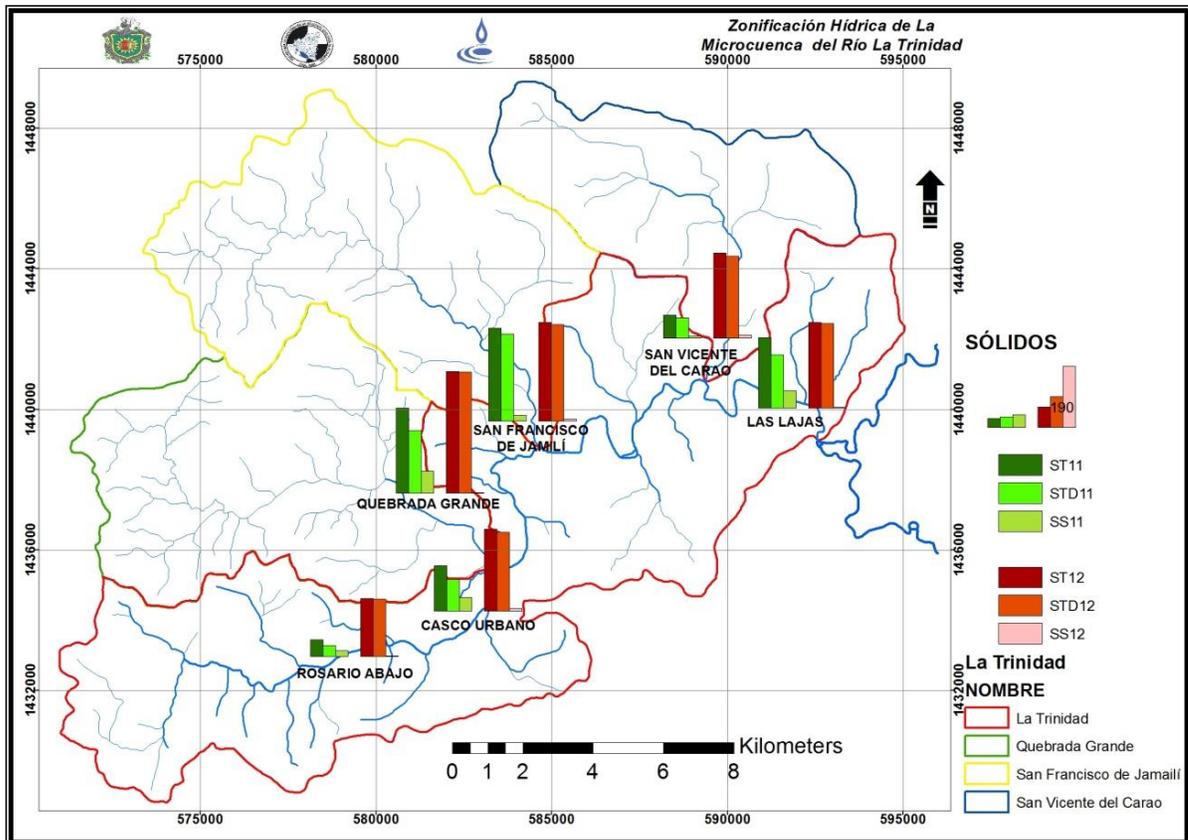


Mapa 16. Calidad fisicoquímica de las aguas superficiales.

Particularmente para el reservorio Laguna de Santa Clara, el cual no tiene conexión hidráulica superficial, los resultados fisicoquímicos del único muestreo realizado (febrero-2012) reflejaron solamente para la turbidez, el color y el hierro total valores que exceden a los máximos admisibles establecidos por las normas (CAPRE, 1994). Estos parámetros, afectan directamente las propiedades organolépticas del agua (Anexo 14 tabla con los resultados analíticos completos).

Las muestras de agua reflejaron que físicamente son de buena calidad, con rangos de pH entre 6,5 y 9,0 unidades y moderadamente duras ($<75,00 \text{ mg.l}^{-1}$ de CaCO_3).

Los sólidos totales en ambos muestreos variaron de 53,28 a 378,00 mg.l^{-1} ; los sólidos totales disueltos estuvieron 35,00 y 370,00 mg.l^{-1} y los sólidos suspendidos totales en el rango de 1,60 a 69,16 mg.l^{-1} . En el muestreo de septiembre 2011 se obtuvieron las mayores concentraciones de sólidos suspendidos totales lo que se refleja en el Mapa 17 y los resultados se detallan en el Anexo 14.



Mapa 17. Concentración de sólidos en la microcuenca del río La Trinidad.

Quebrada Grande y San Francisco de Jamailí presentaron los valores más altos en sólidos en ambos muestreos; el aumento evidente de sólidos en todos los puntos en época seca está asociado a la disminución de caudal del río, a la evaporación de las aguas y también al aporte de las aguas residuales domésticas que llega directamente sin dilución.

Los valores de conductividad eléctrica en ambos muestreos indicaron que son aguas medianamente mineralizadas. De acuerdo con (Roldán & Ramírez, 2008) se considera agua poco mineralizada la que presenta valores menores que $50 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; y fuertemente mineralizadas de 500 a $2\,000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. En la microcuenca de La Trinidad, la conductividad varió entre 113 y $476 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

4.7.1.2 Oxígeno disuelto e Indicadores de materia orgánica

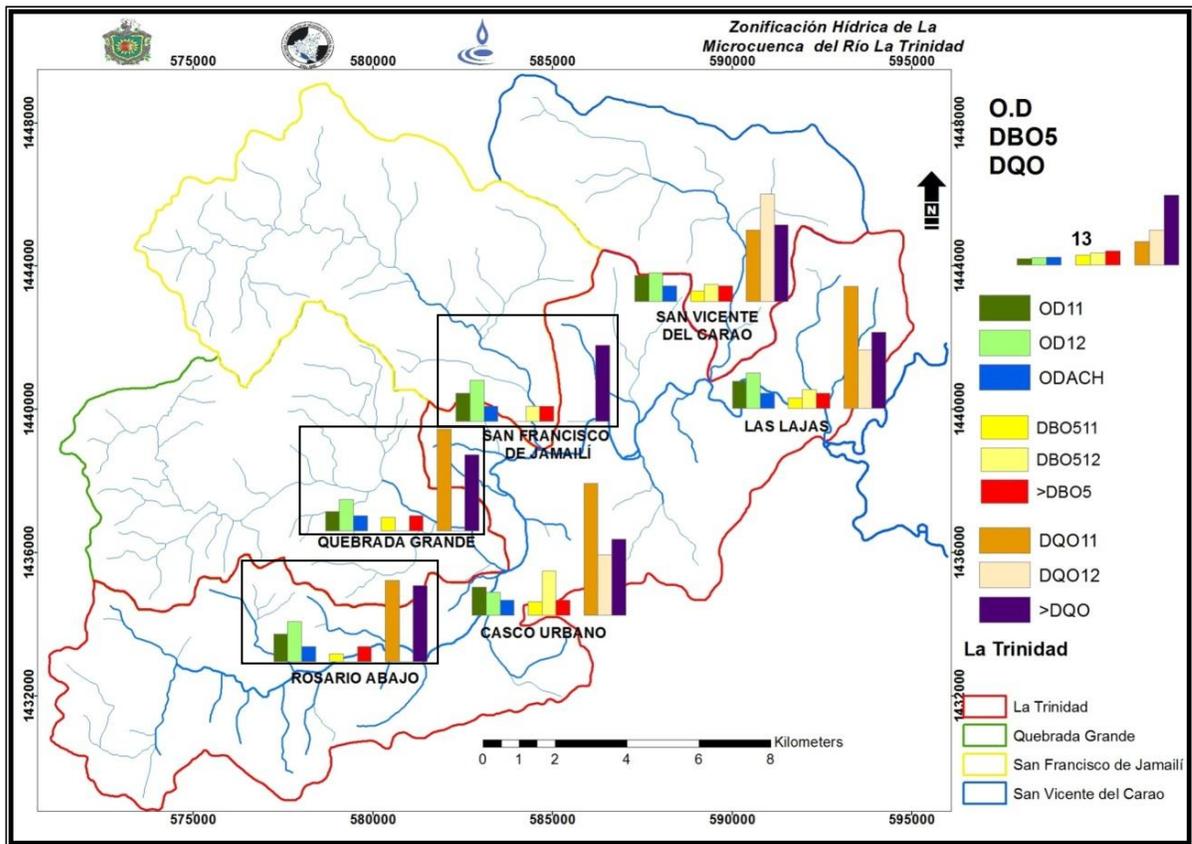
La contaminación de un cuerpo de agua se refleja en la presencia o ausencia del oxígeno disuelto (OD), y por los principales indicadores de contaminación como son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la demanda química de oxígeno (DQO). El oxígeno disuelto es consumido por la oxidación de la materia orgánica por respiración a causa de los organismos descomponedores (Roldán & Ramírez, 2008).

Un cuerpo de agua con $3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ de oxígeno disuelto es apto para abastecimiento humano y si es de $4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ presenta condiciones para la preservación de la flora y la fauna acuática. Se consideran de calidad dudosa aguas con concentraciones de DBO_5 mayores de $3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Ramírez & Viña, 1998). En lo que respecta a la DQO, concentraciones mayores de $15 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ se consideran aguas contaminadas (Custodio & Llamas, 2001).

Los valores de oxígeno disuelto estuvieron en el rango de 3,80 a $8,11 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, la DBO_5 osciló entre $< 1,00$ y $8,80 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ y la DQO entre $< 10,00$ y $26,00 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Los resultados completos se detallan en el Anexo 14. De lo anterior vemos que hay cantidad suficiente de oxígeno en todos los puntos para ambos fines; la DBO_5 aumentó en la época seca excepto en Rosario Abajo y Quebrada Grande; la DQO disminuyó en época seca excepto en San Vicente del Carao donde aumentó y

superó los 15 mg.l⁻¹ propuesto por (Custodio & Llamas, 2001), en época lluviosa solo San Francisco de Jamailí no superó el valor propuesto.

Los Tributarios como Quebrada Grande y San Francisco de Jamailí, aportan gran cantidad de agua de buena calidad (Mapa 18), que contribuyen en gran medida a diluir la carga de DBO₅ y DQO que porta el río después del Casco Urbano una vez que descarga La Chingastosa (el cauce que recoge buena parte de la aguas residuales domésticas de La Trinidad).



Mapa 18. Oxígeno disuelto, DBO₅ y DQO en las aguas superficiales de la microcuenca del río La Trinidad.

En el Mapa 18 se señalan mediante rectángulos tres puntos a proteger, debido a que son los que presentan menor impacto de las actividades humanas, siendo según orden de importancia, Rosario Abajo, Quebrada Grande y San Francisco de Jamailí.

El punto Rosario Abajo se localiza después de la confluencia de El Potrerillo y La Montañita (la naciente de La Trinidad), cuyos resultados de materia orgánica en

base a la DBO₅ (<1,00 a 1,50 mg.l⁻¹) y oxígeno disuelto (5,42 a 7,94 mg.l⁻¹) indicaron que es un agua de buena calidad (Ramirez & Viña, 1998). Únicamente la DQO obtenida en septiembre 2011 con 16,00 mg.l⁻¹ evidenció contaminación al tomar como referencia los 15 mg.l⁻¹ propuesto por (Custodio & Llamas, 2001).

El punto Rosario Abajo permitió conocer y valorar el impacto de la contaminación de la zona urbana en el río al contrastar con los resultados obtenidos en el punto Casco Urbano en los dos períodos, que fue donde presentaron los mayores niveles de contaminación respecto a los indicadores de materia orgánica.

Quebrada Grande presentó alta concentración de DQO en septiembre 2011, debido a que la escorrentía arrastra bastante sedimento del Tomabú, lo que incrementa el consumo el oxígeno, razón por la cual se obtuvo un bajo oxígeno disuelto en septiembre 2011.

El tributario San Francisco de Jamailí presentó las mejores condiciones respecto al oxígeno con valores superiores a 5,00 mg.l⁻¹ así como por el bajo contenido de indicadores de materia orgánica (DBO₅, DQO), en ambos eventos de muestreo (septiembre y febrero).

Los resultados obtenidos inducen a establecer medidas de protección en la zona alta (El Potrerillo y La Montañita) nacientes del río la Trinidad; ya que es necesario mantener un flujo de agua con buena calidad que llegue al punto de La Trinidad en Casco Urbano para mitigar el impacto de la ciudad, ya que presentó los mayores niveles de contaminación en los dos períodos de monitoreo.

4.7.1.3 Fósforo y Nitrógeno

Conocidos también como nutrientes, estas variables son indicadores de contaminación antropogénica llamados nutrientes. Son constituyentes de los fertilizantes, detergentes y sobre todo de las descargas de aguas residuales domésticas e industriales.

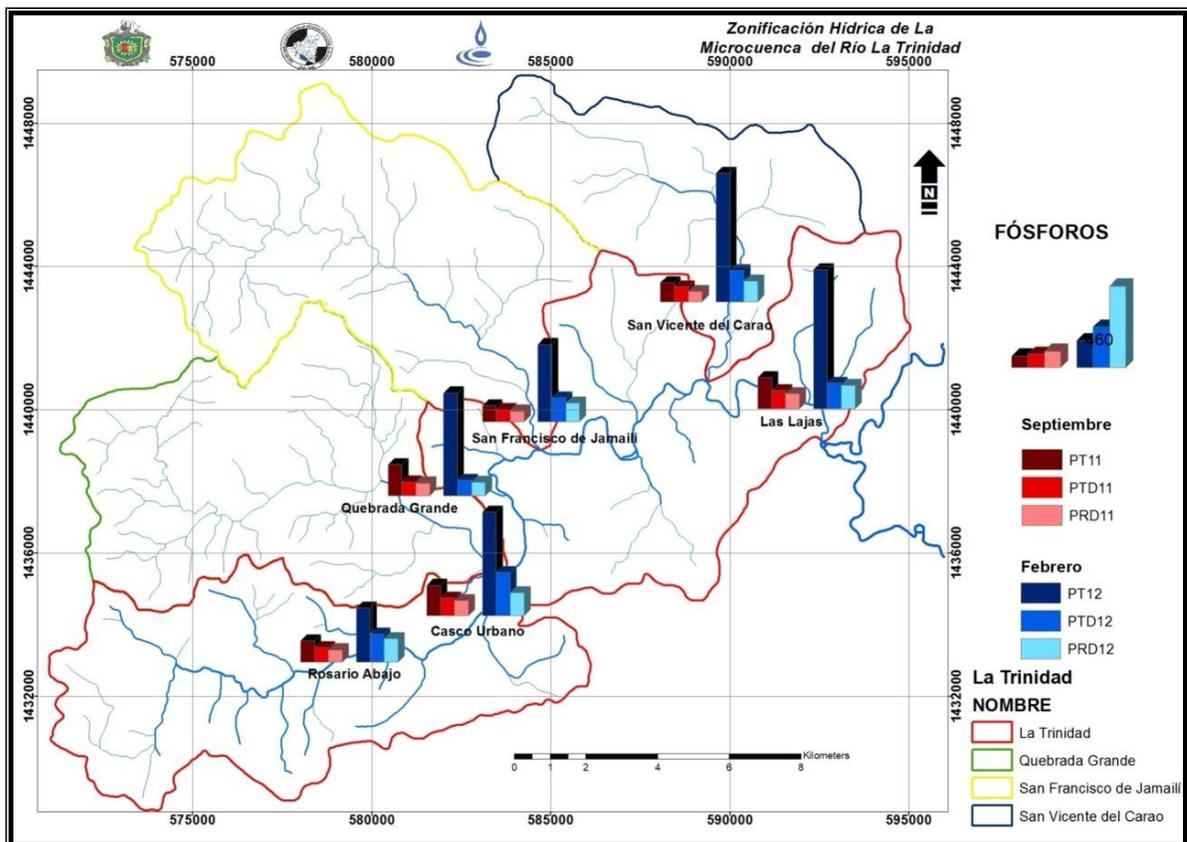
Estos dos elementos dan origen al proceso de eutrofización (Foto 31) en los cuerpos de agua lénticos, cuando el agua del río es represada, se estanca o corre lentamente (Ramirez & Viña, 1998).

Los valores de fósforo total oscilaron entre 0,142 y 0,921 mg.l⁻¹ encontrándose los más altos en la época seca febrero-12(Mapa 19), estos resultados definen estas fuentes de agua en un estado hiper-eutrófico (CCME, 2004). El fósforo reactivo disuelto, que es la forma inorgánica bioasimilable, varió entre 0,066 y 0,168 mg.l⁻¹.



Foto 31. Crecimiento algal en San Francisco de Jamaillí.

La concentración de fósforo total aumentó en febrero, ya que este llega al río por medio de las aguas residuales en el caso de La Trinidad y también por las actividades de ganadería, siendo este fósforo mayoritariamente orgánico.

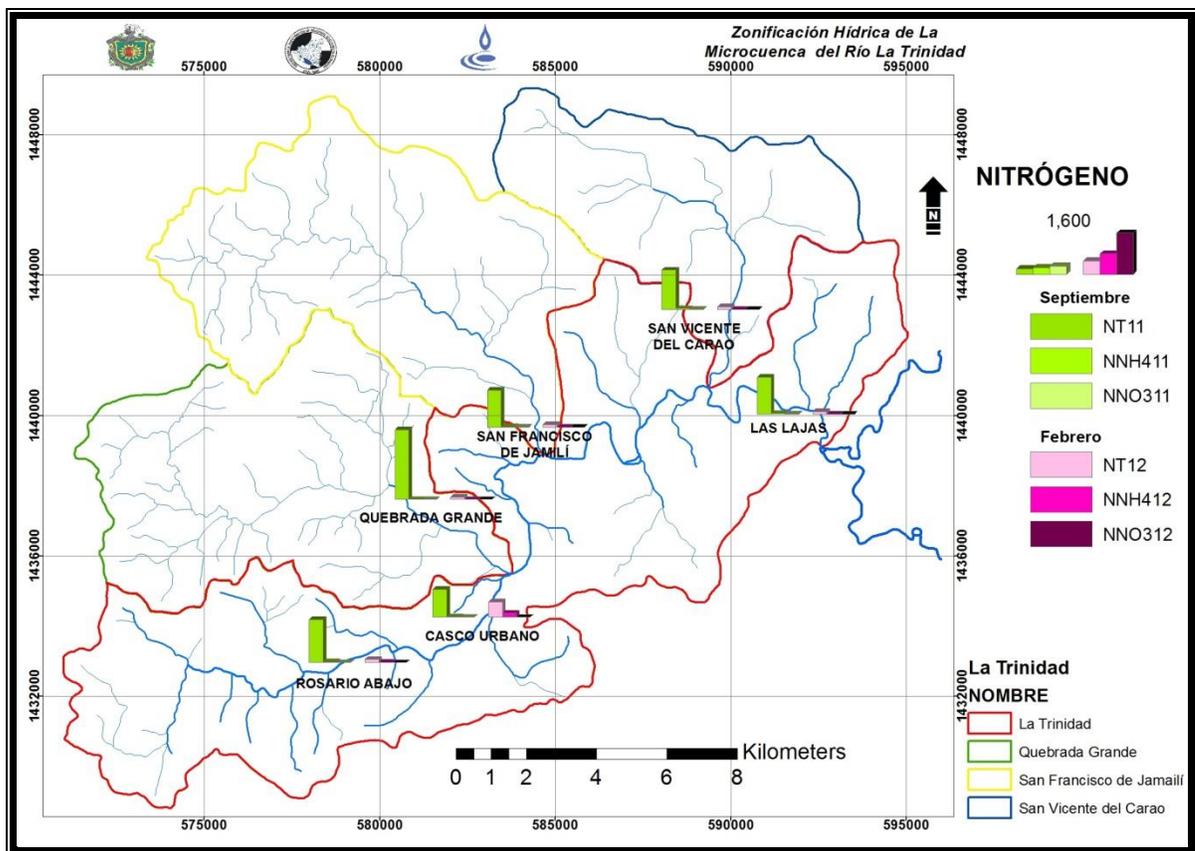


Mapa 19. Concentración y distribución del fósforo en las aguas superficiales de la microcuenca del río La Trinidad.

El nitrógeno total varió de 0,117 a 2,037 mg.l⁻¹ (Anexo 14) determinando los valores más altos en la época lluviosa septiembre-11(Mapa 20). Su presencia

responde a que, además de ser un elemento abundante en el ambiente natural, es introducido a través de los fertilizantes como urea y NPK (nitrógeno-fósforo-potasio, en sus diferentes formulaciones comerciales) que comúnmente son utilizados en las actividades agrícolas y también por el estiércol del ganado que llega por escurrimiento.

El nitrato presentó valores menores que el límite de detección ($0,05 \text{ mg.l}^{-1}$) y el amonio varió entre $0,040$ y $0,260 \text{ mg.l}^{-1}$. Las normas canadienses (CCME, 2008) proveen de una tabla de valores de amonio en función del pH y la temperatura (Anexo 18); a condiciones de $\text{pH} = 8,0$ y $25 \text{ }^\circ\text{C}$ de temperatura, establecen una concentración óptima de amonio para preservar la vida acuática de $0,66 \text{ mg.l}^{-1}$. Por lo tanto, las concentraciones obtenidas no afectan las condiciones de vida de las especies acuáticas.



Mapa 20. Concentración y distribución del nitrógeno en las aguas superficiales de la microcuenca del río La Trinidad.

La ausencia de nitrato y la presencia de amonio en las fuentes superficiales en estudio, se le atribuye a tres orígenes principales:

1. La escasez de oxígeno da lugar a procesos reductores, formándose el amonio como producto final de la descomposición de la materia orgánica en ambientes anaerobios.
2. De manera puntual el amonio es transportado a través de las aguas residuales domésticas, siendo el componente mayoritario nitrogenado en éstas (representa el 60 a 80% del nitrógeno total), llegando más concentradas en la época seca o en periodos que escasean las lluvias, según los resultados obtenidos en febrero y septiembre respectivamente.
3. La deposición de orina y heces del ganado que tiene acceso directo a las quebradas y ríos, debido a que existe poco o ningún control sobre estas actividades.

Las concentraciones del fósforo y del nitrógeno en los puntos de muestreo mostraron un patrón de distribución estacional: en la época de lluvias predominó el nitrógeno aportado o procedente de fuentes difusas de contaminación (suelos fertilizados, áreas ganaderas) que llegan a través de la escorrentía, además del aporte permanente de las aguas residuales domésticas. En cambio, en la época seca la presencia del fósforo es bien marcada ya que éste se acumula en los sedimentos y se resuspende por efecto de la turbulencia (Mapas 19 y 20). Por su parte, el nitrógeno baja considerablemente debido a que no hay arrastre por escorrentía en ésta época.

4.7.1.4 Plaguicidas

Tomando como base la detección de residuos de Dieldrín en dos puntos, Trinidad en Casco Urbano y en Las Lajas (2,29 y 2,17 ng.l⁻¹ respectivamente) pertenecientes al grupo de plaguicidas organoclorados durante el estudio de PIMCHAS (CIRA-UNAN, 2013) y considerando, además la actividad mayormente agrícola de la microcuenca, se colectó una muestra para análisis de organoclorados en este punto en septiembre de 2011. La determinación analítica resultante de 20 compuestos organoclorados, no reportó trazas de dichos compuestos.

Para el segundo muestreo se colectaron 2 muestras para organoclorados (15 analitos) y organofosforados (13 analitos), en Casco Urbano y San Francisco de Jamailí, y no se detectó traza alguna de plaguicidas en agua (Anexo 14).

4.7.1.5 Uso agrícola de las aguas superficiales

La agricultura es el sector que más consume agua en volumen con el fin de garantizar la producción de alimentos. La **NTON 11 004-02**¹² establece en la sección 5.1.1.3 que “*el agua para uso agrícola, debe estar libre de contaminantes que afecten la salud humana, su estado debe ser comprobado mediante análisis de laboratorios oficiales o acreditados*”, lo que hace necesario conocer la calidad de las aguas, su impacto en los alimentos y en el suelo.

La calidad del agua para uso agrícola se evaluó según la *conductividad eléctrica (CE)*, los *elementos de fitotoxicidad (sodio, cloruro y boro)*, el *índice RAS* (relación de adsorción de sodio), el *CSR* (carbonato sódico residual) aplicando las normas *FAO* (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1994) y de *Riverside* (US Salinity Laboratory, 1954).

Tabla 29. Parámetros de calidad para uso agrícola de las aguas superficiales.

Variable		Resultados de los puntos de muestreo	Criterios	Rango o valores de referencia
CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)		112,70 a 476,00	Excelente	0,0 – 1000
Elementos de Fitotoxicidad	Boro ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	< 0,70	Problema inexistente	< 0,7
	Sodio ($\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}$)	0,23 a 1,49		< 3,0
	Cloruros ($\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}$)	0,081 a 0,373		< 4,0
Índice SAR		0,00 a 0,32	Ninguna restricción	< 10
CSR ($\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}$)		-0,279 a 1,028	Recomendable	< 1,25
Dureza ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)		47,52 a 196,00	Blanda	0 – 75
			Moderadamente dura	75 – 150
			Dura	150 -300

Los resultados obtenidos en todos los puntos de muestreo de las aguas superficiales (tributarios y cauce principal) de la microcuenca del río La Trinidad, presentaron excelente calidad para la irrigación de cultivos agrícolas (Tabla 29).

¹² La Gaceta Diario oficial No. 161, del 27 de Agosto del 2002

La tabla completa con los datos se encuentra en el Anexo 14.

Como se refleja en la tabla anterior, los resultados se compararon con los valores de referencias descritos en el Anexo 14 (**Criterios para la Clasificación de las aguas para Riego**) y no presentan ningún problema para los cultivos y los suelos, salvo que suelen estar entre moderadamente dura y específicamente muy dura en el río San Francisco de Jamailí.

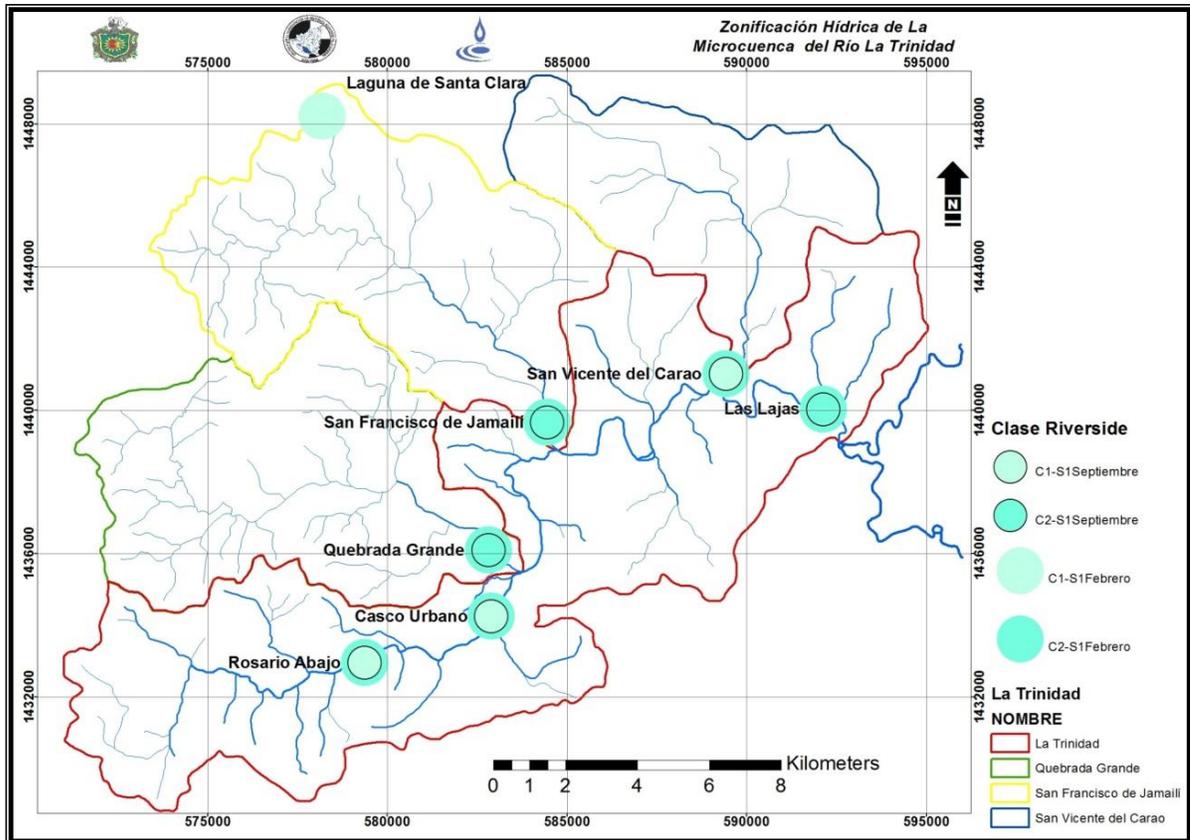
Clasificación Riverside:

De acuerdo a las normas de *Riverside*, se definieron las *categorías o clases de aguas* enunciadas con las letras C y S afectadas de un índice numérico que establecen una relación entre la CE y el índice SAR. Los valores, índices y clasificación aquí obtenidos se compararon con los rangos óptimos de Calidad de Agua para Riego publicadas por *Ayers & Wescot en 1984* y que fueron adoptadas por la *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación en 1987* (FAO).

La conductividad no sobrepasó $1\ 000\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y el índice SAR obtenido no superó el valor de **10** en ambos muestreos, lo que hacen a estas aguas aptas para la agricultura ya que no provocarán ningún efecto adverso como alcalinización y salinización de los suelos.

En septiembre 2011 las aguas se clasificaron en C1-S1 (Mapa 21) que indica bajo peligro de salinización en Rosario Abajo, Casco Urbano y San Vicente del Carao y C2-S1 que indica salinización media y baja alcalinización en los puntos Quebrada Grande, San Francisco de Jamailí y Las Lajas.

En febrero 2012, los 6 puntos presentaron el tipo C2-S1 salinidad media-bajo sodio y el punto Laguna de Santa Clara presentó C1-S1 (esto debido a que básicamente es agua de lluvia). Como se observa, los ríos son influenciados por el proceso de evaporación que provoca la concentración de las sales, así como también por el enriquecimiento debido a la interacción agua-roca en el recorrido de las aguas subterráneas que aportan su agua en las nacientes de los ríos.



Mapa 21. Clasificación Riverside de las aguas de los ríos en la microcuenca del río La Trinidad en septiembre 2011 y febrero 2012.

Los criterios que se usaron para clasificar las aguas están detallados en el Anexo 14, en la Tabla Criterios para la clasificación del uso del agua para riego; la cual presenta una escala de colores siendo el color amarillo de bueno a marginal y el rojo como inaceptable o no recomendable.

El agua en casi todos los sitios de muestreo es de excelente calidad química para la irrigación de cultivos agrícolas y no presenta peligro alguno para los suelos, exceptuando por la dureza que fue mayor de 150 mg.l^{-1} para los puntos San Francisco en 2011 y 2012; y en Quebrada Grande en 2012, lo que la ubicó en el rango de valores poco recomendables.

4.7.1.6 Tipo hidroquímico de las aguas superficiales

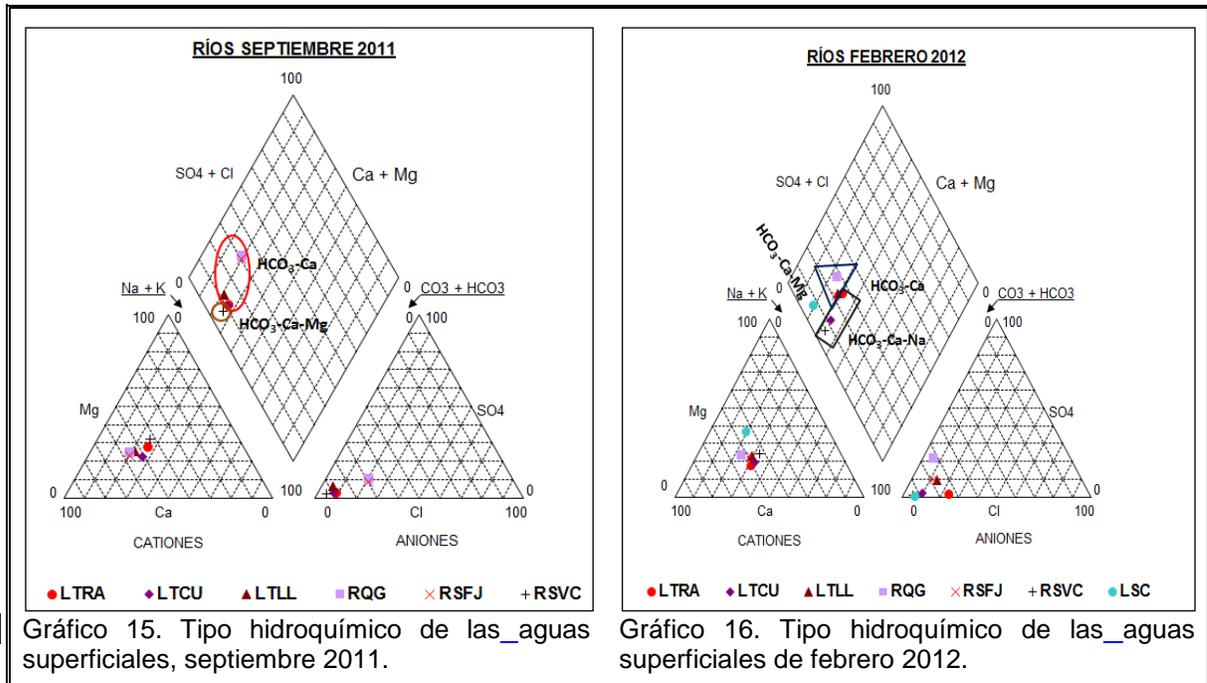
Es el tipo o característica química que adquiere el agua de lluvia al interactuar con el material geológico mediante una infiltración lenta hasta alcanzar el nivel freático (Custodio & Llamas, 2001). En el caso de estudio se determinó para los ríos, tres

tipos hidroquímicos y algunos puntos variaron de acuerdo a la época, según se expresa en la Tabla 30.

Tabla 30. Tipo hidroquímico de los ríos de la microcuenca del río La Trinidad.

	HCO ₃ -Ca	HCO ₃ -Ca- Mg	HCO ₃ -Ca-Na
2011	Rosario abajo Casco urbano San Francisco de Jamailí Quebrada Grande Las Lajas	San Vicente del Carao	
2012	San Francisco de Jamailí Quebrada Grande Las Lajas		Rosario abajo Casco urbano San Vicente del Carao

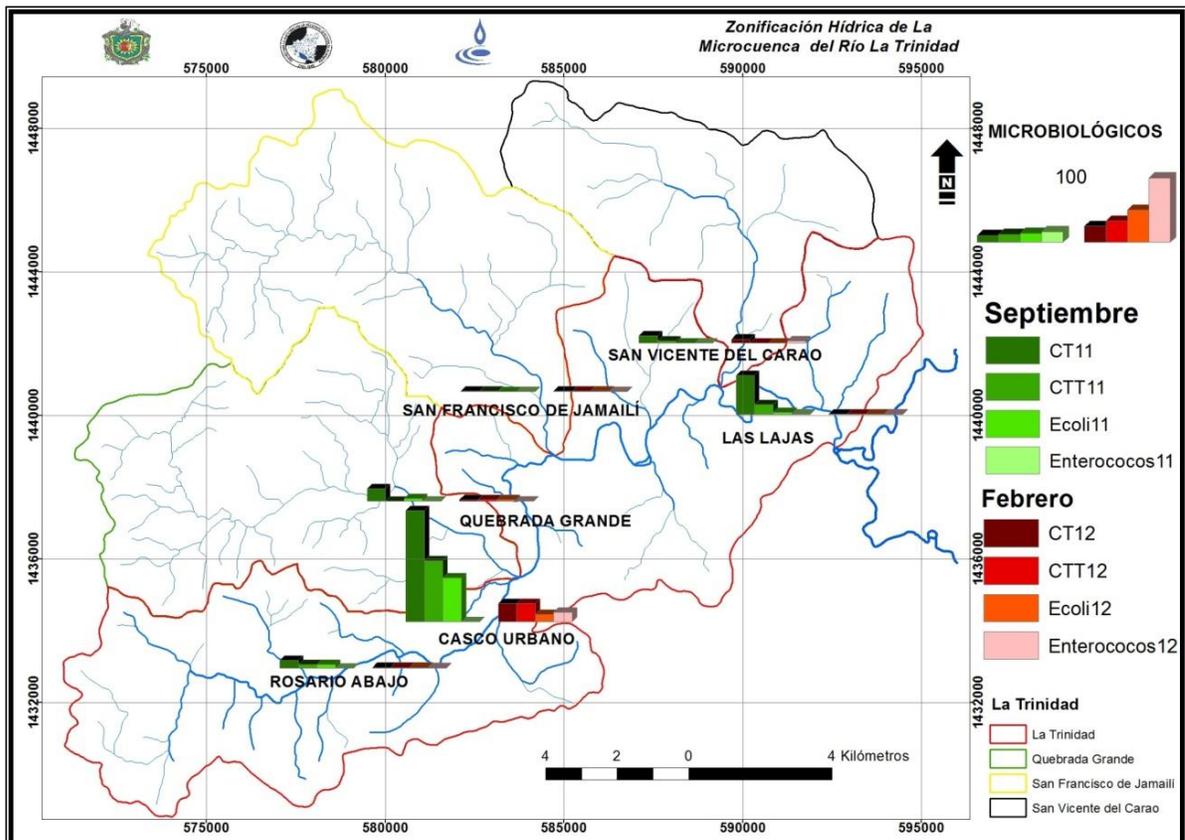
Los diagramas de Piper (Gráficos 15 y 16) reflejan el tipo hidroquímico de las aguas de los ríos, los dos primeros indican que son aguas recientes, es prácticamente agua de lluvia; y el tercer tipo, implica un mayor recorrido del agua y por ende, un mayor contacto con la roca, en donde por diferentes procesos químicos y físicos el agua adquiere el sodio de la roca dacítica presente en la zona.



4.7.1.7 Indicadores microbiológicos

El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana. Las normas (CAPRE, 1994), exigen que las aguas para consumo humano deban presentar un valor negativo en este tipo de análisis. Los resultados obtenidos entre el rango para coliformes totales ($7,00E+2$ a $2,00E+5$) y para coliformes termotolerantes ($1,10E+2$ a $1,10E+5$), muestran una alta contaminación de origen bacteriano.

El Mapa 22 muestra el alto contenido de coliformes totales en el mes de septiembre 2011, con valores que fluctuaron desde 790 NMP/100 ml en San Francisco de Jamailí hasta 200 000 NMP/100 ml en La Trinidad en Casco Urbano. En este punto es evidente la contaminación antropogénica que llega a través de las aguas residuales domésticas, donde en ambos muestreos se reportaron los valores más altos de estos organismos.



Mapa 22. Microbiológicos en aguas superficiales septiembre 2011 y febrero 2012.

En el caso de los coliformes termotolerantes, los valores de estos microorganismos se encontraron en el rango de 110 hasta 110 000 NMP/100 ml, donde los mayores corresponden a la Trinidad en Casco Urbano. También hay que considerar que otro factor que aporta contaminación de este tipo en los sitios monitoreados es la práctica de fecalismo en las orillas del río y las heces de ganado.

Casos especiales son los resultados de *escherichia coli* (1,30E+2 a 7,90E+4) en época seca y de (4,90E+1 a 1,90E+4) que indica alto grado de contaminación fecal de origen humano; mientras que los Enterococos son de origen animal. Los resultados para coliformes totales (7,00E+2 a 2,00E+5 NMP/100 ml) y para coliformes termotolerantes (1,10E+2 a 1,10E+5 NMP/100 ml), indican que hay una fuerte contaminación de los cuerpos de aguas superficiales, que deteriora la calidad potabilizable, así como para otros usos en la zona (riego y recreación).

La Norma Técnica Nicaragüense para la clasificación de los recursos hídricos **NTON 05 007-98**¹³, establece valores de coliformes totales y coliformes termotolerantes para cuerpos de aguas que se usan para riego y contacto humano. De acuerdo a esta norma, los resultados determinados en las aguas las hacen no aptas para ninguna de estas actividades.

Al observar el Mapa 22, se concluye que los puntos más contaminados se encuentran en el curso del río La Trinidad: Casco Urbano y Las Lajas.

¹³ La Gaceta Diario oficial N° 30 del 11 de febrero del 2000.

4.7.1.8 Indicadores hidrobiológicos

4.7.1.8.1 Macro Invertebrados Acuáticos Bénticos (MIAB)

Actualmente la determinación de los MIAB que habitan en los sedimentos, en las piedras y en las plantas acuáticas se considera más rápido y de bajo costo para evaluar la calidad de un cuerpo de agua. Para ello es necesario el uso de indicadores de calidad y conocer las familias y números de individuos presentes en la muestra. Los resultados obtenidos del conteo de estos microorganismos (Anexo 15) fueron evaluados con el índice biótico de familia (FBI) desarrollado por Hilsenhoff (1977), y categorizados según la Tabla 31, el valor de tolerancia para cada familia usado en la aplicación del índice se encuentra en el Anexo 16.

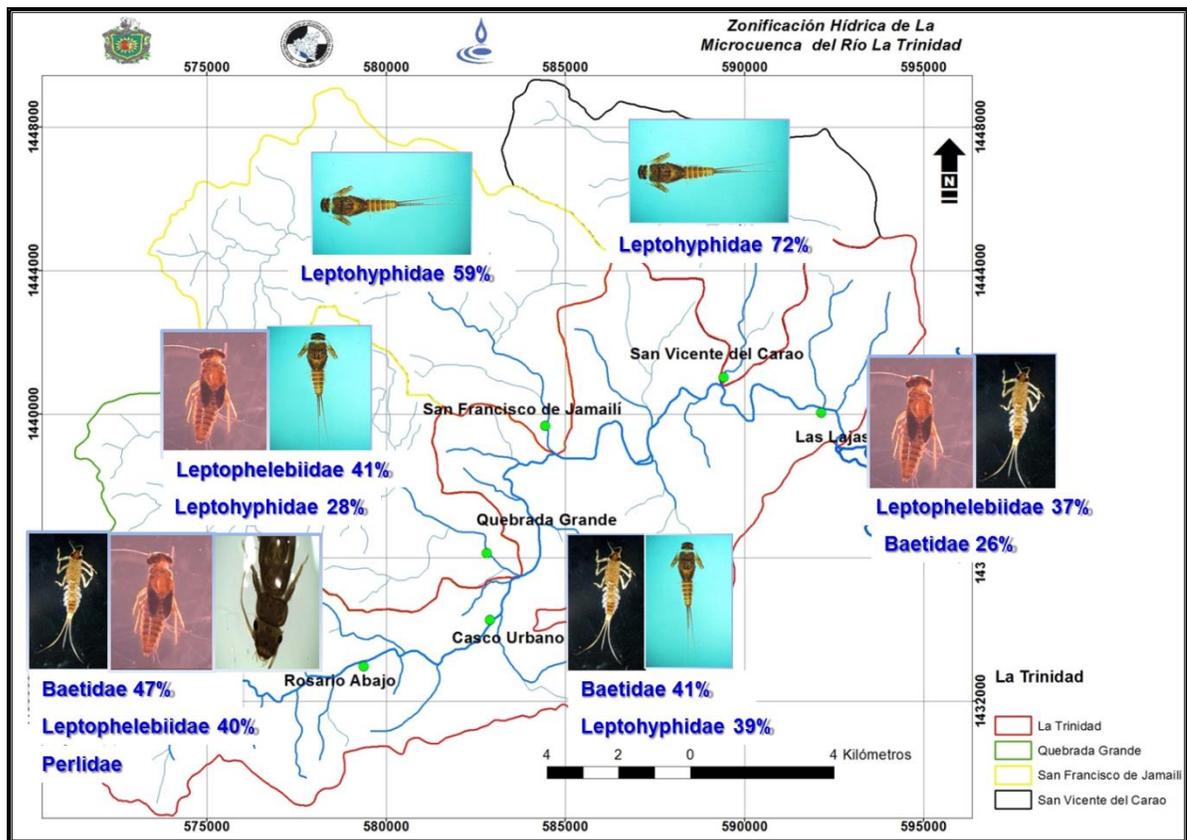
Tabla 31. Índice Biótico a nivel de Familia (Hilsenhoff, 1977).

VALOR IBF-SV-2010	CATEGORIA	CALIDAD DEL AGUA	INTERPRETACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA
0,00 – 3,75	1	Excelente	Contaminación orgánica improbable
3,76 – 4,25	2	Muy buena	Contaminación orgánica leve posible
4,26 – 5,00	3	Buena	Alguna contaminación orgánica probable
5,01 – 5,75	4	Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
5,76 – 6,50	5	Regular pobre	Contaminación sustancial probable
6,51 – 7,25	6	Pobre	Contaminación muy sustancial probable
7,26 – 10,00	7	Muy pobre	Contaminación orgánica severa probable

Para el mes de septiembre 2011, en el Mapa 23 se muestra que el orden Ephemeroptera es el dominante y el más representado por familias. Siendo las familias dominantes Leptohiphidae (6 valor de tolerancia) en cuatro puntos de 28 a 72%, Leptophelebiidae (5 valor de tolerancia) en tres puntos con un rango de 37 a 41% y Baetidae de 26 a 41% encontrada en dos puntos.

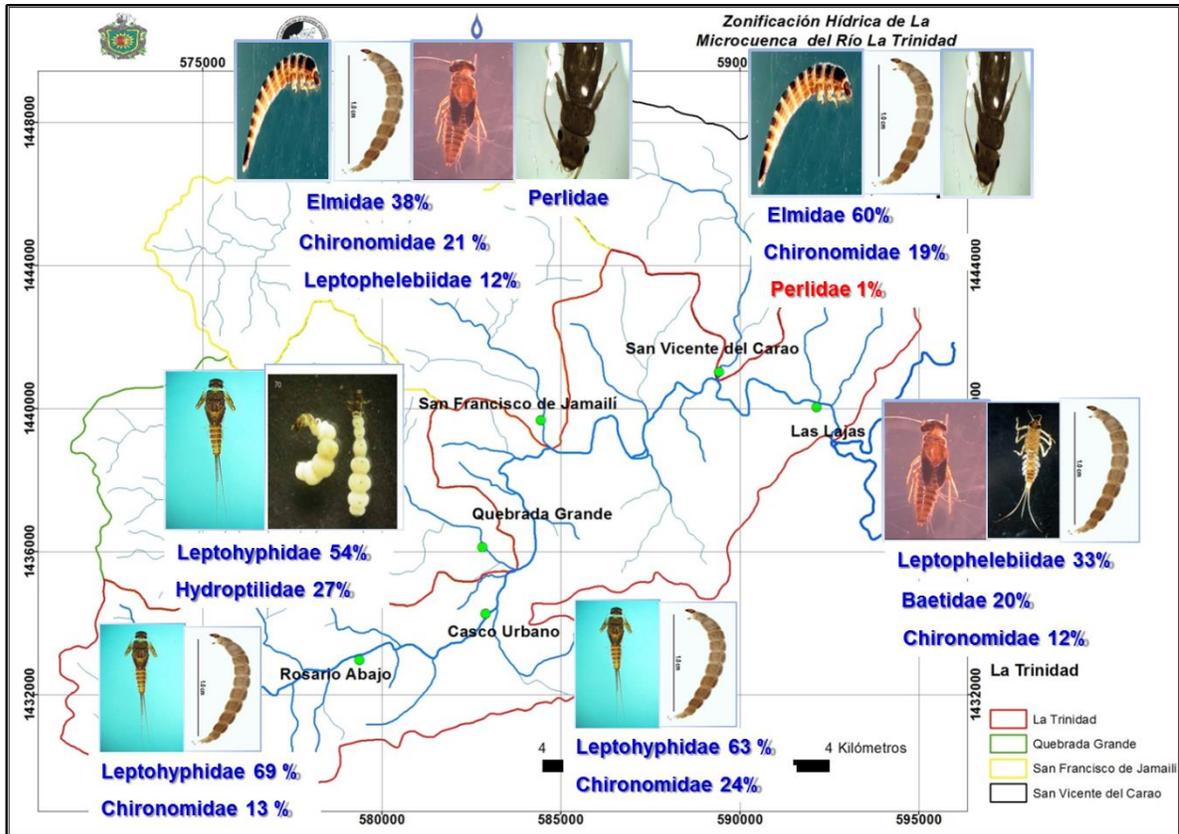
En el punto Rosario Abajo se encontró un individuo del orden Plecóptera perteneciente a la familia Perlidae (con valor de sensibilidad 2, que indican agua de buena calidad), este hallazgo es significativo ya que nos brinda una alerta

ecológica, respecto a este punto por lo cual nos lleva a considerar que hay que proteger las fuentes de agua de la zona.



Mapa 23. Familias mayoritarias en septiembre 2011

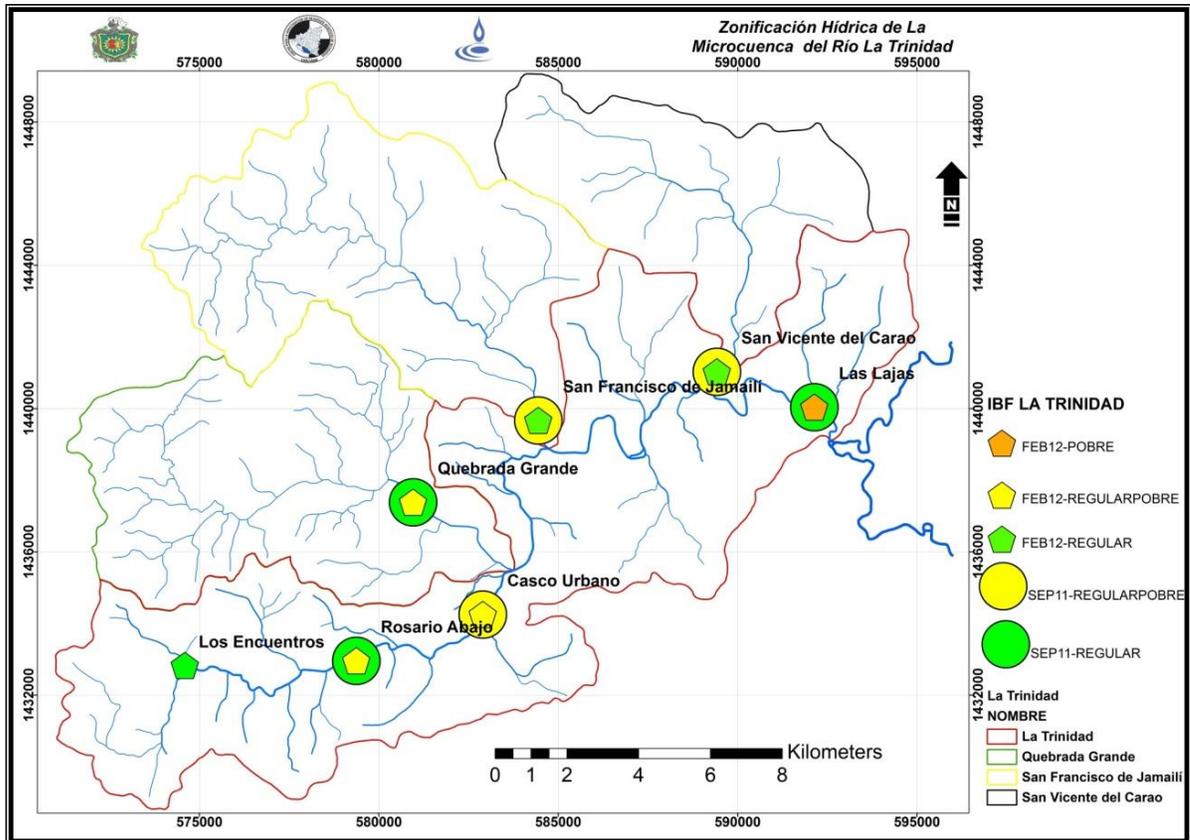
En el mes de febrero (Mapa 24) se nota una mejoría en las especies sobre todo en los puntos de San Francisco de Jamailí con un 38% de Elmidae (4 valor de tolerancia) y Leptophlebiidae con un 12% y hay presencia de Perlidae (1 individuo). Estas tres familias predominaron también en San Vicente de Carao pero el Perlidae estuvo presente en un 1% (6 de 600 individuos cuyo valor de tolerancia es 1) esto indica una buena calidad ecológica de este punto, el Leptohyphidae predominó de (54 a 69%) en Quebrada Grande, Casco Urbano y Rosario Abajo. La presencia del Hydroptilidae (4 valor de tolerancia) en Quebrada Grande nos da un indicio de una mejor calidad de las aguas.



Mapa 24. Familias mayoritarias en febrero 2012.

Aplicando el Índice Biótico de Familias como se refleja en el Mapa 25, en septiembre 2011 los puntos Rosario Abajo, Quebrada Grande y Las Lajas muestran una calidad Regular y los puntos Casco Urbano, San Francisco y San Vicente presenta una condición de Regular pobre.

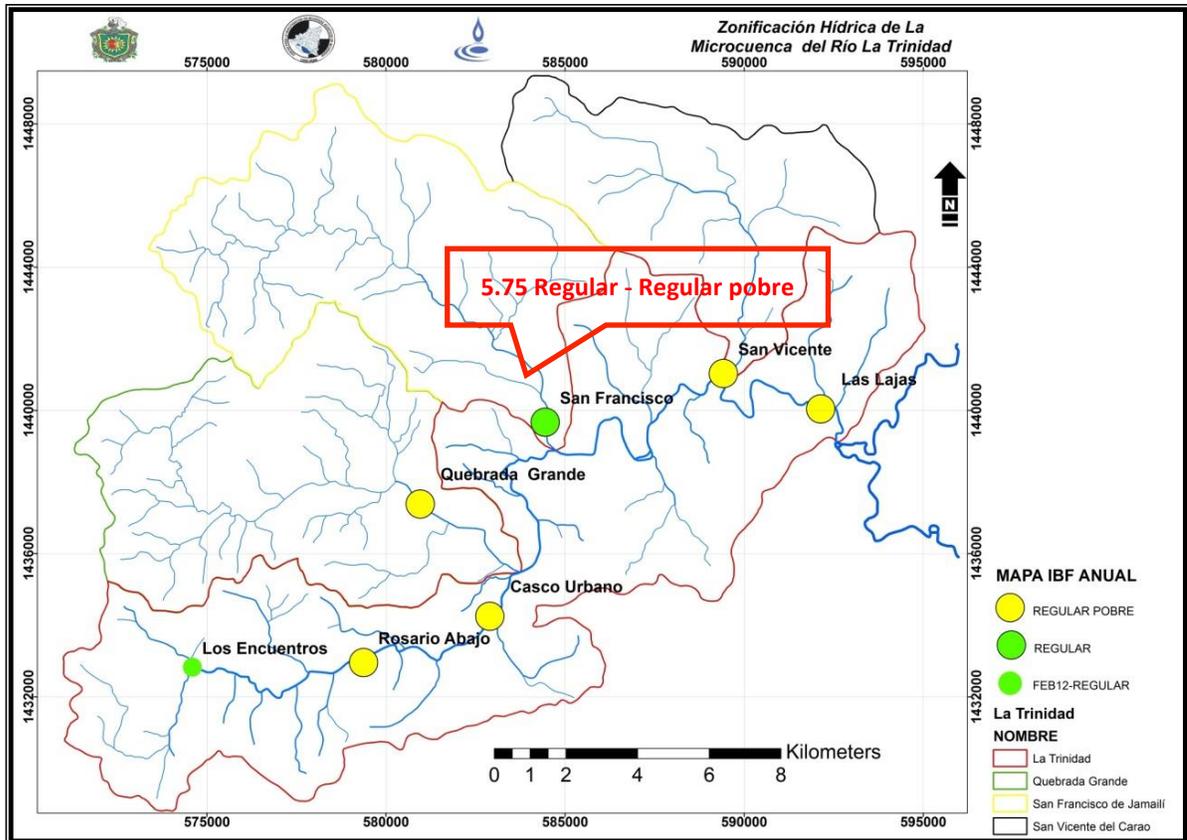
Para febrero 2012, Rosario Abajo y Quebrada Grande pasaron a Regular pobre, Las Lajas pasó a Pobre. San Francisco de Jamailí y San Vicente del Carao, mejoraron su condición pasando a Regular y Casco urbano, conservó su categoría de Regular pobre.



Mapa 25. FBI para septiembre 2011 y febrero 2012.

En resumen, los puntos más impactados son, además de Casco Urbano, aquellos donde predominan las actividades agrícolas, siendo en febrero 2012 particularmente ocasionado por las actividades humanas y ganaderas en Las Lajas.

El comportamiento anual se refleja en el Mapa 26, donde los puntos monitoreados presentan agua de calidad Regular pobre, indicador de un probable grado de contaminación orgánica.



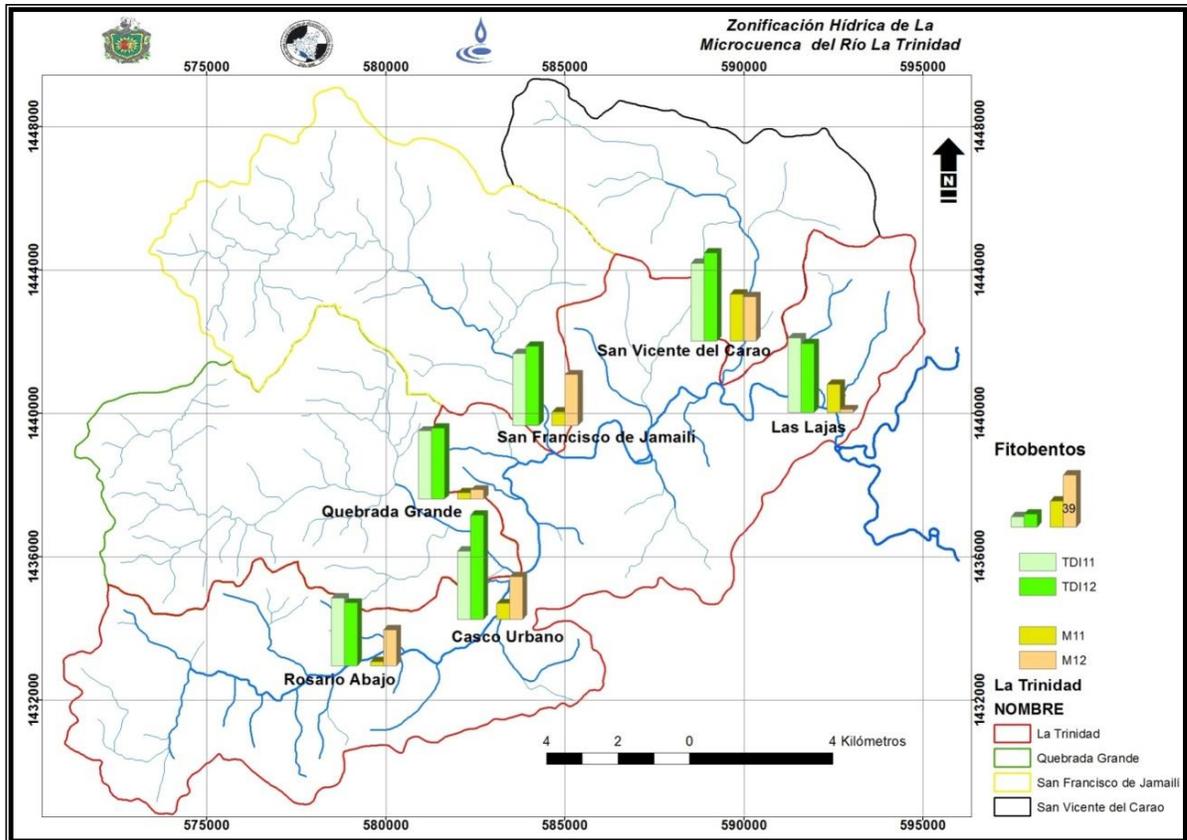
Mapa 26. FBI anual en la microcuenca del río La Trinidad.

4.7.1.8.2 Fitobentos

Los Fitobentos o microalgas son productores primarios y como tales responden a las variaciones de los nutrientes, especialmente fósforo. En el agua algunas pueden comportarse como organismos heterotróficos en aguas con aumento de materia orgánica (Kelly, 2001).

Estas responden al aumento de los nutrientes (N y P) mediante cambios en su composición y en algunos casos supone la disminución de la diversidad y el aumento de la biomasa, de forma que cuando el agua se eutrofiza los sustratos aparecen recubiertos de pátinas verdes o pardas de algas (Foto 31).

Los resultados obtenidos del cálculo del índice trófico de diatomea (Mapa 27), muestran un aumento en época seca debido al dominio del fósforo en los puntos de Casco Urbano, Quebrada Grande, San Francisco de Jamailí y San Vicente del Carao.



Mapa 27. Comportamiento de las diatomeas y de las algas móviles.

También es importante considerar el comportamiento de las algas móviles que aumentó en un 20% como mínimo (Kelly, 2001) en zonas donde después de las descargas de aguas residuales como se observa en el Mapa 27, en los puntos de Rosario Abajo, Casco Urbano y San Francisco de Jamailí, que son zonas con mayor concentración de población y por tanto hay mayor descarga de aguas residuales.

4.7.2 Calidad de las Aguas Subterráneas

4.7.2.1 Composición Fisicoquímica

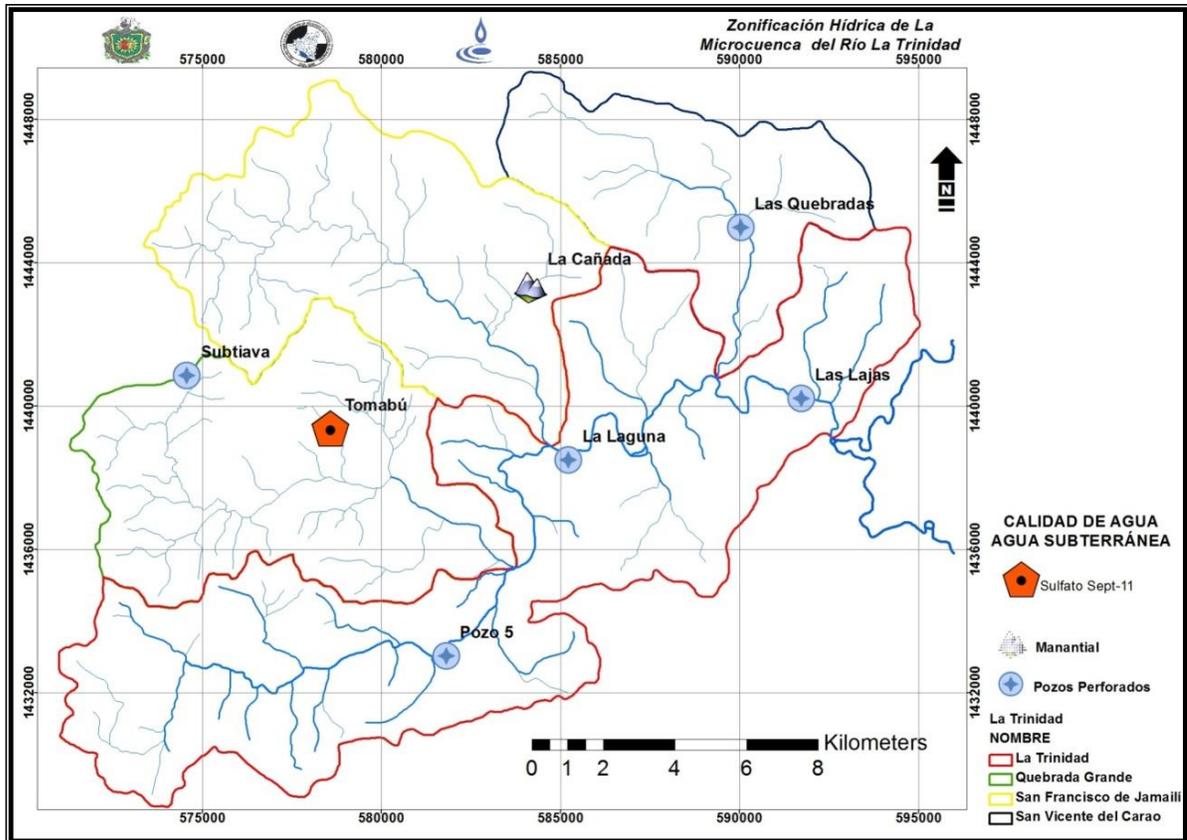
Se analizaron las aguas subterráneas de 6 pozos perforados y un manantial, los resultados se compararon con las Normas (CAPRE, 1994).

Las fuentes de agua subterránea en el estudio presentaron valores óptimos de pH (7,36 a 7,56 unidades), bajos niveles de turbidez (< 5,00 UNT) y color (< 15,00 unidades de Pt-Co), sólidos totales disueltos (213,56 a 667,34 mg.l⁻¹) y conductividad eléctrica (311 a 1064 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) que indican una mineralización de moderada a alta y un contenido de macro constituyentes (aniones y cationes) característicos para aguas dulces (Custodio & Llamas, 2001). De acuerdo al contenido de dureza total (119,04 a 392,00 mg.l⁻¹) se definen como aguas de moderadamente dura a muy duras (Roldán & Ramírez, 2008).

La disminución de las sales minerales disueltas que se observó durante las lluvias en la mayoría de las fuentes de agua fue inducida por cambios naturales del régimen hidrológico al pasar a un proceso de dilución debido a la infiltración de las precipitaciones, dejando en evidencia la existencia de patrones de distribución temporal, los resultados se muestran en el Anexo 17.

En el Mapa 28 se observa que los sitios: el manantial La Cañada, PP- 5 de ENACAL, Subtiava, Las Quebrada y Las Lajas cumplen con los valores establecidos en esta norma para calidad de agua.

De estos sitios, el PP Tomabú presenta aguas con concentraciones de sulfato mayores a los 250 mg.l⁻¹ en septiembre del 2011, que es el valor máximo admisible de las normas (CAPRE, 1994). El exceso de sulfato cuando va asociado a magnesio o sodio en cantidades importantes puede generar propiedades laxantes, pero este no es el caso. En cantidades elevadas puede ser perjudicial para las plantas (Custodio & Llamas, 2001).



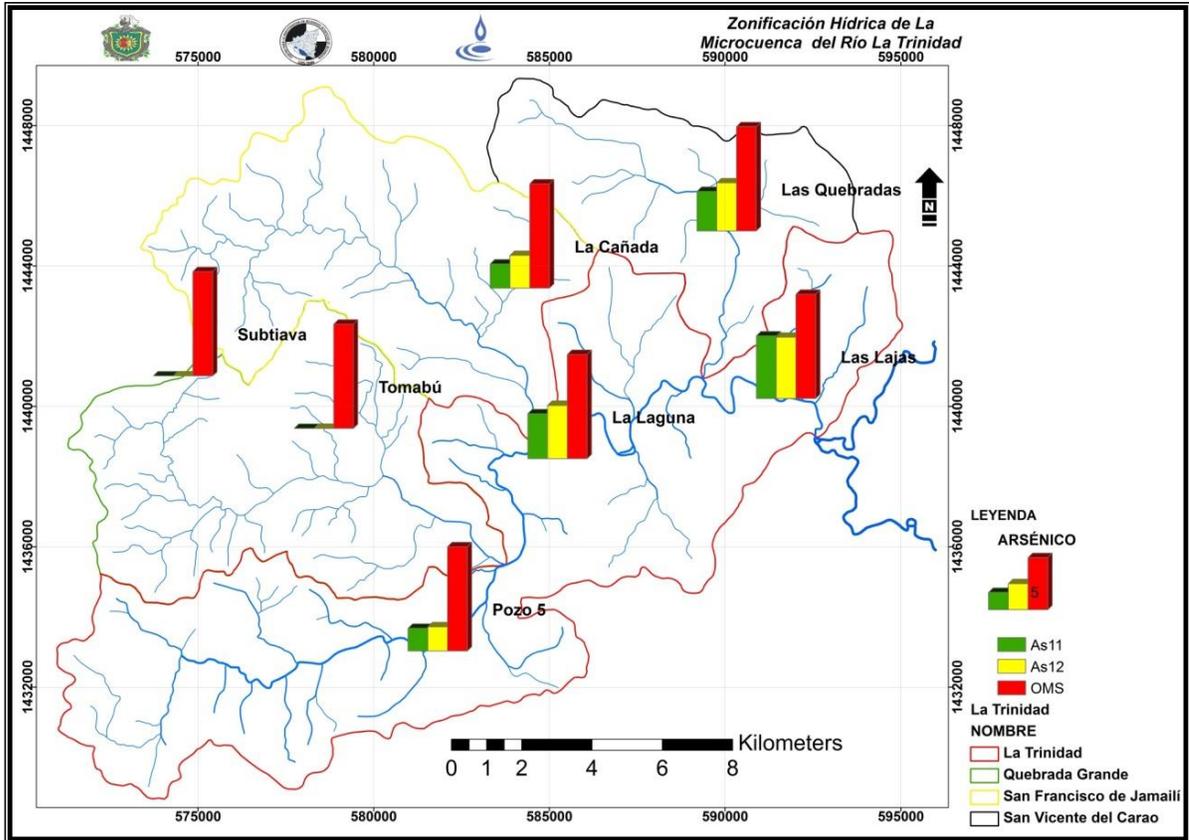
Mapa 28. Calidad fisicoquímica del agua subterránea.

4.7.2.2 Arsénico

Aunque existe una alta probabilidad de la presencia de arsénico en las fuentes de agua subterránea debido a la geomorfología fracturada que muestra la microcuenca, se determinó este contaminante en 5 puntos (excepto Tomabú y Subtiava que tuvieron valores menores que el límite de detección que es $<2 \mu\text{g.l}^{-1}$).

Las concentraciones se mantuvieron casi constantes en ambos muestreos cuantificando solamente un valor de $6,01 \mu\text{g.l}^{-1}$ en Las Lajas en septiembre 2011 (Mapa 29). Estos valores (Anexo 17) son menores que el límite máximo establecido para aguas de consumo humano que es de $10 \mu\text{g.l}^{-1}$ (CAPRE, 1994).

Los resultados obtenidos no representan riesgo alguno para su consumo por la población, pero si debe tenerse cuidado si se cambia el sistema de extracción de agua ya que esto incrementaría el consumo y por tanto la ingesta diaria y debido a la propiedad del arsénico de bioacumularse podría provocar algunos daños en la salud de la población.



Mapa 29. Arsénico en agua subterránea.

4.7.2.3 Plaguicidas

No se detectaron trazas tanto de organoclorados (15 analitos) como de organofosforados (13 analitos) en época seca en el PP 5 de ENACAL, en Rosario Abajo y en el pozo La Virtud. Se seleccionaron estas fuentes debido a que el PP 5 es parte de la red de pozo de abastecimiento de agua potable del área urbana de La Trinidad y el pozo de La Virtud es usado como fuente de agua para las actividades agrícola.

Los resultados no evidenciaron presencia de estos en las fuentes de agua analizada, esto podría deberse a que estos compuestos escurren rápidamente hacia otros compartimentos, o debido al tipo de suelo y al material geológico quedan atrapados en el suelo ya que son compuestos hidrofóbicos y no han logrado avanzar hacia el pequeño acuífero de la microcuenca.

4.7.2.4 Uso agrícola de las aguas subterráneas

Como se ha discutido anteriormente, la microcuenca es una zona que carece de grandes acuíferos, existen pozos excavados que son utilizados para riego pero por razones de priorizar el monitoreo de las fuentes de consumo humano, estos no fueron muestreados.

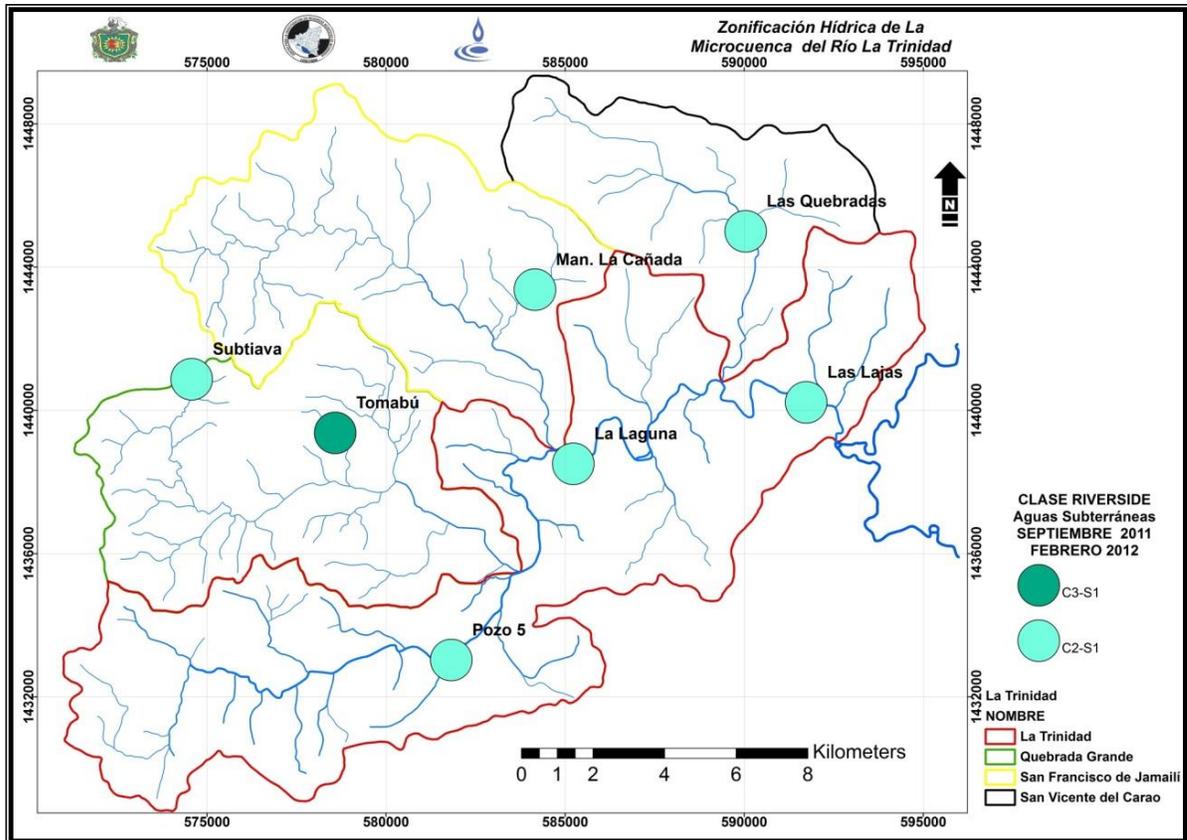
Los resultados obtenidos en los puntos de muestreo de las fuentes subterráneas de la microcuenca del río La Trinidad, presentaron aguas en su mayoría con características que les confieren óptima calidad para la irrigación de cultivos agrícolas (Tabla 32), excepto el punto de Tomabú. La tabla completa con todos los datos se encuentra en el Anexo 17.

Tabla 32. Parámetros de calidad para uso agrícola de las aguas subterráneas.

Variable		Resultados de los puntos de muestreo	Criterios	Rango o valores de referencia
CE ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)		311,00 – 1 064,00	Excelente	0,0 – 1000
Elementos de Fitotoxicidad	Boro ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	0,00 – 0,25	Excelente	< 0,70
	Sodio ($\text{meq} \cdot \text{l}^{-1}$)	0.337 – 3,460	Problema inexistente	< 3,0
	Cloruros ($\text{meq} \cdot \text{l}^{-1}$)	0,091 – 0,683	Problema creciente	3,0 – 9,0
Índice SAR		0,665 – 2,412	Problema inexistente	< 4,0
CSR ($\text{meq} \cdot \text{l}^{-1}$)		-3,159 – 2,361	Ninguna restricción	< 10
Dureza ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)		119,04 – 392,00	Recomendable	< 1,25
			Poco recomendable	1,25 – 2,50
			Moderadamente dura	75 – 150
			Dura	150 – 300
			Muy Dura	>300

Clasificación Riverside: el Mapa 30 refleja que 6 puntos presentan el tipo de agua C2-S1, que tiene salinidad media y bajo sodio; mientras que el punto del pozo perforado de Tomabú en septiembre 2011 y febrero 2012 presentó el tipo C3-S1, con salinidad alta y alto sodio.

La conductividad en el PP-Tomabú en septiembre del 2011 presentó riesgo medio de salinización de los suelos, debido a que superó los $1\ 000\ \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, en cambio los valores de SAR no superaron el valor de 10.



Mapa 30. Clasificación Riverside de las aguas subterráneas.

De lo anterior se deduce que estas aguas pueden utilizarse con ciertas restricciones para riego, también es recomendable realizar análisis de suelo para conocer su composición química y determinar hasta qué punto estas aguas no representa peligro alguno para los mismos. Estas consideraciones son hechas con base en los resultados obtenidos en las fuentes de agua analizadas, con el propósito de prever la interacción del agua de riego que va a ser determinante en la nutrición de la planta.

4.6.2.5 Tipo hidroquímico de las aguas subterráneas

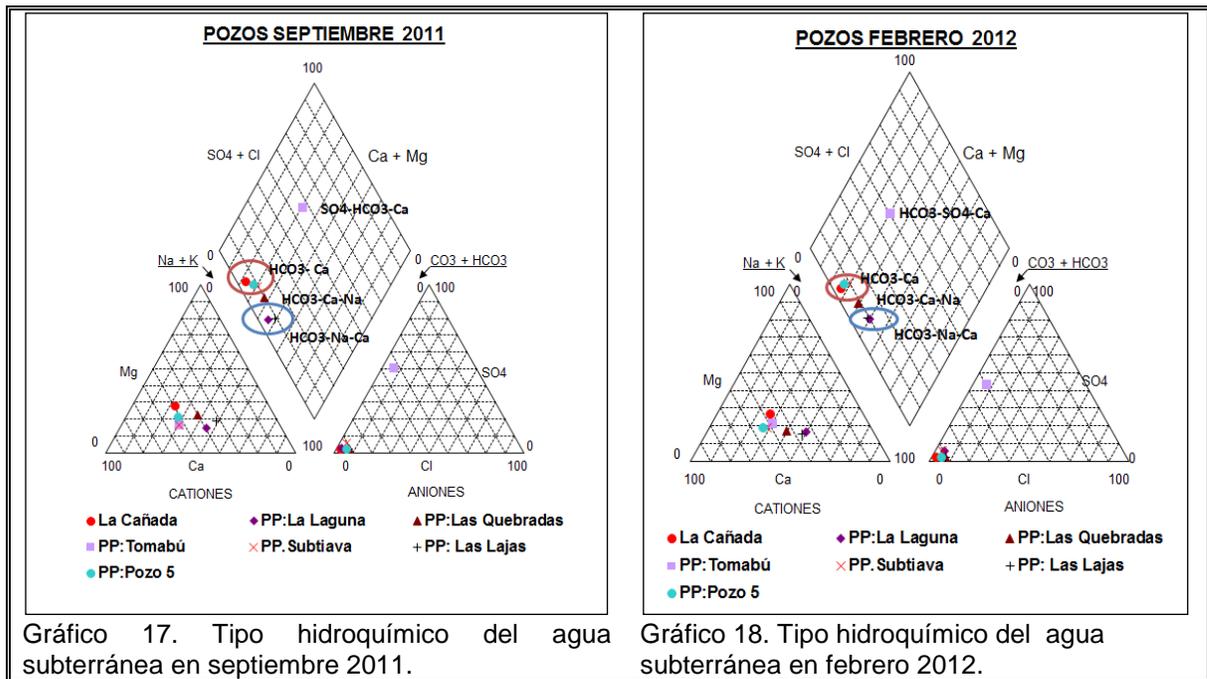
Las aguas subterráneas presentaron 4 tipos hidroquímicos (Tabla 33), los cuales variaron desde $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ a $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$ que indican aguas recientes, hasta $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$ donde se encuentran los pozos La Laguna y Las Lajas. Las aguas de estos últimos pozos, muestran que el agua tiene un recorrido más largo hay mayor tiempo de contacto entre el agua y la roca.

Excepcionalmente el PP Tomabú varió su tipo de $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca}$ a $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$; aunque conserva su carácter sulfatado debido a que durante la época seca al haber menos agua hay una menor disolución del material geológico que le puede estar confiriendo este anión debido al sistema de falla geológica. mejorar

Tabla 33. Tipo hidroquímico de las aguas subterráneas.

	$\text{HCO}_3\text{-Ca}$	$\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$	$\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$	$\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca}$	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$
2011	La Cañada Pozo 5 Subtiava	Las Quebradas	La Laguna Las Lajas	Tomabú	
2012	La Cañada Pozo 5 Subtiava	Las Quebradas	La Laguna Las Lajas		Tomabú

Los Diagramas de Piper (Gráficos 17 y 18) reflejan la composición hidroquímica de las aguas, indicando los respectivos tipos hidroquímicos para cada muestreo.



4.7.2.6 Indicadores microbiológicos de las aguas subterráneas

Para evaluar esta condición del agua, los puntos muestreados corresponden a sistemas de abastecimiento de agua comunitario. Los resultados obtenidos de los indicadores microbiológicos demuestran que los pozos perforados con sistemas de bombas sumergibles (Tomabú, Subtiava, Pozo 5 ENACAL y La Laguna) brindan un agua de excelente calidad, en contraste con los pozos perforados de bomba manual que tienen los mayores contenidos de coliformes totales.

Los pozos de Tomabú y Subtiava presentaron 2 NMP/100 ml de coliformes totales en (febrero 2012). La norma (CAPRE, 1994) permite menos de 4 NMP/100 ml en muestras puntuales dentro del sistema de distribución en el 95% de los casos.

Cabe señalar que el pozo de la comunidad La Laguna cuyo sistema de extracción en septiembre del 2011 estaba constituido por una Bomba Manual (Foto 32), para febrero de 2012 a través del FISE se instaló una bomba sumergible (Foto 33) con la finalidad de distribuir el agua directamente en los hogares mediante una red.

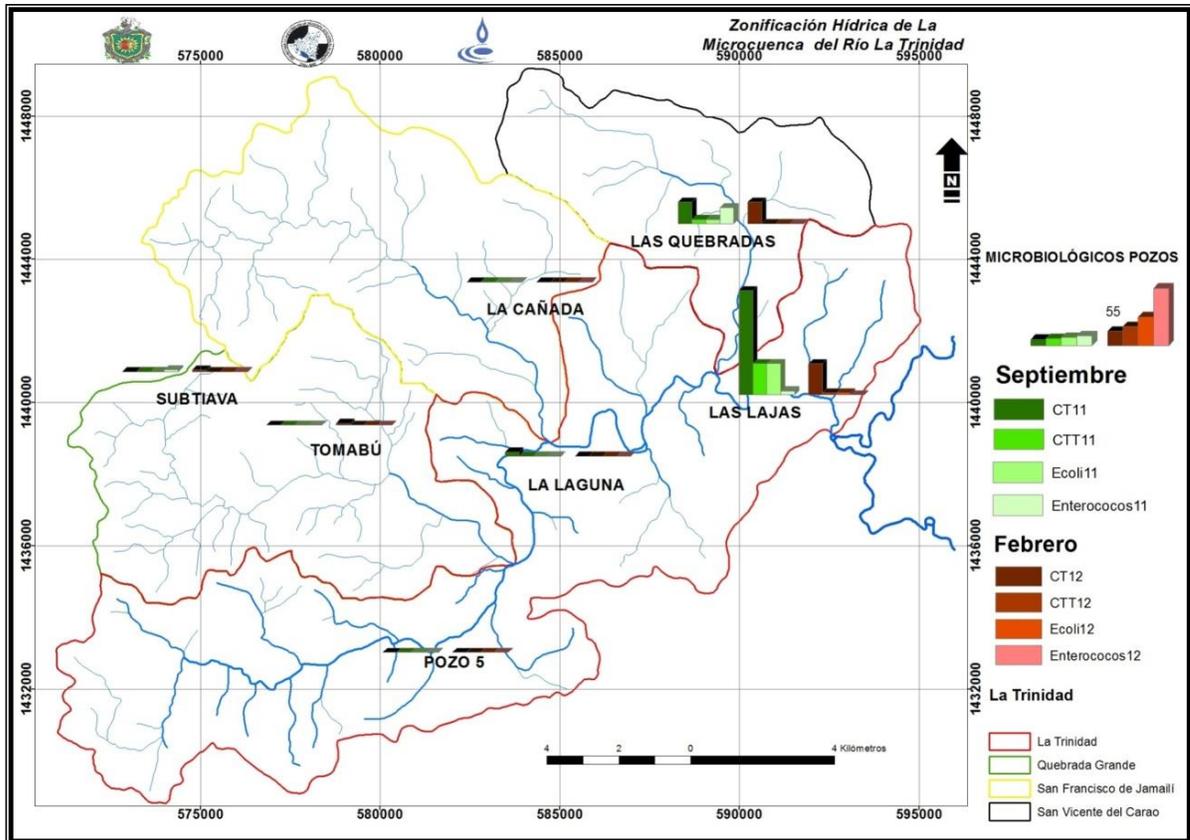


Foto 32: PP-La Laguna, 2011-08-02.



Foto 33: PP-La Laguna, 2012-02-17.

Con este nuevo sistema de distribución se evidenció un cambio en la calidad sanitaria del agua a pasar los resultados obtenidos en septiembre 2011 de 4 NMP/100 ml a la no presencia de coliformes totales en febrero de 2012 (Mapa 31).



Mapa 31. Microbiológicos en agua subterránea septiembre 2011 y febrero 2012.

Los coliformes termotolerantes encontrados en el Pozo Las Lajas-Sector Escuela en los dos muestreos fueron de 33 NMP/100 ml en septiembre 2011 y 2 NMP/100 ml en febrero 2012 y 4,5 NMP/100 ml en el pozo Las Quebradas; estos resultados fueron similares para la *Escherichia coli* y Enterococos.

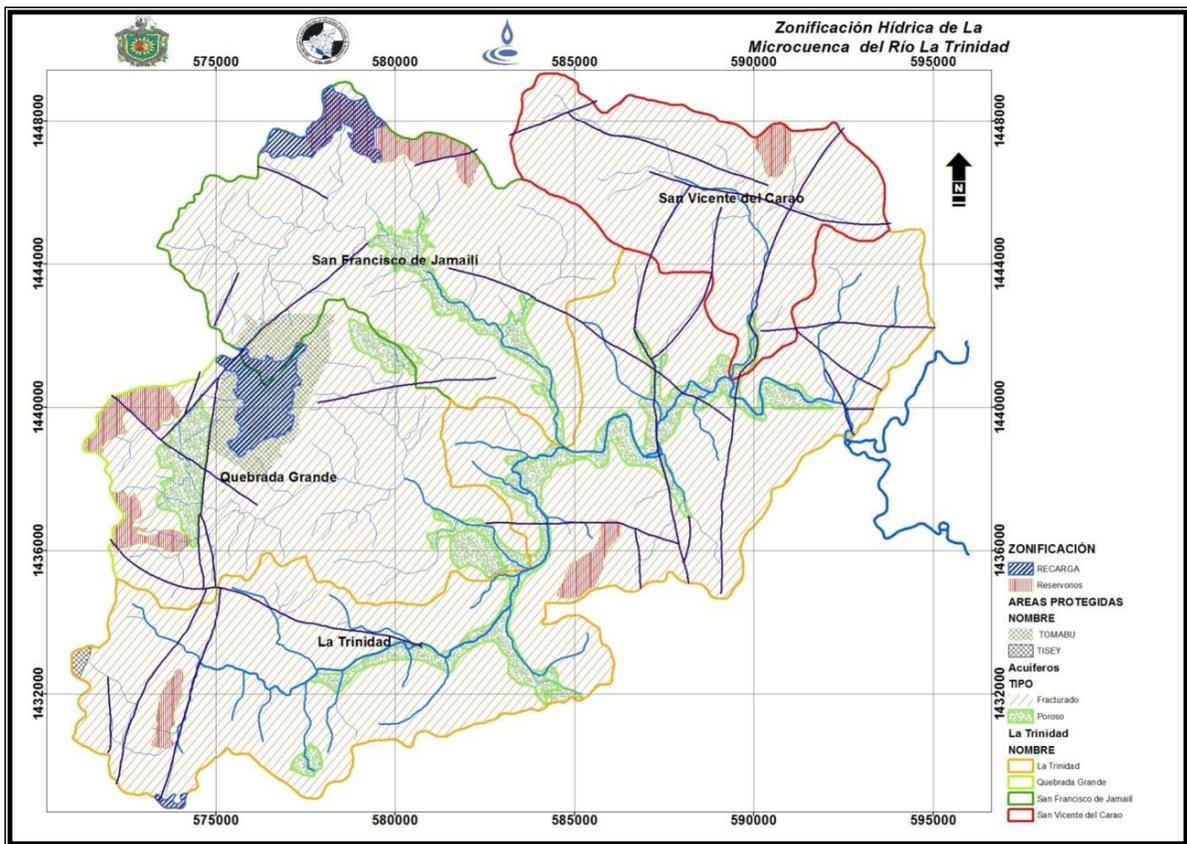
Las Lajas-Sector Escuela y Las Quebradas resultaron ser los sitios más contaminados, esto se debe a que los sistemas de evacuación del agua no se encuentran limpios, presencia de animales en los alrededores y no hay limpieza del área del pozo. El pozo 5 de ENACAL y el manantial La Cañada no presentaron problemas de coliformes totales y en general no reportaron ninguna señal de contaminación.

4.8 Zonificación de la microcuenca

La zonificación consistió en separar por zonas la microcuenca de acuerdo a características particulares que permitieron esta agrupación.

4.8.1 Zonificación Hidrogeológica

Con base en el reconocimiento geológico, las pruebas de infiltración, el tipo de suelo y el material geológico se han definido 2 zonas hidrogeológicas las cuales se detallan en el Mapa 32, teniéndose:



Mapa 32. Zonificación hidrogeológica de la microcuenca del río La Trinidad.

1. Zonas de Recarga: Corresponde a un área total de 7,4 km², estando las principales zonas de recarga hídricas ubicadas en Tomabú y Santa Clara. Sin embargo es importante considerar que la microcuenca se encuentra una zona geológica de fallas y fractura; por lo que la recarga debido a esta condición geológica de tipo secundaria e importante.

2. **Tipos de Acuíferos:** Se presentan dos tipos de acuíferos, el poroso y el fracturado.

- a) **Acuífero Poroso:** Cubre el 8% de la microcuenca y corresponde con el material aluvial, coluvial y residual, que se encuentra en las riberas de los ríos y en los pequeños valles intramontanos. Es la fuente de agua potable y para riego agrícola, ya que en esta área se encuentran la mayoría de pozos perforados y excavados.
- b) **Acuífero Fracturado:** cubre el 92% de la microcuenca y corresponde a las fallas y fracturas presentes en esta. Los pozos aquí instalados se localizan siguiendo la dirección de fallas; son utilizados solamente como fuentes de suministro de agua potable, aquí también se encuentran ubicados los manantiales y ojos de aguas.

Aunque no fueron parte de este estudio es importante considerar dos áreas una natural y otra hecha por la necesidad de agua en las partes altas de la microcuenca como son:

- **Zonas de Áreas protegidas:** La microcuenca cuenta con una zona protegida que le corresponde en su totalidad que es la Reserva Natural Tomabú; y comparte con la Subcuenca del río Estelí la Reserva Natural del Tisey.

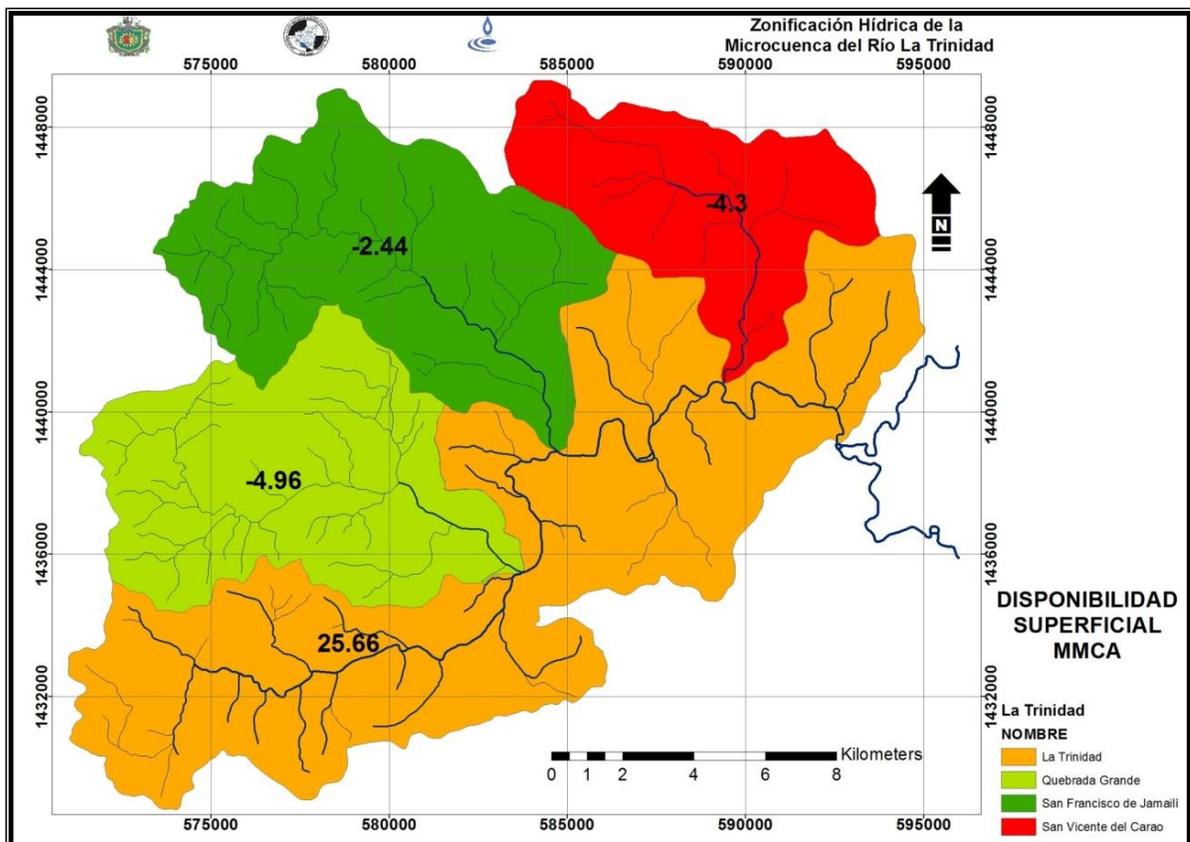
La importancia de la reserva radica en su condición natural de servir como una excelente zona de forestal y es donde se encuentra ubicada la mayor zona de recarga hídrica de la microcuenca que provee agua a los valles de Santa Cruz y Las Limas; así como también de aporta agua al río Quebrada Grande que descarga en el río La Trinidad.

- **Zonas de Reservorios:** Durante el reconocimiento geológico se fueron encontrando áreas ubicadas en las partes altas, estas zonas son ligeramente planas o algo inclinadas y esta agua es usada para producir cultivos de subsistencia y en algunos casos como la única fuente disponible de agua para las actividades domésticas.

4.8.2 Zonificación en base a la disponibilidad hídrica

Esta zonificación se realizó con base en los balances hídricos superficial y subterráneo. Con el balance hídrico superficial se obtuvo la disponibilidad hídrica por red de drenaje (Mapa 33), en donde se observa un déficit hídrico en 3 redes de drenajes (Quebrada Grande, San Francisco de Jamailí y San Vicente del Carao) y una disponibilidad en la red de drenaje del río La Trinidad como tal.

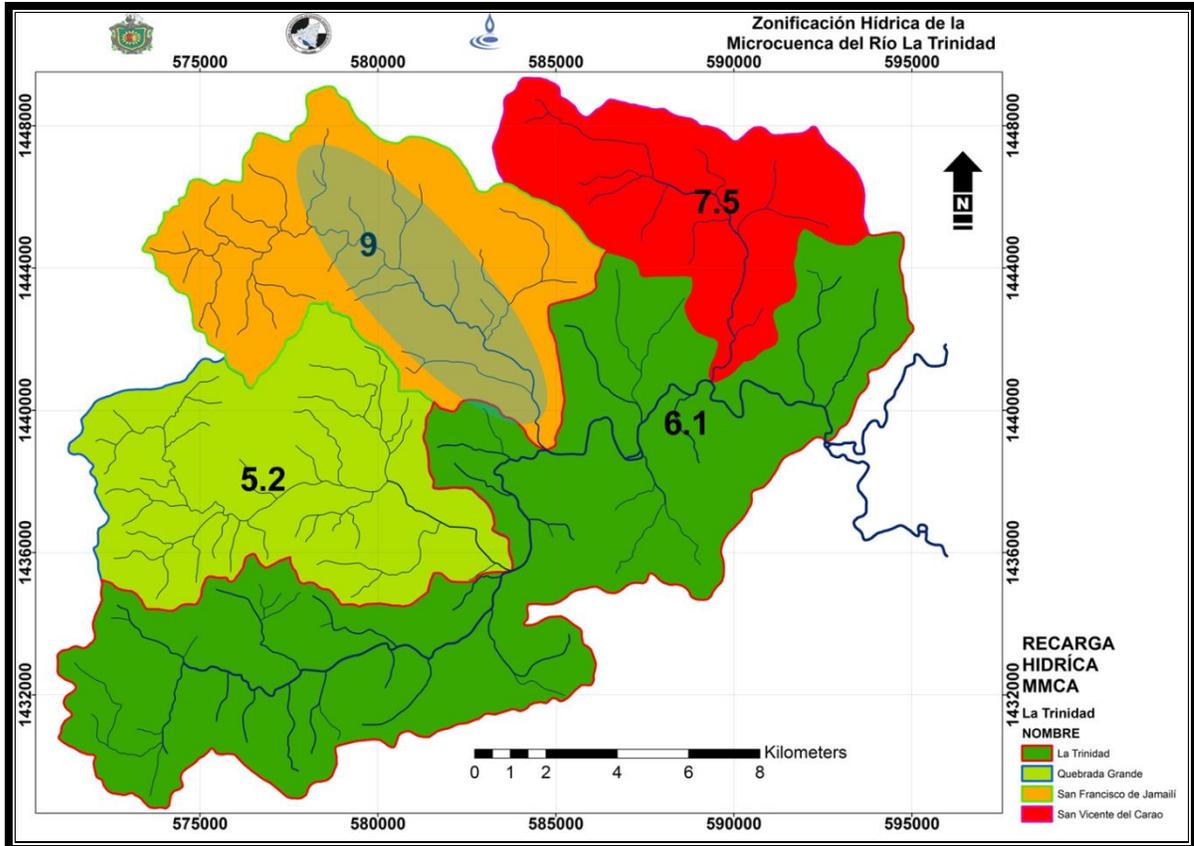
Con un volumen promedio disponible en agua superficial de 4,44 MMCA, que básicamente es el volumen mínimo de agua que corre en época seca en el río y que es usado para riego y ganadería.



Mapa 33. Disponibilidad hídrica superficial en la microcuenca del río La Trinidad.

En cuanto a la disponibilidad hídrica subterránea, que se refiere específicamente a la recarga hídrica del suelo. El Mapa 34 muestra la recarga hídrica por red de drenaje. Las red de drenaje San Francisco de Jamailí y San Vicente del Carao presentaron las mayores recargas de la microcuenca; mientras que la red de drenajes de La Trinidad y Quebrada Grande recargan menos. Estas condiciones,

están asociadas a la composición del material geológico, a la poca cubierta vegetal y a los bajos coeficientes de infiltración obtenido a través de las pruebas de infiltración.

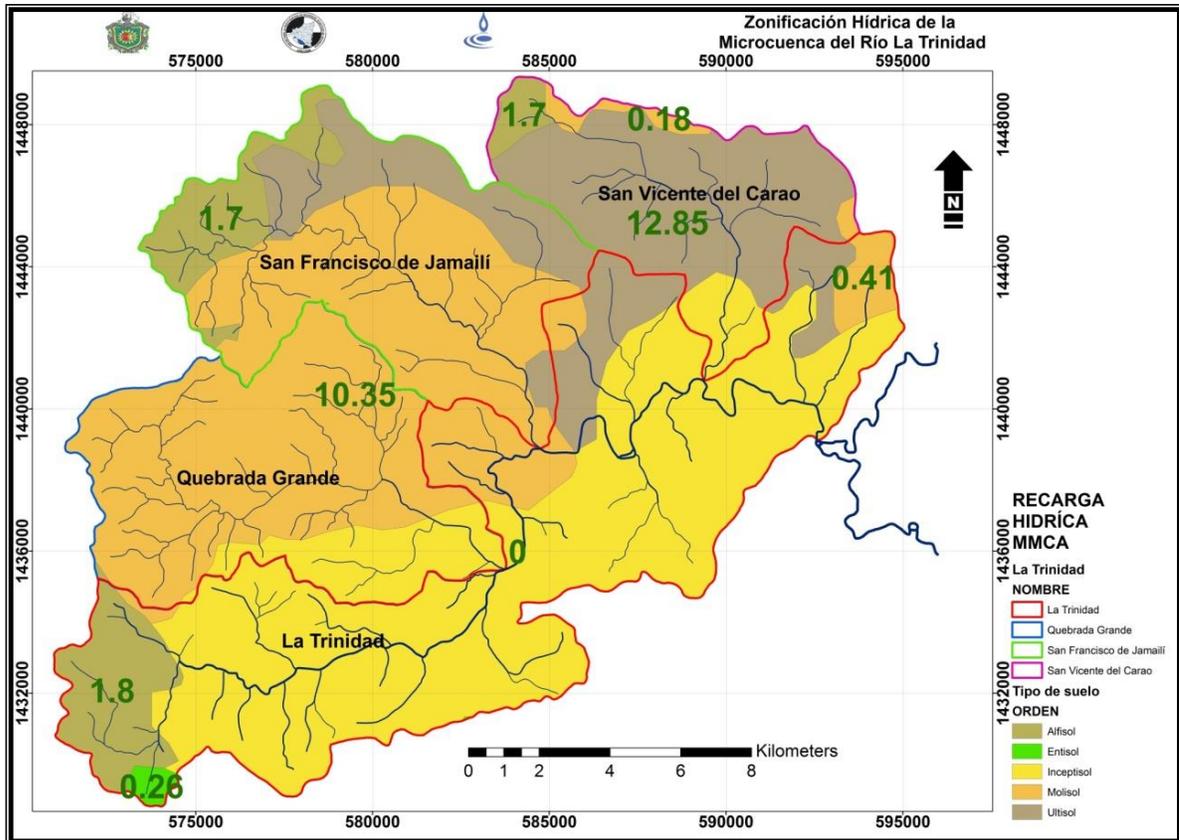


Mapa 34. Disponibilidad hídrica subterránea en la microcuenca del río La Trinidad.

Esto se explica por el hecho de que estas dos áreas se encuentran ubicadas en el acuífero poroso, que tiene alta capacidad de retención de agua, y también es importante considerar la parte oeste en la naciente del río La Trinidad, es bastante fracturada y permite el movimiento de agua a través del material rocoso, sumado a esto, el sistema de fallas que hay en la microcuenca, permite el tipo de infiltración secundaria muy importante en formaciones terciarias sobre todo.

4.8.3 Zonificación en base a la recarga hídrica por tipo de suelo

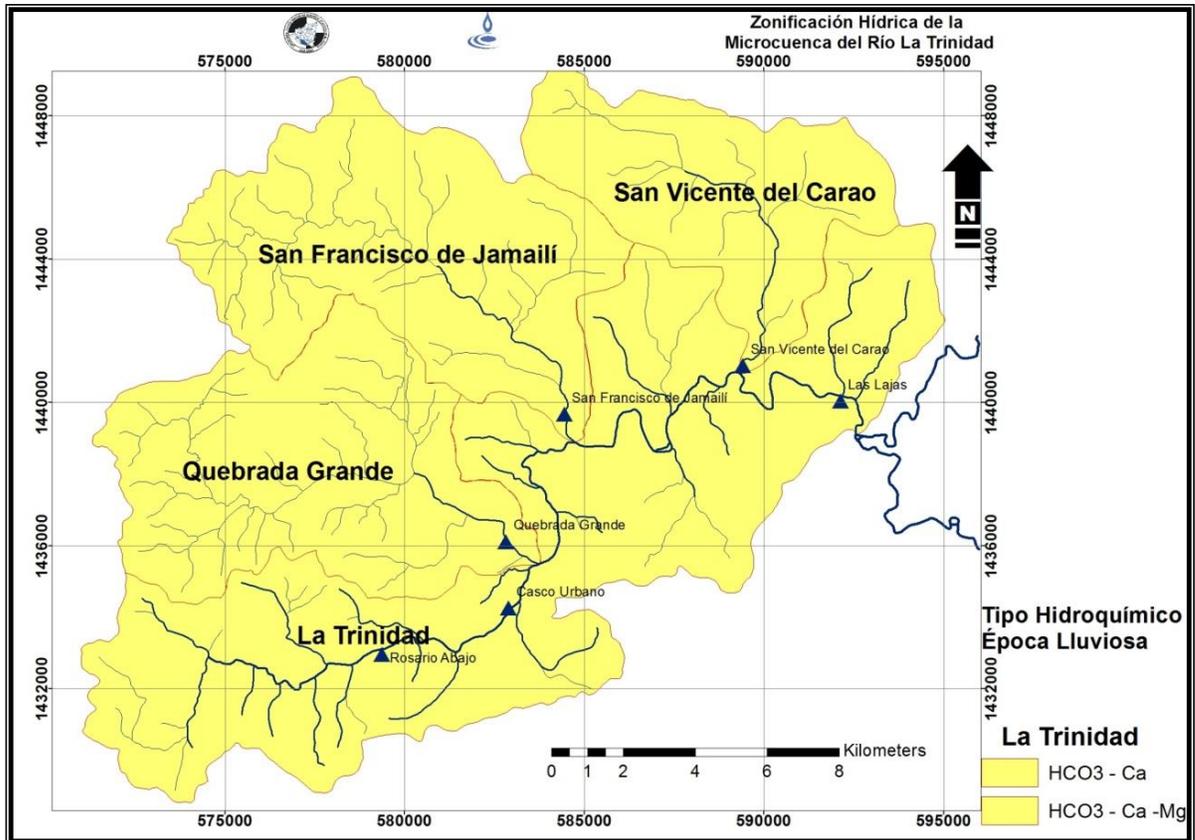
Esta zonificación se realizó con base en la recarga hídrica y se hizo por tipo de suelo. Las mayores recargas en la microcuenca se dan en los suelos molisoles y ultisoles. Estos suelos se encuentran mayoritariamente en la red de drenaje de San Francisco de Jamailí y San Vicente del Carao (Mapa 35).



Mapa 35. Recarga hídrica por tipo de suelos

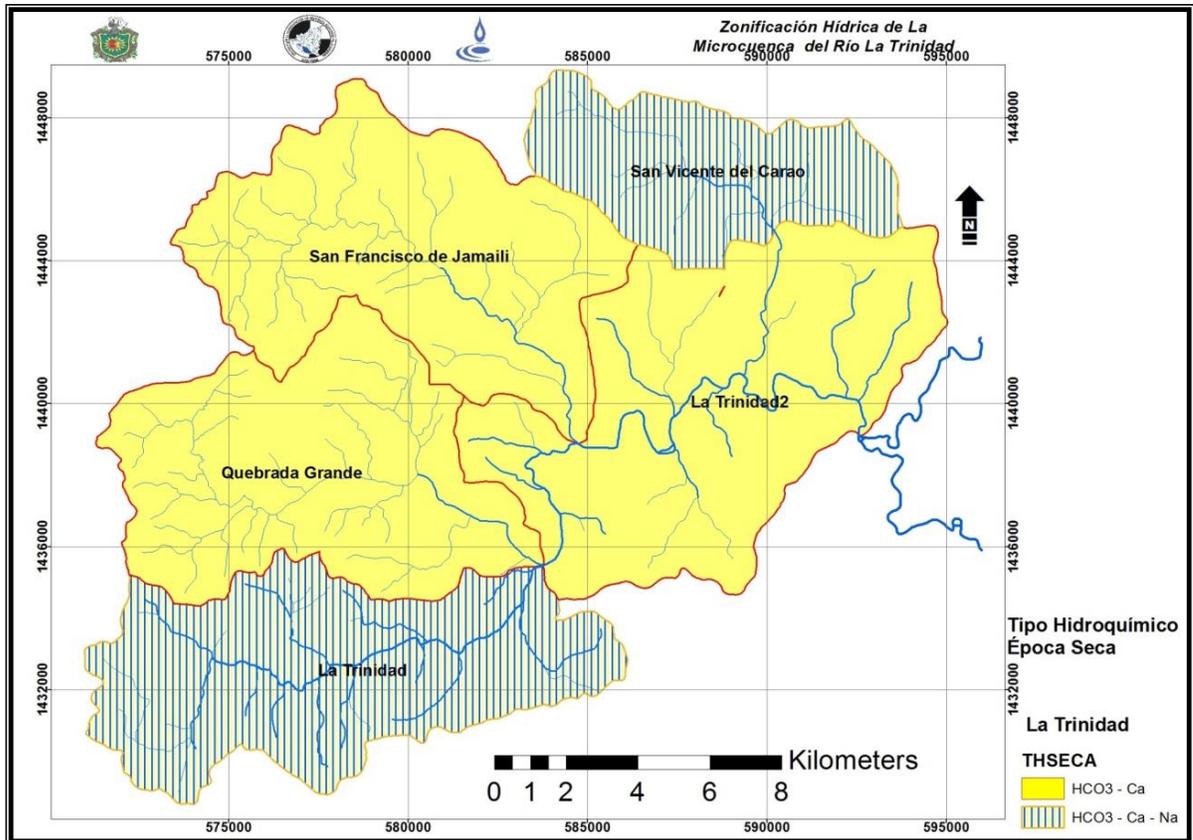
4.8.4 Zonificación hidroquímica

En la microcuenca las aguas superficiales presentan variaciones en su tipo hidroquímico según la época del año, como se puede ver en el Mapa 37. En la época lluviosa las aguas superficiales presentan un tipo característico de agua reciente (lluvia) siendo bicarbonatadas-cálcicas y bicarbonatadas-cálcicas-magnésicas.



Mapa 36. Tipo hidroquímico del agua superficial en época lluviosa.

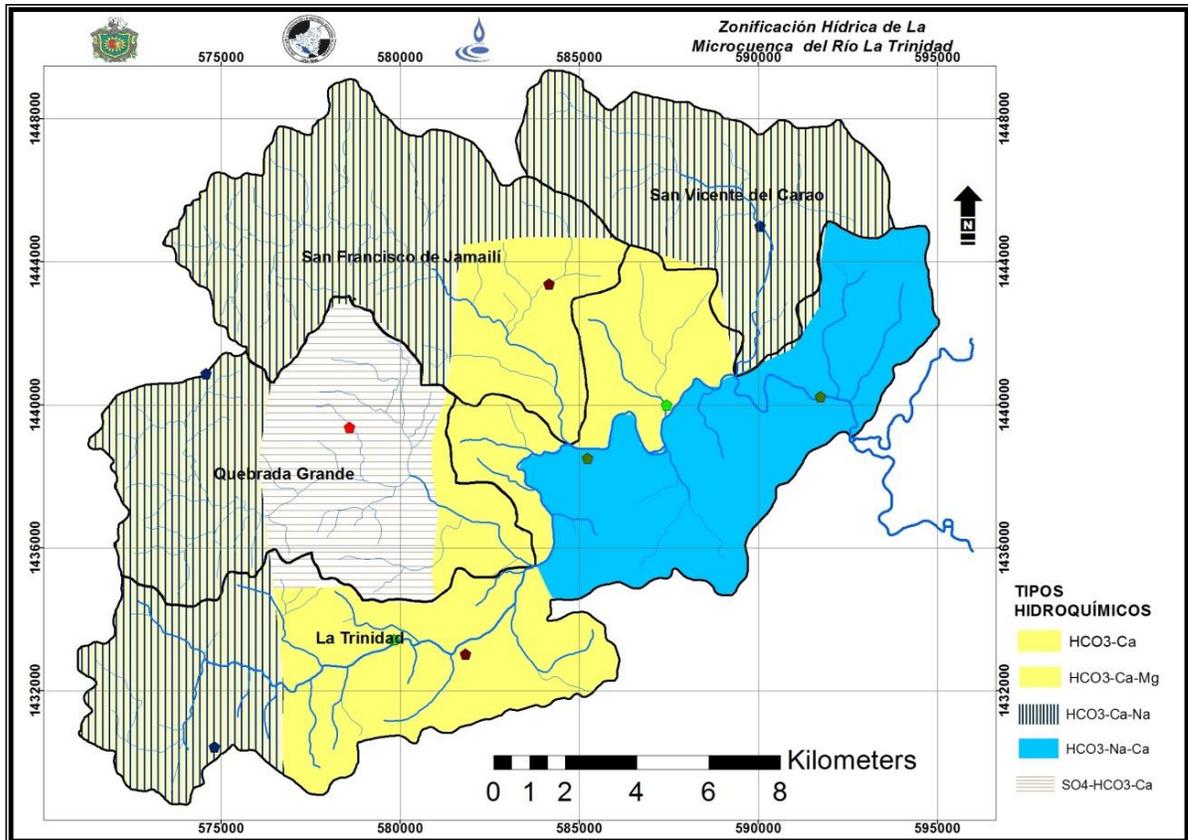
En época seca las aguas superficiales cambian su composición hidroquímica (Mapa 37) en la parte noreste de HCO₃-Ca-Mg a HCO₃-Ca-Na, debido al intercambio iónico; mientras que en el suroeste el agua pasa de HCO₃-Ca en época lluviosa a HCO₃-Ca-Na en época seca. Considerando que el flujo base del río en época seca, proviene del escurrimiento subterráneo donde el agua tiene más contacto con el material geológico, adquiriendo sodio por disolución natural y también puede llegar a las aguas vías contaminación urbana e industrial (Custodio & Llamas, 2001).



Mapa 37. Comportamiento hidroquímico del agua superficial en época seca.

En cambio, las aguas subterráneas conservan su característica sin influencia de la época marcándose bien los tipos hidroquímicos en la microcuenca y con base a estos se delimitaron cuatro (4) zonas (Mapa 38).

1. Bicarbonatada-cálcica-sódica, se encuentran bordeando la microcuenca, abarcando las partes altas. Prácticamente son aguas relativamente jóvenes debido al predominio de los iones bicarbonato y calcio.
2. Las aguas bicarbonatado-cálcicas y bicarbonatada-cálcica-magnésica, son aguas que están sentadas sobre el acuífero en la zona de La Trinidad y en La Cañada. El manantial La Cañada es del tipo bicarbonatado-cálcico, evidenció de que las aguas subterráneas son de reciente infiltración.



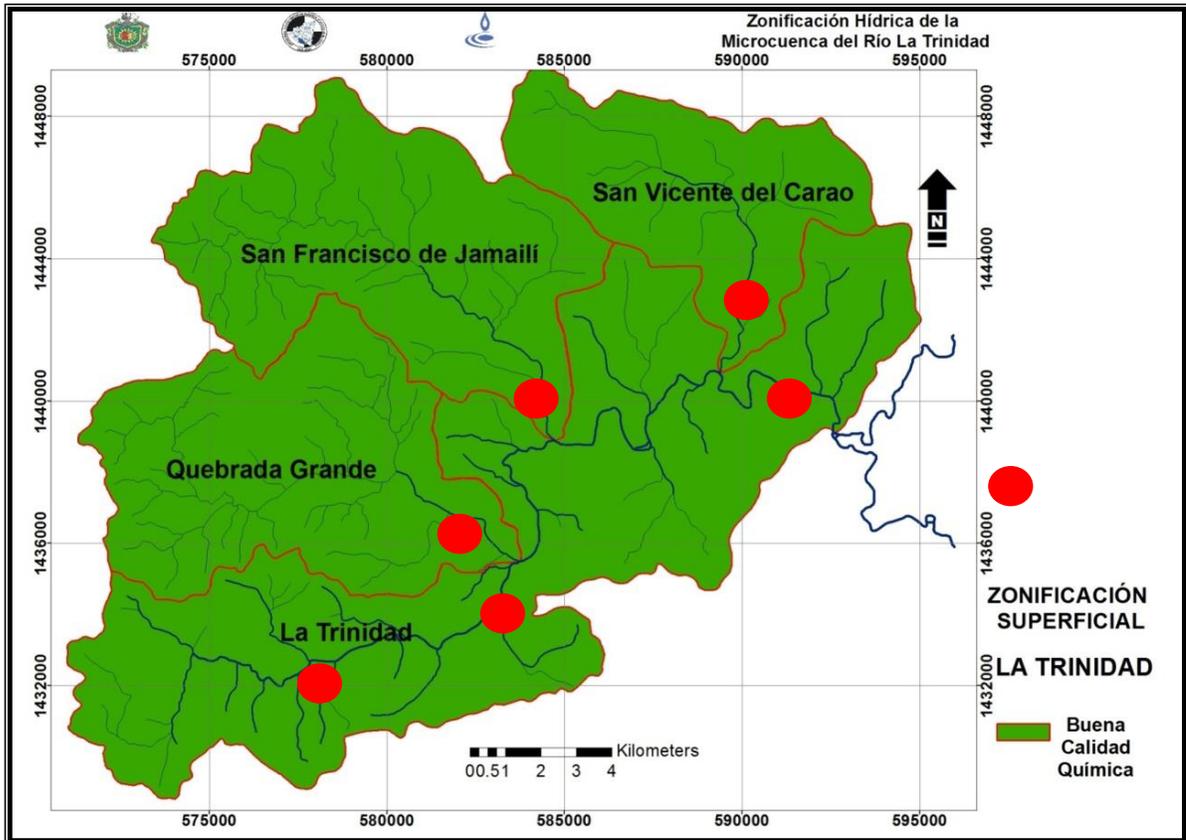
Mapa 38. Zonificación por tipo hidroquímico de las aguas subterráneas.

3. Las aguas sulfatadas-bicarbonatadas-cálcicas predominan la zona de Tomabú. Debido a la altura de la zona, los pozos son más profundos. El hecho de tener presente el sulfato puede ser disolución del material geológico ya que es el pozo con el NEA más profundo y sobre tipo todo que se encuentra ubicado sobre una falla.
4. Bicarbonatada-sódica-cálcica, en la parte sureste de la microcuenca, indicando un agua con mayor recorrido dentro del acuífero, debido al intercambio catiónico dado de un agua cálcica a sódica, característica de zonas de descarga.

4.8.5 Zonificación de calidad de las aguas

4.8.5.1 Aguas superficiales

Las aguas superficiales presentaron buena calidad química lo que se refleja en el Mapa 39, no representan problemas de salinización de los suelos. Estas aguas podrían ser usadas para agricultura para irrigar algunos cultivos que no sean consumidos sin cocer debido al alto contenido de coliformes termotolerantes.



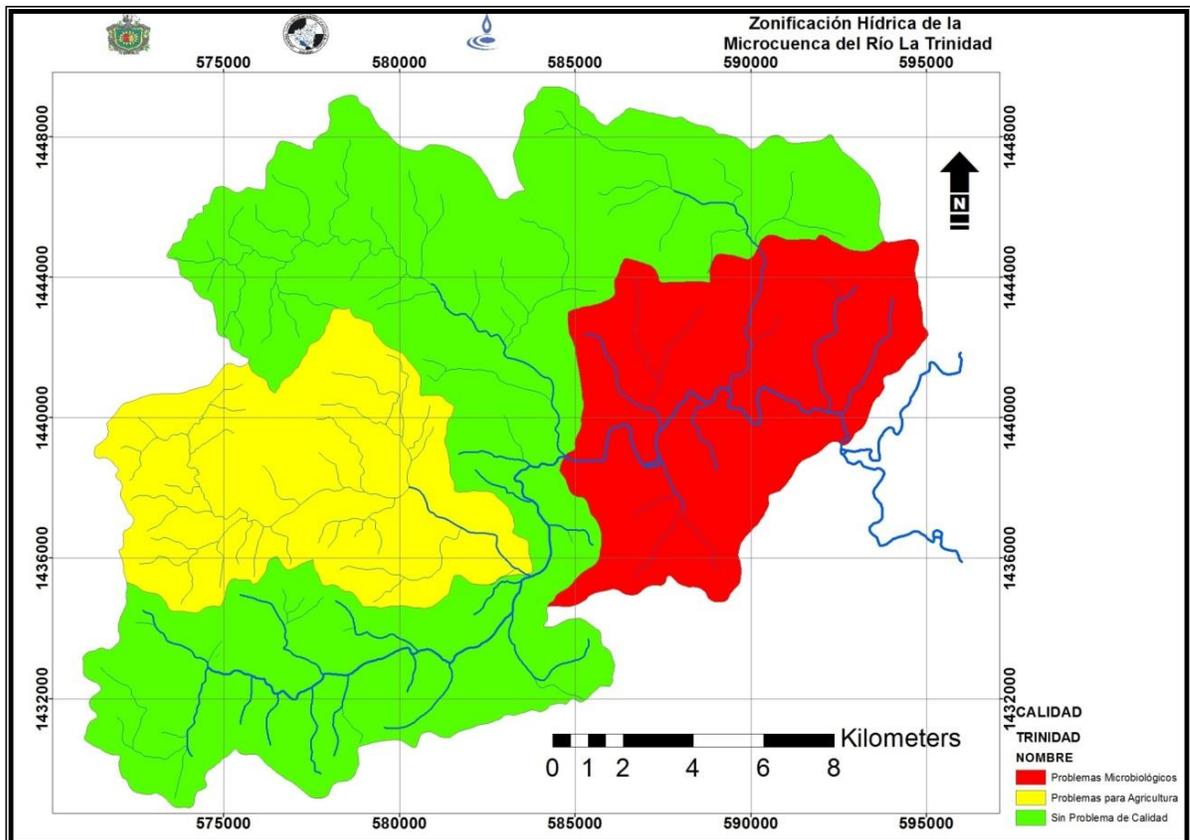
Mapa 39 Zonificación de las aguas superficiales con base en la calidad.

Cabe señalar que la calidad de estas aguas es determinada por el régimen de precipitación, una época lluviosa buena permite que haya flujo de agua y por ende el factor de dilución va ser determinante para esta calidad.

4.8.5.2 Aguas subterráneas

En lo que respecta a la calidad de las aguas subterráneas (Mapa 40), se reflejan tres zonas:

- 1) Contaminación microbiológica debido al mal manejo de los pozos, se presenta en las zonas de Las Lajas y Las Quebradas.
- 2) A la dureza del agua y el SAR (Índice de Absorción de Sodio Residual) , esto asociada a la composición geológica; se observa en Tomabú y Santa Cruz. La dureza y el SAR afectan el uso para riego del agua en la zona de Tomabú ya que ésta provocaría la salinización de los suelos.
- 3) Químicamente las aguas subterráneas de la microcuenca son aptas para consumo humano.



Mapa 40. Zonificación de las aguas subterráneas con base en la calidad.

V. CONCLUSIONES

1. Los tensores ambientales que más inciden en la zonificación de la calidad de las aguas son las aguas residuales domésticas, el mal manejo de los desechos sólidos, las actividades agrícolas y ganaderas.
2. La disponibilidad de los recursos hídricos superficiales se ve limitada por las actividades que se realizan en la microcuenca, que reflejan un déficit hídrico en 3 unidades de drenaje; Quebrada Grande, San Francisco de Jamailí y San Vicente del Carao. Siendo la red de drenaje La Trinidad la única que conserva agua todo el año.
3. La disponibilidad de las aguas subterráneas de la microcuenca, está limitada por el tipo de suelos, en su mayoría ultisoles localizados al Nor-noroeste de la microcuenca seguido por los molisoles. La disponibilidad subterránea es potenciada por el sistema de fallas que corren paralelamente al cauce de los ríos.
4. El movimiento del flujo subterráneo revelado mediante piezometría, indica que éste es mayoritario de Noroeste a Sureste en dirección hacia el río Viejo, siguiendo la morfología de la microcuenca.
5. Tanto los isótopos ambientales como la hidroquímica de los sitios monitoreados concordaron en determinar una recarga local en la microcuenca.
6. Las aguas superficiales químicamente son aptas para consumo e irrigación, aunque el alto contenido de indicadores microbiológicos condicionan su uso, lo que es confirmado por los indicadores hidrobiológicos que la categorizan como Regular pobre en términos ecológicos.
7. El significativo incremento del nitrógeno en época lluviosa se atribuyó a los aportes directos de las heces del ganado y desechos humanos, así como al escurrimiento desde suelos fertilizados y a las aguas grises. El fósforo, mayoritariamente orgánico, se debe al aporte proveniente de la ganadería.

8. Las fuentes subterráneas, contienen aguas con naturaleza física y química que las hacen aptas para consumo humano e irrigación; cuyo indicio de contaminación fecal en las fuentes ubicadas en el sureste de la microcuenca. La zonificación de las aguas subterráneas presenta peligro de salinización de medio a alto únicamente en el sector noroeste de la microcuenca.
9. La zonificación de la microcuenca define 2 zonas hidrogeológicas: Área de recarga y Acuíferos: fracturado con una cobertura del 92% de la microcuenca y el aluvial (poroso) con el 8%.
10. La zonificación respecto a la disponibilidad superficial muestra que la microcuenca está sometida a un estrés hídrico con un mínimo de agua en la red de drenaje principal.
11. La zonificación respecto a la disponibilidad subterránea muestra que las redes de drenaje de San Francisco y La Trinidad son donde se encuentran la mayor cantidad de agua.
12. Hidroquímicamente las aguas superficiales se zonifican como bicarbonatada-cálcica; en cambio las aguas subterráneas presentan 4 zonas que muestran la evolución geoquímica de las aguas pasando de las bicarbonatadas cálcicas características de la zona de recarga hasta las bicarbonatadas sódicas características de la zona de descarga.
13. La zonificación superficial define como una sola zona la cuenca con buena calidad química pero no aptas microbiológicamente. En cambio las aguas superficiales muestran que químicamente son aptas para consumo y riego. En la zona sureste una alerta microbiológica; y una zona sur con problemas de salinización de los suelos debido a las altas conductividades eléctricas.

VI. RECOMENDACIONES

1. Diseñar un programa para el manejo y la conservación de las zonas de recarga en la microcuenca, enfocada en la protección y reforestación de los bosques, y de acuerdo al tipo de suelos incentivar cultivos que aumenten la recarga hídrica.
2. Realizar campañas y ferias educativas en la población que brinde la información necesaria como proteger y conservar las fuentes de aguas subterráneas (manantiales y pozos) como únicas fuentes de agua potable y seguras en la microcuenca.
3. Promover entre los productores a través de las municipalidades y ONG, cultivos que estén de acuerdo a la calidad de las aguas superficiales, que permitan la sostenibilidad económica y ambiental de la microcuenca para evitar la avanzada erosión de los suelos y darle un mejor uso al agua.
4. Elaborar un plan para el tratamiento de las fuentes subterráneas que se utilizan para consumo humano mediante la distribución de dispositivos sencillos de desinfección para garantizar la seguridad sanitaria del agua en conjunto con la institución encargada del control (ENACAL) las autoridades sanitarias (MINSA).
5. Promover la construcción progresiva de sistemas domiciliarios de tratamiento de las aguas grises en las zonas rurales y la construcción de la red de alcantarillado sanitario y del sistema de tratamiento de aguas residuales para el municipio de La Trinidad.
6. Aumentar el nivel de cobertura para la recolección de los desechos sólidos y promover la separación de estos en orgánicos e inorgánicos en las escuelas e instituciones públicas.
7. Establecer un sistema efectivo de control sobre las actividades a través de un inventario que permita conocer e identificar todas las actividades que se realizan o desarrollan en las zonas aledañas a las fuentes de aguas tanto superficiales y subterráneas.

8. Establecer un sistema de monitoreo continuo de los niveles de aguas superficiales y aguas subterránea, para tener un control sobre la producción y explotación de los recursos hídricos.
9. Colaborar con las Alcaldías e instituciones del estado para ejecutar investigaciones sobre los recursos hídricos, donde se incluyan directamente a la comunidad, productores, ganaderos y CAPS.
10. El uso de las aguas subterráneas para consumo humano tiene que ser priorizado sobre los demás usos; sobre todo es importante darle atención a la microcuenca para fomentar la recarga hídrica mediante la reforestación y cambio de las prácticas agrícolas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Alvarez, G. (5 de 3 de 2009). *El Nuevo Diario*. Recuperado el 20 de 6 de 2012, de <http://archivo.elnuevodiario.com.ni/2009/03/05/economia/96833>

APHA; AWWA; WEF. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*.

Appelo, C., & Postma, D. (2005). *Geochemistry, groundwater and pollution*. Amsterdam: CRS Press.

Ayers, R., & Wescot, D. (1976). *water quality for agriculture*. Roma: FAO/UNESCO.

Bar, Y. (2012). *www.unap*. Recuperado el 21 de 06 de 2012, de <http://www.unap.cl/~agrodes/publicaciones/zonasaridas/fertirriego/salinidad.pdf>

CAPRE. (1994). *Normas de Calidad de Agua para Consumo Humano* (Primera ed.). San José, Costa Rica: Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana.

Castillo, E., & otros, y. (2006). Situación de los Recursos Hídricos en Nicaragua. *Boletín Geológico y Minero*, 127-146.

CCME. (2004). *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: PHOSPHORUS: CANADIAN GUIDANCE FRAMEWORK FOR THE MANAGEMENT OF FRESHWATER SYSTEMS*. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment.

CCME. (2008). *Canada Water Quality Guidelines*.

CIRA-UNAN. (febrero de 2013). *Estudio de Calidad y Disponibilidad de los Recursos Hídricos de la Subcuenca del río Viejo*. Managua.

Corrales, D. (2005). *Estudio hidrogeológico del funcionamiento del acuífero de Estelí*. Managua.

Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2004). *Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Bogotá: McGraw Hill.

Custodio, E., & Llamas, M. R. (2001). *Hidrología subterránea*. Barcelona: Ediciones Omega S.A.

Delgado Diaz, C., Fall, C., Quentin, E., & Otros. (s.f.). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. Recuperado el 20 de 4 de 2011, de Hidrored: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/index.html#>

Fenzl, N. (1989). *Nicaragua: geografía, clima, geología y hidrogeología*. Belem: UFPA/INETER/INAM.

Fernández, A., Letón, P., & Otros. (2006). *Tratamiento avanzados de aguas residuales industriales*. Madrid: CEIM.

Furdada, G., Calderón, L., & Marqués, M. (2008). Flood hazard map of La Trinidad (NW Nicaragua). *Nat Hazards*, 183-195.

INETER; INDUROT, ITGE. (1999). *Peligrosidad por movimientos de ladera en Nicaragua. Cartografía piloto de la zona de La Trinidad*.

INIDE. (2005). *VII censo de población y IV de vivienda*. Recuperado el 20 de 05 de 2010, de <http://www.inide.gob.ni/censos2005/MONOGRAFIASD/ESTELI.pdf>

INIFOM. (2010). *INIFOM*. Recuperado el 6 de 12 de 2010, de http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/ESTELI/la_trinidad.pdf

Kelly, M. (2001). *The Trophic Daitom Index: A User Manual*. Uk: WRC.

Ladrach, W. (1999). *El efecto del fuego en los ecosistemas agrícolas y forestales*. Maryland: ISTF.

Losilla, M., Rodriguez, H., Schosinsky, G., Stimsson, J., & Bethune, D. (2011). *Los acuíferos volcánicos y el desarrollo sostenible en América Central*. San José: Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua*. Colombia: Imprenta Nacional Colombiana.

Mook, W. (2002). *Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico, principios y aplicaciones*. Madrid: IGME.

Mora, R. (29 de 05 de 2012). *Carretera Panamericana partida por lluvias*. Recuperado el 30 de 05 de 2012, de LA PRENSA: <http://www.laprensa.com.ni/2012/05/29/departamentales/103089>

Naciones Unidas. (3 de 8 de 2010). *Asamblea general*. Recuperado el 12 de 10 de 2010, de Naciones Unidas: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292&Lang=S

ONU. (13 de 10 de 2005). *La adaptación al cambio climático*. Recuperado el 20 de marzo de 2012, de www.unwater.org: http://www.unwater.org/downloads/UNWclimatechange_ES.pdf

Ramírez, A., & Viña, G. (1998). *Limnología Colombiana Aporte a su conocimientos y estadísticas de análisis*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá.

Ramírez, J., & Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch Prev Riesgo Labor*, 67-75.

Rand, G. M. (1995). *FUNDAMENTALS OF AQUATIC TOXICOLOGY: Effects, Enviromental Fate and Risk Assessmente* (segunda ed.). Florida: Taylor y Francis.

Roldán, G., & Ramírez, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Schosinky, G., & Losilla, M. (2000). Modelo Analítico para determinar la Infiltración con base en la lluvia mensual. *Revista Geológica de Centroamérica*, 23, 43-55.

Sierra, C. A. (2011). *Calidad del agua, evaluación y diagnóstico*. Medellín : Ediciones de la U.

TNO committee on hidrological research. (1985). *Water in urban areas*. Amsterdam: J.C. Hooghart.

UNESCO. (1981). *Métodos de cálculo del balance hídrico*. España: Comité Español para el programa Hidrológico Internacional.

UNESCO PRENSA. (13 de 10 de 2005). *PORTAL.UNESCO.ORG*. Recuperado el 21 de FEBRERO de 2013, de http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=30103&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html

USDA NRCS. (2010). *Clave para la Taxonomía de los Suelos*.

World Health Organization. (2008). *Guidelines for drinking-water Quality* (3 ed., Vol. 1). Geneva, Italia: World Health Organization.

www.uralchem.com. (s.f.). Recuperado el 19 de octubre de 2012, de http://www.uralchem.com/eng/production_and_services/795/3257/3258/

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Datos hidrometeorológicos de precipitación y temperatura en las estaciones Jinotega y San Isidro en el período de 1984 al 2010.

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL													
Estación: - JINOTEGA / JINOTEGA							Latitud: 13° 05' 06" N						
Código: 55 020							Longitud: 85° 59' 48" W						
Años: 1994 - 2010							Elevación: 1032 msnm						
Parámetro: precipitación (mm)							Tipo: HMP						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Diciembre	Suma
1984	32.3	15.7	21.7	0.0	19.2	129.4	96.1	201.3	337.2	99.5	27.3	56.5	1036.2
1985	24.7	25.5	7.8	24.1	108.2	112.0	122.8	153.6	79.7	225.1	80.1	46.5	1010.1
1986	17.4	10.7	4.8	1.8	237.6	225.3	163.6	79.7	128.3	142.2	75.7	45.7	1132.8
1987	22.9	2.1	6.7	0.3	38.1	123.7	279.7	218.6	95.9	110.1	25.1	54.5	977.7
1988	49.5	34.5	20.1	47.7	177.8	219.6	138.7	416.7	363.6	333.9	34.8	61.9	1898.8
1989	81.3	48.7	5.2	0.9	70.5	212.8	168.0	80.1	213.2	35.6	109.8	33.3	1059.4
1990	38.7	26.0	22.2	17.5	201.3	137.3	89.8	144.2	136.4	85.7	167.4	45.2	1111.7
1991	26.7	34.4	3.8	4.9	130.5	86.2	96.6	59.5	98.9	152.8	50.6	43.9	788.8
1992	26.5	10.3	5.1	2.2	71.3	72.4	171.9	104.4	185.5	141.8	22.2	107.8	921.4
1993	80.9	14.5	11.3	6.0	362.0	170.0	103.1	192.4	325.9	78.3	50.6	61.7	1456.7
1994	30.9	34.9	17.3	29.3	54.8	95.2	75.3	98.9	155.6	151.0	113.1	35.5	891.8
1995	11.2	9.7	37.4	68.3	48.0	425.2	125.7	442.5	223.1	220.8	56.7	46.5	1715.1
1996	43.8	20.7	9.9	2.5	209.1	105.7	250.2	216.1	188.1	382.6	203.8	22.7	1655.2
1997	30.7	22.3	33.8	1.0	0.9	304.9	97.5	41.6	241.2	185.2	130.1	7.2	1096.4
1998	8.8	0.0	29.9	5.0	125.4	105.1	146.1	141.3	259.1	916.7	137.0	59.3	1933.7
1999	64.6	61.3	10.5	11.1	76.3	165.3	134.4	110.9	242.3	196.3	42.2	15.3	1130.5
2000	47.9	21.2	8.2	0.8	83.3	131.9	99.0	53.7	325.8	156.8	42.0	34.5	1005.1
2001	26.7	35.6	1.5	0.4	134.0	88.7	68.2	123.3	154.1	91.3	60.6	30.3	814.7
2002	23.4	11.4	23.4	39.2	140.9	308.2	180.5	107.4	113.4	160.4	80.4	39.2	1227.8
2003	40.0	8.0	16.0	9.9	152.1	314.5	110.6	128.2	118.0	81.4	82.9	27.9	1089.5
2004	30.6	21.4	30.9	27.0	125.6	156.5	100.9	106.1	235.5	105.7	109.1	15.9	1065.2
2005	14.0	12.8	10.9	34.3	136.6	415.1	232.6	210.7	136.2	282.2	66.7	37.0	1589.1
2006	45.1	24.4	15.7	3.6	64.6	189.8	199.8	72.3	112.3	179.6	65.6	69.7	1042.5
2007	15.3	30.3	29.2	9.8	138.6	120.1	111.3	262.6	302.6	391.0	99.3	45.9	1556.0
2008	58.1	28.1	15.1	14.7	268.2	191.0	211.3	98.5	106.1	365.1	25.8	28.2	1410.2
2009	31.8	27.1	7.3	2.4	190.4	89.0	195.7	83.3	45.3	119.3	89.2	40.8	921.6
2010	17.0	28.2	1.9	122.0	335.2	198.5	197.1	140.2	92.8	106.0	97.6	69.2	1405.7
Suma	940.8	619.8	407.6	486.7	3700.5	4893.4	3966.5	4088.1	5016.1	5496.4	2145.7	1182.1	32943.7
Media	34.8	23.0	15.1	18.0	137.1	181.2	146.9	151.4	185.8	203.6	79.5	43.8	1220.1
Máximo	81.3	61.3	37.4	122.0	362.0	425.2	279.7	442.5	363.6	916.7	203.8	107.8	1933.7
Mínimo	8.8	0.0	1.5	0.0	0.9	72.4	68.2	41.6	45.3	35.6	22.2	7.2	788.8

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA													
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL													
Estación: - RAUL GONZALEZ / SAN ISIDRO							Latitud: 12° 54' 48" N						
Código: 69 132							Longitud: 86° 11' 30" W						
Años: 1994 - 2010							Elevación: 480 msnm						
Parámetro: precipitación (mm)							Tipo: AG						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Suma
1984	2.1	0.0	13.9	5.6	6.3	93.5	109.1	216.8	276.6	58.7	5.2	5.8	793.6
1985	0.0	0.0	1.0	0.0	74.1	82.2	67.5	93.9	91.4	217.0	92.5	0.4	720.0
1986	0.0	10.1	0.8	0.0	177.5	49.9	64.1	89.9	97.3	60.0	13.1	2.4	565.1
1987	10.5	0.3	6.2	0.0	55.8	113.7	133.1	100.7	180.2	57.3	1.4	42.1	701.3
1988	0.4	1.3	22.3	103.7	115.7	166.2	55.8	78.3	129.2	93.3	47.3	44.7	858.2
1989	0.2	0.9	0.0	0.0	33.8	131.5	150.0	184.9	166.5	57.0	20.0	15.6	760.4
1990	0.0	0.5	0.0	21.0	117.1	87.7	75.8	67.8	111.2	143.6	107.6	7.3	739.6
1991	1.6	1.0	0.0	1.6	182.1	96.0	17.9	14.2	121.4	96.3	40.2	0.3	572.6
1992	0.3	5.7	0.0	0.0	73.1	130.9	70.3	43.5	188.0	57.6	29.7	8.1	607.2
1993	7.6	0.0	0.9	0.9	275.3	208.4	61.6	69.6	335.2	129.4	13.9	1.6	1104.4
1994	1.5	1.8	2.0	84.6	91.6	154.9	21.8	70.8	198.7	112.4	88.9	2.0	831.0
1995	0.4	0.0	67.5	57.7	129.0	184.6	32.4	438.3	296.0	321.9	18.7	15.9	1562.4
1996	9.6	0.0	37.5	2.6	149.5	43.2	204.4	215.3	101.1	340.4	221.8	0.6	1326.0
1997	2.5	0.0	18.8	5.9	10.1	252.0	97.6	11.4	102.1	147.8	42.2	0.0	690.4
1998	0.0	0.0	3.5	0.0	125.8	92.6	44.8	154.9	139.7	888.4	65.0	3.2	1517.9
1999	10.1	1.8	1.7	8.8	56.3	144.3	95.4	101.7	265.5	215.0	11.9	0.0	912.5
2000	0.0	0.1	0.9	0.0	71.0	70.7	87.0	69.7	294.9	82.6	12.3	0.7	689.9
2001	0.0	0.1	6.2	0.0	260.1	77.4	39.2	57.7	107.7	102.3	9.7	1.1	661.5
2002	0.9	1.3	0.7	5.0	175.9	182.6	68.7	27.2	134.3	110.5	15.9	0.8	723.8
2003	0.7	0.1	18.0	0.0	129.3	231.4	43.7	38.4	134.5	159.7	46.1	0.5	802.4
2004	0.4	0.3	0.7	12.5	86.1	58.7	125.3	95.2	167.9	57.1	14.0	0.2	618.4
2005	1.8	10.0	1.9	4.6	175.0	252.0	134.6	127.1	129.9	148.2	9.1	4.4	998.6
2006	2.5	0.4	0.0	4.8	74.4	157.3	63.2	40.9	126.5	112.8	83.7	11.5	678.0
2007	0.5	9.2	7.7	14.9	115.8	78.5	39.4	194.0	186.8	304.6	54.6	13.5	1019.5
2008	5.5	0.8	0.5	5.5	276.9	147.6	213.1	131.0	174.4	317.1	8.1	0.9	1281.4
2009	2.5	0.9	0.7	0.0	161.4	189.7	59.0	32.0	40.8	61.2	70.7	22.6	641.5
2010	1.2	28.4	11.7	115.3	425.8	198.4	128.7	80.4	60.6	60.9	65.8	44.2	1221.3
Suma	62.8	75.0	225.1	455.0	3624.8	3675.9	2303.5	2845.5	4358.4	4513.1	1209.4	250.4	23598.9
Media	2.3	2.8	8.3	16.9	134.3	136.1	85.3	105.4	161.4	167.2	44.8	9.3	874.0
Máximo	10.5	28.4	67.5	115.3	425.8	252.0	213.1	438.3	335.2	888.4	221.8	44.7	1562.4
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	43.2	17.9	11.4	40.8	57.0	1.4	0.0	565.1

<p style="text-align: center;">INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES</p> <p style="text-align: center;">DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA</p> <p style="text-align: center;">RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL</p>													
<p>Estación: - JINOTEGA / JINOTEGA</p> <p>Código: 55 020</p> <p>Años: 1994 - 2010</p> <p>Parámetro: temperatura media (°C)</p>							<p>Latitud: 13° 05' 06" N</p> <p>Longitud: 85° 59' 48" W</p> <p>Elevación: 1032 msnm</p> <p>Tipo: HMP</p>						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
1984	18.3	19.2	20.1	21.7	21.7	21.2	20.2	20.2	20.3	20.3	18.7	18.5	20.0
1985	17.8	18.5	19.9	21.1	21.9	20.9	20.4	20.5	20.8	20.2	19.8	19.1	20.1
1986	18.3	19.6	19.8	21.6	22.0	20.9	20.3	21.0	20.6	20.5	20.2	19.3	20.3
1987	19.0	19.8	21.8	22.6	22.7	22.3	20.9	21.3	21.6	21.3	21.0	20.4	21.2
1988	19.4	19.9	21.1	22.2	22.2	21.5	21.1	20.9	20.8	20.6	20.4	18.8	20.8
1989	18.8	18.2	19.9	21.5	22.6	21.0	20.7	21.2	20.8	20.8	20.1	19.0	20.3
1990	19.4	20.1	21.3	23.1	22.5	21.9	21.3	22.0	22.0	20.9	20.0	19.1	21.1
1991	19.2	19.3	21.0	21.9	22.2	21.8	21.5	21.3	21.6	20.9	19.9	19.5	20.8
1992	19.4	20.1	21.0	22.8	22.8	22.3	20.6	20.9	20.7	20.8	20.5	19.4	20.9
1993	19.2	19.7	20.4	22.5	22.0	21.6	21.2	20.7	20.5	20.9	20.4	19.4	20.7
1994	19.2	19.6	20.7	21.7	22.2	21.4	21.0	21.3	21.2	21.1	20.3	19.7	20.8
1995	19.5	19.9	21.6	22.6	22.6	22.2	21.6	21.8	21.7	21.6	20.5	20.0	21.3
1996	19.0	19.5	20.4	22.6	21.7	21.8	21.2	21.1	21.6	21.1	20.2	19.4	20.8
1997	19.2	19.9	20.6	22.5	23.0	21.4	21.7	22.0	21.9	21.5	20.8	20.1	21.2
1998	20.4	21.5	21.8	23.4	23.5	22.5	21.8	22.1	21.7	21.0	20.6	19.8	21.7
1999	19.5	19.2	20.2	21.9	22.2	21.5	21.2	21.6	21.2	20.6	19.8	18.8	20.6
2000	18.6	19.0	20.7	22.0	22.4	21.5	21.1	21.7	21.3	20.6	20.3	19.4	20.7
2001	18.6	19.5	20.6	22.0	22.8	21.5	21.3	21.7	21.4	21.4	20.3	20.1	20.9
2002	19.5	19.9	20.9	21.7	22.0	21.7	21.5	21.9	22.1	21.4	20.5	20.4	21.1
2003	19.5	20.9	22.0	22.9	23.0	22.0	21.6	21.9	22.3	21.8	20.9	19.7	21.5
2004	19.5	20.2	20.7	22.2	22.2	21.5	21.4	21.6	21.7	21.5	20.1	19.5	21.0
2005	19.1	19.6	22.7	23.3	22.8	22.2	22.0	22.0	21.9	21.2	20.3	19.9	21.4
2006	19.6	19.3	20.7	22.5	23.0	21.9	21.8	22.2	22.0	21.9	20.4	20.3	21.3
2007	20.2	20.5	21.4	22.9	23.5	22.2	21.5	21.7	21.5	20.8	20.0	19.7	21.3
2008	19.1	20.1	20.8	22.0	22.7	21.7	21.1	21.8	22.1	20.9	19.7	19.4	21.0
2009	19.6	19.4	20.3	22.3	22.1	22.4	21.7	22.0	22.5	21.9	20.9	20.6	21.3
2010	19.5	21.3	22.0	23.2	22.4	22.3	22.0	22.0	22.3	22.1	21.5	21.0	21.8
Suma	518.4	533.7	564.4	602.7	606.7	587.1	573.7	580.4	580.1	569.5	548.1	530.3	565.9
Media	19.2	19.8	20.9	22.3	22.5	21.7	21.2	21.5	21.5	21.1	20.3	19.6	21.0
Máximo	20.4	21.5	22.7	23.4	23.5	22.5	22.0	22.2	22.5	22.1	21.5	21.0	21.8
Mínimo	17.8	18.2	19.8	21.1	21.7	20.9	20.2	20.2	20.3	20.2	18.7	18.5	20.0

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA													
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL													
Estación: - RAUL GONZALEZ / SAN ISIDRO							Latitud: 12° 54' 48" N						
Código: 69 132							Longitud: 86° 11' 30" W						
Años: 1994 - 2010							Elevación: 480 msnm						
Parámetro: temperatura media (°C)							Tipo: AG						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
1984	23.8	24.5	25.3	26.5	26.2	25.4	24.6	24.5	24.0	24.3	23.4	24.0	24.7
1985	23.1	24.0	25.0	25.6	25.5	24.9	24.5	24.7	24.5	23.7	23.8	24.0	24.4
1986	23.5	23.8	24.8	26.1	25.9	24.9	24.7	25.0	24.6	24.3	24.6	24.4	24.7
1987	24.1	24.4	26.0	27.0	26.7	26.0	24.6	25.0	25.0	25.0	25.7	25.0	25.4
1988	24.7	24.9	25.6	25.8	25.6	24.4	24.6	25.1	24.9	25.1	25.6	24.8	25.1
1989	25.1	25.0	24.8	26.6	27.6	25.7	25.8	25.1	24.7	25.1	25.5	24.6	25.5
1990	25.4	25.1	25.9	27.2	27.0	26.2	26.0	26.2	25.1	24.3	24.1	23.9	25.5
1991	23.9	24.3	25.5	26.3	25.6	25.1	25.9	26.4	25.3	24.1	24.4	24.4	25.1
1992	24.2	24.8	25.4	27.4	26.7	25.8	25.0	25.5	25.0	24.9	24.9	25.0	25.4
1993	24.9	25.2	25.7	27.4	25.6	25.4	25.4	25.2	24.3	24.8	25.3	24.8	25.3
1994	24.5	24.8	26.0	27.0	26.4	25.4	26.0	25.4	25.2	24.5	24.1	24.3	25.3
1995	24.4	24.8	25.9	26.3	25.7	25.2	25.1	24.4	24.2	24.4	24.5	24.5	25.0
1996	23.7	24.5	24.6	26.7	25.5	25.4	25.0	24.6	24.9	24.4	23.9	24.0	24.8
1997	23.9	25.2	25.2	26.3	27.8	25.1	26.3	26.7	26.6	25.1	25.0	24.4	25.6
1998	25.2	25.9	26.7	28.2	27.6	26.4	26.1	25.8	24.9	24.4	24.3	24.7	25.9
1999	24.4	24.3	24.9	26.5	26.0	25.3	25.3	25.2	24.2	23.8	23.9	24.0	24.8
2000	23.9	24.4	25.1	26.6	26.5	25.6	25.5	25.9	24.6	24.7	24.9	24.9	25.2
2001	24.0	24.6	25.2	26.9	26.9	25.5	25.6	26.2	24.9	25.3	25.2	25.7	25.5
2002	25.1	25.5	26.2	27.1	27.0	25.9	25.6	26.4	25.6	25.2	25.0	25.0	25.8
2003	25.0	25.6	26.4	27.6	27.7	25.4	25.8	25.6	25.5	25.2	24.8	24.7	25.8
2004	24.3	24.9	26.1	26.9	26.5	26.1	25.1	25.8	25.3	25.3	25.1	25.0	25.5
2005	24.6	25.0	27.6	28.0	27.0	25.9	25.6	25.7	25.6	24.4	24.7	24.9	25.8
2006	24.5	24.5	25.5	26.7	26.7	25.5	25.7	26.1	25.4	25.6	24.5	25.0	25.5
2007	24.9	24.8	26.3	27.2	26.9	25.7	25.7	25.0	24.8	23.9	24.2	23.9	25.3
2008	23.7	24.1	25.0	26.1	25.9	25.0	24.3	24.7	24.9	24.0	24.0	24.4	24.7
2009	24.2	24.3	24.7	26.8	26.0	25.3	25.5	26.0	26.1	25.6	24.7	24.6	25.3
2010	24.1	25.5	26.0	26.7	25.3	24.9	25.2	25.6	25.9	25.7	25.2	24.9	25.4
Suma	657.1	668.7	691.4	723.5	713.8	687.4	684.5	687.8	675.9	667.1	665.3	663.8	682.2
Media	24.3	24.8	25.6	26.8	26.4	25.5	25.4	25.5	25.0	24.7	24.6	24.6	25.3
Máximo	25.4	25.9	27.6	28.2	27.8	26.4	26.3	26.7	26.6	25.7	25.7	25.7	25.9
Mínimo	23.1	23.8	24.6	25.6	25.3	24.4	24.3	24.4	24.0	23.7	23.4	23.9	24.4

Anexo 2. Metodología de los análisis de Laboratorios.

Análisis	Método	Unidades	Límite de Detección	Referencia	Edición
MICROBIOLOGIA					
Matriz AGUA					
<i>Escherichia coli</i> por NMP	9221 F ¹	NMP/100 ml	<2	APHA,2005	21st
Coliformes Totales	9221B ¹	NMP/100 ml	<2	APHA,2005	21st
Coliformes Termotolerantes	9221E ¹	NMP/100 ml	<2	APHA,2005	21st
Enterococos Fecales (NMP)	9230 B ¹	NMP/100 ml	<2	APHA,2005	21st
AGUAS NATURALES					
Alcalinidad total	2320.B ¹	mg.l ⁻¹	0,62	APHA,2005	21st
Bicarbonatos	2320B ¹	mg.l ⁻¹	2,00	APHA,2005	21st
Boro	4500B ¹	mg.l ⁻¹	0,02	APHA,2005	21st
Calcio (titrimétrico de EDTA)	3500-Ca.D ¹	mg.l ⁻¹	0,08	APHA,2005	21st
Carbonatos	2320B ¹	mg.l ⁻¹	2	APHA,2005	21st
Cloruros por Cromatografía Iónica	4110 ¹	mg.l ⁻¹	0,25	APHA,2005	21st
Conductividad	2510.B ¹	uS cm ⁻¹	0,01 a 199,9	APHA,2005	21st
Dureza Cálcica	Por cálculo	mg.l ⁻¹			
Dureza total	2340.C ¹	mg.l ⁻¹	0,13	APHA,2005	21st
Fluoruros	4500-F.D ¹	mg.l ⁻¹	0,03	APHA,2005	21st
Hierro total (método por fenantrolina)	3500-Fe.D ¹	mg.l ⁻¹	0,04	APHA,2005	21st
Magnesio (método por cálculo)	3500Mg.E ¹	mg.l ⁻¹	0,20	APHA,2005	21st
Nitratos por Cromatografía Iónica	4110 B ¹	mg.l ⁻¹	0,05	APHA,2005	21st
Nitritos	4500.NO ₂ .B ¹	mg.l ⁻¹	0,003	APHA,2005	21st
pH	4500.H.B ¹	Unidades	0,1 a 14,0	APHA,2005	21st
Potasio por fotometría de llama	3500K.D ¹	mg.l ⁻¹	0,10	APHA,2005	21st
Sílice disuelta	4500-Si.D ¹	mg.l ⁻¹	0,2	APHA,2005	21st
Sodio (Método Electrodo de Ión Selectivo)	3500-Na.B ¹	mg.l ⁻¹	0,18	APHA,2005	21st
Sulfatos por Cromatografía Iónica	4110 B ¹	mg.l ⁻¹	0,25	APHA,2005	21st
Turbidez	2130.B ¹	UNT	1,0 a 100	APHA,2005	21st

1. American Public Association, Standard Methods for the Examination of Waste Water. 21st.ed. Washington .APHA

Análisis	Método	Unidades	Límite de Detección	Referencia	Edición
CONTAMINANTES ORGÁNICOS					
Matriz Agua					
Plaguicidas Organoclorados	Cromatografía de gases con detector de captura de electrones (GC/ECD)			CIRA/UNAN, 2010 ³	
Alpha-HCH		ng.l ⁻¹	0,23		
Beta-HCH		ng.l ⁻¹	0,67		
Delta-HCH		ng.l ⁻¹	0,29		
Gamma-HCH (Lindano)		ng.l ⁻¹	0,36		
4,4'-DDE		ng.l ⁻¹	0,19		
4,4'-DDD		ng.l ⁻¹	0,26		
4,4'-DDT		ng.l ⁻¹	0,82		
Heptacloro		ng.l ⁻¹	0,14		
Heptacloro-epóxido		ng.l ⁻¹	0,11		
Aldrín		ng.l ⁻¹	0,32		
Dieldrín		ng.l ⁻¹	0,16		
Endrín		ng.l ⁻¹	0,28		
Endosulfan I		ng.l ⁻¹	0,25		
Endosulfan II		ng.l ⁻¹	0,11		
Toxafeno		ng.l ⁻¹	8,70		
Plaguicidas Organofósforados				CIRA/UNAN, 2010 ³	
Co-Ral (Conmaphos)	Cromatografía de gases con detector de captura de electrones (GC/ECD)	ng.l ⁻¹	50,00		
DEF (Tribufos)		ng.l ⁻¹	15,00		
Diazinón		ng.l ⁻¹	25,00		
Etil-paratión		ng.l ⁻¹	15,00		
Etión		ng.l ⁻¹	20,00		
Fenamifos		ng.l ⁻¹			
Fentión		ng.l ⁻¹	50,00		
Forate		ng.l ⁻¹	50,00		
Gutión (Azinfos-metil)		ng.l ⁻¹	100		
Malatión		ng.l ⁻¹	25,00		
Metil-paratión		ng.l ⁻¹	15,00		
Mocap (Prophos)		ng.l ⁻¹	50,00		
Terbufos		ng.l ⁻¹	25,00		
Zolone (Phosalone)		ng.l ⁻¹	15,00		

3. Manual de Procedimientos Normalizados del Laboratorio de Contaminantes Orgánicos, PON – CO - 01

Análisis	Método	Unidades	Límite de Detección	Referencia	Edición
AGUAS RESIDUALES					
Demanda Bioquímica de Oxígeno	5210 ¹	mg.l ⁻¹	1,00	APHA,2005	21st
Demanda Química de Oxígeno	5220.C ¹	mg.l ⁻¹	10,00	APHA,2005	21st
Fósforo reactivo disuelto	4500E ¹	mg.l ⁻¹	0,005	APHA,2005	21st
Fósforo Total Disuelto	4500PBC ¹	mg.l ⁻¹	0,250	APHA,2005	21st
Fósforo Total	4500PBC ¹	mg.l ⁻¹	0,50	APHA,2005	21st
Sólidos Disueltos Totales	2540.C ¹	mg.l ⁻¹	5,0 a 20000	APHA,2005	21st
Sólidos Suspensos Totales	2540.D ¹	mg.l ⁻¹	5,0 a 20000	APHA,2005	21st
Sólidos Totales	2540,B ¹	mg.l ⁻¹	5,0 a 20000	APHA,2005	21st
CONTAMINANTES METÁLICOS					
<i>Matriz: Agua</i>					
Arsénico total	VGA - 76 ²	µg.l ⁻¹		VGA75, VARIAN	
FITOBENTOS					
<i>Matriz: Sustrato Geológico</i>					
División Bacillariophyta	Observación directa y clasificación taxonómica	µg.l ⁻¹		Referencias 4,5,6 y 7	

1. American Public Association, Standard Methods for the Examination of Waste Water. 21st.ed. Washington .APHA
2. E .Rothery. 1984. Digestión acida en caliente. Manual de Operación - VGA76, VARIAN
4. Krammer, K. & Lange – Bertalot, H. 1965. Nviculaceae.
5. Krammer, K. & Lange – Bertalot, H. 1991 Baciliariophyceaease.
6. Carter, J.R. 1981. A taxonomy study of the diatoms from standing freshwater in Shertland.
7. Barber, E. & Haworth, E. 1981. A guide to the morphology of the diatoms frustule.

Anexo 3. Encuesta utilizada por MARENA-PIMCHAS para levantar el censo en la microcuenca del río La Trinidad.

AGUA Y SANEAMIENTO			
AGUA Y SANEAMIENTO	¿Tiene sistema o servicio de agua?		
	La toma es propia o del vecino?		
	DE DONDE SE ABASTECE DE AGUA	CON SISTEMA	Toma intradomiciliar
			Toma en el patio
			Puesto público
			PPBM Comunal
			PEBM comunal
		SIN SISTEMA	P comunal rústico
			PE Privado Rústico
			Río
			Quebrada
			Manantial
	Tiene medidor la toma		
	Paga por el servicio		
	Cuánto paga al mes(C\$)		
	Está al día con el pago de agua?		
	¿Cuántos meses debe?		
	Desinfecta el agua de tomar		
	DISTANCIA AL PUNTO DE TOMA	Dentro de la vivienda	
		En el patio	
		Menos de 100m	
		Más de 100m	
	¿COMO ACARREA EL AGUA?	A pie	
A caballo			
En carretón			
Cuántas horas recibe agua al día en el verano?			
¿Considera suficiente la cantidad de agua que recibe?			
¿Cuánto tiempo en horas invierte diario en traer el agua?			
QUIEN ACARREA EL AGUA?			
USO Y ALMACENAMIENTO DEL AGUA	EN QUE UTILIZA EL AGUA DEL SISTEMA?	Bañarse	
		Limpiar la casa	
		Cocinar	
		Lavar	
		Regar plantas	
		Aguar animales	
¿La labor del CAPS la considera?			
El servicio de agua lo considera:			
El agua de tomar es?			

AGUA Y SANEAMIENTO		
EXCRETAS	Tiene letrina?	
	TIPO DE LETRINA	Tradicional
		Tradicional con tubo
		Abonera
		Inodoro
		Estado de letrina (ver letrina)
	¿QUIENES USAN LA LETRINA?	Todos
		Adultos
		Niños/Niñas
		Vecinos/Otros
	¿Cuántas letrinas hay en la vivienda?	
	¿La letrina se llena de agua?	
¿Tiene tapa?		
¿Está tapada?		
Tiene cedazo el tubo de ventilación		
¿Tiene papelera?		
BASURA	QUE HACEN LA BASURA (VER ALREDEDOR DE LA CASA)	La entierran
		La queman
		La botan en el patio
		La botan en el camino
		Hacen abono
		Otro
AGUAS GRISES	QUE HACEN LAS AGUAS GRISES?	¿Hay charcas en el patio o en la vivienda?
		¿Tiene resumidero la casa?
		¿Corre en el patio?
		¿La recoge y riega en el patio?
		La recoge y riega plantas
		¿La depositan en un cauce?
Tiene foso de absorción		
SALUD Y AMBIENTE	QUE HABITOS DE HIGIENE PRACTICA?	Lavado de manos con jabón
		Bañado diario y cambio de ropa
		Recipiente de agua tapado
		Animales fuera de la casa
		Limpieza de la vivienda y patio
	SALUD	Recibe visita del promotor de salud
		Alguna persona de la casa se capacitó en salud y medio ambiente.
	CASOS DE DIARREA EN EL ULTIMO MES	Menores de 1 año
		De 1 a 4 años
		Mayores de 5 años

CENSO SOCIOECONOMICO	
La vivienda es:	
¿Quién es el dueño de la vivienda?	
El techo de la casa es de:	
¿Cuántas divisiones tiene la casa?	
¿Qué tipo de electricidad tiene?	
¿El fogón es?	
¿Tiene cocina de gas?	
¿De dónde trae la leña?	
¿Quién acarrea la leña?	
¿Cuáles son sus principales actividades económicas y cual miembro de la familia participa? (Hombre, Mujer o Ambos)	Agricultura
	Ganadería
	Empleada (o)
	Comerciante
	Pequeña Industria
	Pulpería
	Remesas
	Artesanía
	Otro
La tierra en donde trabaja es:	
¿Cuál es el tamaño de la propiedad?	
¿Está legalizada la propiedad en su nombre?	
¿Quién es el dueño de la propiedad?	
¿A qué cultivo se dedica? Cual miembro de la familias participa? (Hombre, Mujer o Ambos)	Hortalizas
	Frutales
	Café
	Maíz
	Frijol
	Sorgo
	Caña de azúcar
	Papa
No tradicional	
¿Contrata mano de obra?	
¿Trabaja con mano vuelta?	
Ganado mayor	
Ganado menor	
Dueño del ganado mayor	
Cuántas cabezas de ganado mayor tiene	
Pasto Natural	
Pasto mejorado	
Uso de leguminosas	
Banco forrajero	
¿Realiza quema en sus fincas?	
Tipo de quema que realiza?	

CENSO SOCIOECONOMICO	
¿Tiene obras de conservación de suelo?	
TIPO DE OCSAS	Zanja de infiltración
	Barreras Vivas
	Barrera Muerta
	Cercas Vivas
	Deja restos de cosecha en la huerta?
Tiene área de bosques en su propiedad?	
Tiene área reforestada?	
¿Tiene ojos de agua en su propiedad?	
¿Están cercados y protegidos los ojos de agua?	
¿Ha reforestados sus ojos de agua?	
¿Hace cultivo con riego?	
¿Qué tipo de riego usa?	Riego por aspersión
	Riego por gravedad
	Riego por goteo
El agua de riego es:	Superficial
	Subterránea
Usa insumos agrícolas?	
¿QUE TIPOS DE INSUMOS AGRICOLAS USA?	Químicos
	Productos orgánicos
	Abono verde
¿QUE HACE CON LOS ENVASES DE QUIMICOS?	¿Lo deja tirado?
	¿Lo entierra/lo quema?
	¿Lo usan en la casa?
¿Siembra variedades criollas?	
¿Siembra variedades mejoradas?	
¿Ha sembrado No tradicionales de la zona?	
¿Tiene beneficio de café?	
¿Dónde tira el agua miel?	A la quebrada o río
	En foso o hueco
	Otro
¿Hace tratamiento de las aguas mieles?	
¿Hace uso de las aguas miles o pulpa?	
¿Hace obras para mitigar daños a la finca?	
¿QUE TIPOS DE OBRA HACE?	Diques de piedra
	Diques de palo
	Gaviones
	Fosas de infiltración

Anexo 4. Caudales mensuales ($m^3.d^{-1}$).

Río	2011					2012							Promedio	
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	$m^3.d^{-1}$	
La Pacaya	20 342	21 368	62 770	7 928	6 264	2 708	1 116	349	749	67 223	45 295	5 259	20 114	
La Montañita	9 468	7 618	33169	4 172	1 364	1 104	1 384	907	1 812	24 248	11 545	2 119	8 242	
Rosario Abajo	45 691	47 189	166 315	21 345	5 616	6 986	3 294	1 388	2 932	151 862	81 558	20 243	46 202	
Trinidad Casco Urbano	48 154	81 733	163 826	21 853	3 645	8 120	3 085	1 460	2 676	146 926	98 931	11 009	49 285	
Quebrada Grande	38 849	32 892	197 098	30 312	9 387	10 080	4 298	340	1 544	249 204	85 653	13 586	56 104	
Las Ánimas	119 104	94 154	323 893	52 300	19 759	15 524	8 814	6 201	5 414	270 464	200 275	30 794	95 558	
San Francisco de Jamailí	19 270	29 284	160 036	37 037	13 022	4 363	2 591	1 836	3 436	113 943	38 526	6 485	35 819	
San Lorenzo	132 092	128 633	541 510	79 505	44 957	23 890	12 108	3 921	1 998	766 057	251 351	37 560	168 632	
San Vicente del Carao	13 607	47 182	50 309	10 510	2 106	2 906	1 411	1 278	708	248 632	141 880	5 181	43 809	
Las Lajas	215 599	193 798	768 087	95 789	41 541	19 985	36 848	12 207	9 991	1 014 689	358 899	51 049	234 873	
													Mínimo	340
													Máximo	1 014 689

Anexo 5. Resultados de pruebas de infiltración.

Punto	este	norte	Fc
			mm.h ⁻¹
ZONIFICACIÓN			
El Barro	574072	1429085	86,79
La Serpie	573558	1431555	47,13
Santa Cruz	574656	1439804	37,63
San Antonio	576356	1444590	43,62
Tomabú	578688	1439642	117,25
La Cañada	583219	1442679	9,67
Mesa de los espejos1	584702	1435064	5,67
Mesa de los espejos2	584799	1435089	9,00
La Cebadilla	593634	1443157	14,77
Carbonales	579714	1447918	121,10
PIMCHAS			
La Laguna	584924	1438972	68,86
Lagunas Santa Clara	577119	1447868	325,33
Wasuyuca	576155	1441753	138,62
La Trinidad	576155	1441753	1,89
Las Tablas	582423	1440678	64,55
La Nueva	590056	1445356	52,25

Anexo 6. Pozos Perforados inventariados en el estudio.

Nombre	Código	Este	Norte
La Laguna	PP 1	585229	1438509
San Lorenzo; José Francisco Pérez Miranda	PP 2	587455	1439813
Subtiava	PP 3	574575	1440869
Carlos Pérez, El Naranjo	PP 4	574686	1440325
Pozo Comunal Tomabú	PP 5	578582	1439372
La Cañada	PP 6	581846	1442907
Las Lajas - 2	PP 7	591948	1440144
El Espinal	PP 8	578336	1443033
Pozo 5 ENACAL	PP 9	581822	1433029
PP: Las Cámaras	PP 10	574606	1436495
PP: Buena Vista	PP 11	574936	1434861
PP: Las Cuevas	PP 12	577148	1439161
PP	PP 13	579733	1441463
PP	PP 14	583964	1440998
Las Tablas	PP 15	582240	1440445

Anexo 7. Pozos Excavados inventariados en el estudio.

Nombre	Código	Este	Norte
Buena Vista	PE1	575244	1434780
Lagunita	PE2	576189	1433232
Carlos Reyes	PE3	575474	1430697
Abel Escoto Rayo	PE4	575295	1430928
Pozo Nuevo	PE5	580769	1433285
El Naranja	PE6	573185	1440251
Sabana Larga	PE7	572262	1439933
	PE8	572168	1439749
	PE9	572150	1439654
	PE10	571983	1439468
	PE11	571983	1439470
	PE12	571759	1439065
	PE13	572095	1438039
	PE14	572197	1437192
	PE15	572334	1437025
	PE16	572315	1436600
	PE17	572316	1436384
	PE18	532305	1436258
	PE19	575107	1436843
	PE20	575319	1437043
	PE21	576044	1436628
Santa Cruz	PE22	576097	1436602
Marcial Castillo	PE23	576085	1435635
	PE24	576004	1437560
Wasuyuca	PE25	575998	1441427
Pedernal	PE26	574970	1441116
ECM	PE27	578563	1442679
Bayardo Picado	PE28	578875	1442799
Simón Benavides	PE29	578649	1442690

Nombre	Código	Este	Norte
	PE30	576428	1443611
	PE31	576476	1444135
Frente a la Escuela	PE32	584889	1434919
	PE33	584898	1434908
	PE34	584820	1434777
	PE35	584839	1434780
	PE36	584839	1434781
	PE37	584783	1434863
	PE38	583128	1437915
Las Limas	PE39	579242	1441465
	PE40	579327	1441413
	PE41	579531	1441351
	PE42	579576	1441334
	PE43	579669	1441261
	PE44	579750	1441386
	PE45	582603	1436048
	PE46	585881	1436849
	PE47	587641	1436685
	PE48	588080	1437466
	PE49	587843	1437092
	PE50	584876	1440809
	PE51	583977	1441009
	PE52	583318	1440797
	PE53	585631	1439190
	PE54	590055	1441957
	PE55	590056	1441645
	PE56	590059	1442033
	PE57	585567	1439048
	PE58	585293	1438568

Nombre	Código	Este	Norte
	PE59	583645	1435504
	PE60	584799	1438758
	PE61	587678	1439800
	PE62	590049	1441910
	PE63	590058	1443067
	PE64	578298	1429538
La Pacaya	PE65	575474	1430697
Las Ánimas	PE66	584002	1435956
Cooperativa Los Mangos	PE67	585485	1438811
José Daniel Herrera Lanzas	PE68	587608	1439893
El Valle de Licoroy	PE69	589553	1441026
Las Lajas, Miguel Ángel Tercero	PE70	591798	1440134
Las Tablas, Comunal	PE71	582354	1440419
Erasmus Benavides Tenorio	PE72	574661	1439604
Casita de Lodo, San Nicolás	PE73	572295	1429460
Petronila Centeno	PE74	572479	1429323
Rosario Abajo	PE75	579836	1433240
Vilma Julia Mayorga,	PE76	583157	1433674
Parque Municipal de La Trinidad	PE77	582902	1433566
Ivania Herrera	PE78	583597	1432698
Juan Francisco, Cerro La Laguna	PE79	578656	1448350
Rodrigo Altamirano	PE80	578255	1448460
Ernestina Pineda Castillo,	PE81	574791	1438418
Antiguo Pozo comunal Tomabú	PE82	578681	1439449
Oswaldo Martínez	PE83	584478	1434907
La Virtud	PE84	583220	1442465
José Daniel Herrera Lanzas 2	PE85	587806	1439871

Anexo 8. Reservorios de almacenamientos de agua inventariados en el área de estudio.

Nombre	Este	Norte	Elevación msnm	Nombre	Este	Norte	Elevación msnm
L1	573417	1430729	1 064	L25 SC	578370	1448403	1 241
L2	573528	1430987	1 059	L26SC	579206	1447989	1 227
L3	573634	1431248	1 032	L27C	579682	1447731	1 181
L4	573484	1431233	1 093	L28C	580912	1447260	1 145
L5	573797	1431746	1 059	L29C	581067	1447180	1 140
L6	573798	1431800	1 062	L30C	581821	1447082	1 148
L7	573816	1431921	1 070	L31	577621	1441860	1 168
L8	573864	1432006	1 060	L32	586097	1436780	650
L9	573828	1432126	1 062	L33	585923	1436300	702
L10	573881	1432410	1 043	L34	585487	1435617	815
L11	572993	1432450	1 219	L35	584845	1434807	900
L12	573508	1440340	1 035	L36	580398	1440927	957
L13	572802	1440237	1 077	L37	582581	1436897	663
L14	572373	1439997	1 069	L38	593561	1443006	890
L15	571759	1439065	1 111	L39	590471	1446774	854
L16	572114	1437498	1 162	L40	590597	1446802	903
L17	572316	1436384	1 182	L41	590596	1447803	903
L18	574183	1436260	1 021	L42	590424	1447953	914
L19	576739	1438612	1 055	L43	590445	1447982	912
L20 SC	577917	1447464	1 231	L44	590408	1448007	914
L21SC	577917	1448009	1 250	L45	590397	1448000	911
L22 SC	578130	1448245	1 249	L46	590380	1448000	911
L23 SC	578160	1448245	1 249	L47	584810	1438240	640
L24 SC	578190	1448245	1 249	L48	590524	1448334	878

Anexo 9. Manantiales y Fuentes de Agua inventariados en el área de estudio.

Punto	Código	Este	Norte
Buena Vista	FA1	575214	1434502
Lagunita	FA2	576189	1433232
Pacaya	FA3	575495	1431050
La Lagunita	FA4	576305	1433215
	FA5	576261	1435993
	FA6	577260	1439883
Wasuyuca	FA7	575845	1440799
	FA8	576378	1441371
Los Chilamates	FA9	578351	1443009
La Mesa	FA10	584793	1434862
Las Ánimas	FA11	584359	1435988
Tomabú	FA12	577603	1439829
	FA13	577596	1439858
Las Limas	FA14	580231	1441102
Rafael Benavides	FA15	583418	1441137
Manantial	FA16	584155	1443365
	FA17	590559	1444286
	FA18	590108	1444969
La Serpie	FA19	573349	1431297
El Bonete	FA20	578142	1429539
Sabana Larga	FA21	577440	1429928

Anexo 10. Valores de Nivel Estático de Agua y Piezometría en la red de pozos de agosto 2011 a julio 2012.

Tipo	Nombre	Este	Norte	Elevación m.s.n.m	2011					2012							Mínimo m	Máximo m	NEAS m
					agosto	septiembre	Octubre	noviembre	diciembre	enero	Febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio			
PE	Los Mangos	585485	1438811	580	5,75	5,79	5,24	5,63	7,30	5,69	5,70	5,66	5,90	5,74	5,57	4,75	4,75	7,30	5,73
PE	San Lorenzo 1	587608	1439893	543	2,28	2,39	2,09	2,42	2,51	2,53	2,56	2,57	2,63	2,52	2,41	p.en	2,09	2,63	2,45
PE2	San Lorenzo 2	587806	1439871	530	N.I	N.I	N.I	2,09	2,37	2,39	2,44	2,41	2,45	2,39	2,33	2,56	2,09	2,56	2,38
PE	Licoroy	589553	1441026	537	3,35	3,50	3,46	3,65	3,75	3,77	3,89	3,94	3,87	2,39	3,52	3,86	2,39	3,94	3,58
PE	Las Lajas	591798	1440134	516	2,33	2,39	1,06	2,56	2,70	2,82	2,85	2,91	2,92	2,74	2,56	2,72	1,06	2,92	2,55
PE	Las Tablas	582354	1440419	767	0,48	0,68	0,06	0,13	0,09	0,06	0,30	0,94	0,46	0,46	0,46	0,73	0,06	0,94	0,40
PP	Las Tablas	582240	1440445	757	N.I	N.I	22,01	22,27	22,36	22,41	23,09	23,37	23,63	23,51	23,39	28,22	22,01	28,22	23,43
PE	San Nicolás 1	572295	1429460	1 196	0,21	0,22	0,18	0,57	0,94	2,11	2,22	3,34	5,39	0,30	0,36	1,02	0,18	5,39	1,41
PE	San Nicolás 2	572479	1429323	1 190	0,11	0,09	0,08	0,65	1,37	1,70	2,91	3,20	3,37	1,77	0,17	0,90	0,08	3,37	1,36
PE	Rosario Abajo	579836	1433240	658	4,10	4,19	3,49	3,65	3,92	4,28	4,30	4,47	4,63	4,50	4,21	4,40	3,49	4,63	4,18
PE	Vilma Mayorga	583157	1433674	636	4,25	4,36	4,00	6,55	5,38	5,47	5,56	5,87	5,90	5,62	5,34	5,40	4,00	6,55	5,31
PE	Parque Municipal	582902	1433566	639	6,33	6,40	7,16	6,85	7,47	7,97	7,40	8,60	8,37	7,58	6,78	7,00	6,33	8,60	7,33
PE	Barrio Nuevo	583597	1432698	629	4,40	4,34	3,92	4,00	4,51	4,74	5,29	5,05	4,77	4,48	4,69	4,63	3,92	5,29	4,57
PE	Santa Clara	578255	1448460	1 261	4,00	4,97	2,49	3,74	5,38	7,65	3,73	9,40	8,89	8,65	5,17	6,00	2,49	9,40	5,84
PP	Subtiava	574575	1440869	1 115	10,84	10,61	9,31	8,82	9,39	9,79	10,22	10,74	11,34	11,49	11,25	11,46	8,82	11,49	10,44
PP	El Naranjo	574686	1440325	1 043	2,95	2,84	1,45	2,63	2,62	3,79	3,25	3,84	3,49	3,32	3,14	3,15	1,45	3,84	3,04
PE	Santa Cruz 1	574661	1439604	1 017	5,32	5,31	1,97	3,29	4,89	6,46	7,20	7,78	8,27	8,36	7,15	6,78	1,97	8,36	6,07
PE	Santa Cruz 2	574791	1438418	1 007	4,00	4,51	2,99	4,29	4,96	5,82	6,19	6,61	6,84	5,72	4,59	5,58	2,99	6,84	5,17
PE	Tomabú	578681	1439449	970	0,36	0,54	0,20	0,32	0,38	0,85	0,54	0,79	1,13	1,13	0,37	0,78	0,20	1,13	0,62
PP	Tomabú	578582	1439372	958	36,80	38,05	35,17	35,15	37,49	34,42	38,91	40,78	40,60	39,95	42,95	36,63	34,42	42,95	38,08
PP	La Cañada	581846	1442907	665	7,27	7,27	7,27	7,64	7,71	7,87	7,41	7,42	6,92	7,25	7,58	8,04	6,92	8,04	7,47
PE	Las Ánimas	584478	1434907	596	N.I	N.I	1,25	2,57	2,78	3,75	4,28	3,78	4,88	2,71	2,22	2,78	1,25	4,88	3,10
PE	La Virtud	583220	1442465	645	N.I	N.I	N.I	1,67	1,80	2,48	1,70	1,92	1,90	1,70	1,50	1,30	1,30	2,48	1,77
PP	El Espinal	578336	1443033	996	N.I	N.I	N.I	7,52	7,06	5,61	7,02	8,56	10,09	6,89	4,62	5,54	4,62	10,09	6,99

N.I: No estaban incorporados a la red de medición

p.en: Pozo enlavado

Zonificación Hídrica de la microcuenca del río La Trinidad, en la subcuenca del Río Viejo.

Tipo	Nombre	Este	Norte	Elevación m.s.n.m	2011					2012							Mínimo m	Máximo m	Piezometría m
					agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	Febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio			
PE	Los Mangos	585485	1438811	580	573,60	574,20	574,20	573,81	572,14	573,75	574,30	574,34	574,10	574,26	574,43	575,25	572,14	575,25	574,04
PE	San Lorenzo 1	587608	1439893	543	540,13	540,32	540,32	539,99	539,90	539,88	540,44	540,43	540,37	540,48	540,59	p.en	539,88	540,59	540,26
PE2	San Lorenzo 2	587806	1439871	530	N.I	N.I	N.I	527,70	527,42	527,40	527,56	527,59	527,55	527,61	527,67	527,44	527,40	527,70	527,55
PE	Licoroy	589553	1441026	537	533,14	533,03	533,03	532,84	532,74	532,72	533,11	533,06	533,13	534,61	533,48	533,14	532,72	534,61	533,17
PE	Las Lajas	591798	1440134	516	513,19	514,46	514,46	512,96	512,82	512,70	513,15	513,09	513,08	513,26	513,44	513,28	512,70	514,46	513,32
PE	Las Tablas	582354	1440419	767	766,06	766,10	766,10	766,03	766,07	766,10	766,70	766,06	743,37	754,95	766,54	766,27	743,37	766,70	763,36
PP	Las Tablas	582240	1440445	757	N.I	N.I	734,23	733,97	733,88	733,83	733,91	733,63	756,54	745,08	733,61	728,78	728,78	756,54	736,75
PE	San Nicolás 1	572295	1429460	1 196	1 195,12	1 195,15	1 195,15	1 194,76	1 194,39	1 193,22	1 193,78	1 192,66	1 190,61	1 195,70	1 195,64	1 194,98	1 190,61	1 195,70	1 194,26
PE	San Nicolás 2	572479	1429323	1 190	1 189,39	1 189,42	1 189,42	1 188,85	1 188,13	1 187,80	1 187,09	1 186,80	1 186,63	1 190,50	1 189,83	1 189,10	1 186,63	1 190,50	1 188,58
PE	Rosario Abajo	579836	1433240	658	652,90	653,51	653,51	653,35	653,08	652,72	653,70	653,53	653,37	653,50	653,79	653,60	652,72	653,79	653,38
PE	Vilma Mayorga	583157	1433674	636	631,25	631,50	631,50	628,95	630,12	630,28	630,44	630,13	630,10	630,38	630,66	630,60	628,95	631,50	630,49
PE	Parque Municipal	582902	1433566	639	632,27	631,44	631,44	631,75	631,13	630,63	631,60	630,40	630,63	631,42	632,22	632,00	630,40	632,27	631,41
PE	Barrio Nuevo	583597	1432698	629	624,08	624,56	624,56	624,48	623,97	623,74	623,71	623,95	629,52	624,52	624,31	624,37	623,71	629,52	624,64
PE	Santa Clara	578255	1448460	1 261	1 256,12	1 257,63	1 257,63	1 256,38	1 254,74	1 252,47	1 257,27	1 251,60	1 252,11	1 252,35	1 255,83	1 255,00	1 251,60	1 257,63	1 254,92
PP	Subtiava	574575	1440869	1 115	1 103,90	1 104,13	1 105,43	1 105,92	1 105,35	1 104,95	1 104,78	1 104,26	1 103,66	1 103,51	1 103,75	1 103,54	1 103,51	1 105,92	1 104,43
PP	El Naranjo	574686	1440325	1 043	1 039,80	1 039,91	1 041,30	1 040,12	1 040,13	1 038,96	1 039,75	1 039,16	1 039,51	1 039,68	1 039,86	1 039,85	1 038,96	1 041,30	1 039,83
PE	Santa Cruz 1	574661	1439604	1 017	1 011,14	1 011,15	1 014,49	1 013,17	1 011,57	1 010,00	1 009,80	1 009,22	1 008,73	1 008,64	1 009,85	1 010,22	1 008,64	1 014,49	1 010,66
PE	Santa Cruz 2	574791	1438418	1 007	1 002,49	1 001,98	1 003,50	1 002,20	1 001,53	1 000,67	1 000,81	1 000,39	1 000,16	1 001,28	1 002,41	1 001,42	1 000,16	1 003,50	1 001,57
PE	Tomabú	578681	1439449	970	969,32	969,14	969,48	969,36	969,30	968,83	969,46	969,21	968,87	968,87	969,63	969,22	968,83	969,63	969,22
PP	Tomabú	578582	1439372	958	920,65	919,40	922,28	922,30	919,96	923,03	919,09	917,22	917,40	918,05	915,05	921,37	915,05	923,03	919,65
PP	La Cañada	581846	1442907	665	657,37	657,37	657,37	657,00	656,93	656,77	657,59	657,58	658,08	657,75	657,42	656,96	656,77	658,08	657,35
PE	Las Ánimas	584478	1434907	596	N.I	N.I	593,95	592,81	592,60	591,63	591,72	592,22	591,12	593,29	593,78	594,70	591,12	594,70	592,78
PE	La Virtud	583220	1442465	645	N.I	N.I	N.I	643,23	643,10	642,42	643,30	643,08	643,10	643,30	643,50	639,46	639,46	643,50	642,72
PP	El Espinal	578336	1443033	996	N.I	N.I	N.I	988,12	988,58	990,03	988,98	989,21	985,91	989,11	991,38	990,46	985,91	991,38	989,09

N.I: No estaban incorporados a la red

p.en : Pozo enllavado

Anexo 11. Tablas usadas para el cálculo de balance hídrico.

Por pendiente:	Pendiente	Kp
Muy plana	0,02%-0,06%	0,30
Plana	0,3%-0,4%	0,20
Algo plana	1%-2%	0,15
Promedio	2%-7%	0,10
Fuerte mayor de	7%	0,06
Kp: Coeficiente por pendiente		

Por cobertura vegetal:	Kv
Cobertura con zacate menos del 50%	0,09
Terrenos cultivados	0,10
Cobertura con pastizal	0,18
Bosques	0,20
Cobertura con zacate más del 75%	0,21
Kv: Coeficiente por cobertura vegetal	

TEXTURA DE SUELO	Porcentaje por peso de suelo seco		
	PMP%	CC %	Densidad aparente (g.cm ⁻³)
Arenoso	2,0 - 6,0	6,0 - 12,0	1,55-1,80
Franco-arenoso	4,0 - 8,0	10,0 - 18,0	1,40-1.60
Franco	8,0 - 12,0	18,0 - 26,0	1,35-1,50
Franco- arcilloso	11,0 - 15,0	23,0 - 31,0	1,30-1.40
Arcillo-arenoso	13,0 -17,0	27,0 - 31,0	1,25-1,35
Arcilloso	15,0 -19,0	31,0 - 39,0	1.20-1.30
PMP: Punto de marchitez			
CC: capacidad de campo			

Anexo 12. Resultado de Balance Hídrico del Suelo (Recarga hídrica).

Textura de suelo =	cm/h	Franco	MOLISOL		P = precipitación media del sector								
Capac.infiltrac.(Fc) =		64.58	mm/d		Cf = coeficiente de infiltración	Capac.infiltrac.(Fc) =	64.58	mm/d					
Capac.campo(CC) [%]=	20 CCp	26	130	mm	Pi = precipitación que infiltra	Cf = 0,88 C							
Pto.marchitez(PM)[%]=	12 PMp	15.6	78	mm	Pe = precipitación que escurre	Pi = I = (1- 0,12) C P)							
Prof.raíces media(mm)=			500	mm	ETP = evapotranspiración potencial	C = Kp + Kv + Kfc							
CC-PM=	52.0	mm			HSi = humedad de suelo inicial	Pendiente fuerte: Kp =	0.06						
CCv = CCp * γ muestra					AgD = agua disponible después de ETP	Bosque, pasto y árboles: Kv =	0.16						
Peso específico = γ =	1.3				HSf = humedad de suelo final	Por textura suelo: KFc =	0.380						
					DCC = déficit de capacidad de campo	C =	0.60						
					Rp = recarga potencial al acuífero	Kfc = 0,267ln (fc)-0,000154Fc-0,723							
					ETR = evapotranspiración real	Kfc =	0.380						
					NR = necesidad de riego	I = Cf =	0.53						

Variables	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
P (mm)	18.6	12.9	11.7	17.4	135.7	158.7	116.1	128.4	173.6	185.4	62.1	26.5	1047.1
Cf (mm)	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	
Pi (mm)	9.9	6.8	6.2	9.2	71.9	84.1	61.5	68.1	92.0	98.2	32.9	14.1	555.0
Pe (mm)	8.7	6.0	5.5	8.2	63.8	74.6	54.6	60.3	81.6	87.1	29.2	12.5	492.1
ETP(mm)	57.66	60.21	78.65	75.11	71.10	57.98	65.93	70.56	69.62	57.35	56.27	50.22	770.6
HSi(mm)	52.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
AgD(mm)	-47.8	-53.4	-72.4	-65.9	0.8	26.1	-4.4	-2.5	22.4	40.9	-23.3	-36.2	
HSf(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.0	
cHS (mm)	-52.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.0	
DCC(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Rp(mm)	4.2	0.0	0.0	0.0	0.8	26.1	0.0	0.0	22.4	40.9	0.0	0.0	94.4
ETR(mm)	57.66	6.8	6.2	9.2	71.1	57.98	61.54	68.1	69.62	57.35	32.93	-37.94	460.6
NR(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Zonificación Hídrica de la microcuenca del río La Trinidad, en la subcuenca del Río Viejo.

Textura de suelo =	cm/h	Arcilloso	ALFISOL		P = precipitación media del sector								
Capac.infiltrac.(Fc) =		45.38	mm/d		Cf = coeficiente de infiltración	Capac.infiltrac.(Fc) =	45.38	mm/d					
Capac.campo(CC) [%]=	35 CCp	45.5	182	mm	Pi = precipitación que infiltra	Cf = 0,88 C							
Pto.marchitez(PM)[%]=	19 PMp	15.6	62.4	mm	Pe = precipitación que escurre	Pi = I = (1- 0,12) C P)							
Prof.raíces media(mm)=			400	mm	ETP = evapotranspiración potencial	C = Kp + Kv + Kfc							
CC-PM=	119.6	mm			HSi = humedad de suelo inicial	Pendiente fuerte: Kp =	0.10						
CCv = CCp * γ muestra					AgD = agua disponible después de ETP	Bosque, pasto y árboles: Kv =	0.16						
Peso específico = γ =	1.3				HSf = humedad de suelo final	Por textura suelo: KFc =	0.289						
					DCC = déficit de capacidad de campo	C =	0.55						
					Rp = recarga potencial al acuífero	Kfc = 0,267ln (fc)-0,000154Fc-0,723							
					ETR = evapotranspiración real	Kfc =	0.289						
					NR = necesidad de riego	I = Cf =	0.48						

Variables	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
P (mm)	18.6	12.9	11.7	17.4	135.7	158.7	116.1	128.4	173.6	185.4	62.1	26.5	1047.1
Cf (mm)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	
Pi (mm)	8.9	6.2	5.6	8.4	65.1	76.2	55.7	61.6	83.3	89.0	29.8	12.7	502.6
Pe (mm)	9.7	6.7	6.1	9.1	70.5	82.5	60.4	66.8	90.3	96.4	32.3	13.8	544.5
ETP(mm)	57.66	60.21	78.65	75.11	71.10	57.98	65.93	70.56	69.62	57.35	56.27	50.22	770.6
HSi(mm)	119.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
AgD(mm)	-48.7	-54.0	-73.0	-66.7	-6.0	18.2	-10.2	-8.9	13.7	31.6	-26.4	-37.5	
HSf(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	119.6	
cHS (mm)	-119.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	119.6	
DCC(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Rp(mm)	70.9	0.0	0.0	0.0	0.0	18.2	0.0	0.0	13.7	31.6	0.0	0.0	134.4
ETR(mm)	57.7	6.2	5.6	8.4	65.1	58.0	55.7	61.6	69.6	57.3	29.8	-106.9	368.2
NR(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Zonificación Hídrica de la microcuenca del río La Trinidad, en la subcuenca del Río Viejo.

Textura de suelo =	cm/h	Franco	INCEPTISOL		P = precipitación media del sector								
Capac.infiltrac.(Fc) =		64.58	mm/d		Cf = coeficiente de infiltración	Capac.infiltrac.(Fc) =	7.34	mm/d					
Capac.campo(CC) [%]=	22 CCp	26	130	mm	Pi = precipitación que infiltra	Cf = 0,88 C							
Pto.marchitez(PM)[%]=	12 PMp	15.6	78	mm	Pe = precipitación que escurre	Pi = I = (1- 0,12) C P)							
Prof.raíces media(mm)=			500	mm	ETP = evapotranspiración potencial	C = Kp + Kv + Kfc							
CC-PM=	52.0	mm			HSi = humedad de suelo inicial	Pendiente fuerte: Kp =	0.10						
CCv = CCp * γ muestra					AgD = agua disponible después de ETP	Bosque, pasto y árboles: Kv =	0.14						
Peso específico = γ =	1.3				HSf = humedad de suelo final	Por textura suelo: KFc =	-0.192						
					DCC = déficit de capacidad de campo	C =	0.05						
					Rp = recarga potencial al acuífero	Kfc = 0,267ln (fc)-0,000154Fc-0,723							
					ETR = evapotranspiración real	Kfc =	-0.192						
					NR = necesidad de riego	I = Cf =	0.04						

Variables	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
P (mm)	18.6	12.9	11.7	17.4	135.7	158.7	116.1	128.4	173.6	185.4	62.1	26.5	1047.1
Cf (mm)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Pi (mm)	0.9	0.6	0.6	0.9	6.8	7.9	5.8	6.4	8.7	9.3	3.1	1.3	52.4
Pe (mm)	17.7	12.2	11.1	16.6	128.9	150.8	110.3	122.0	164.9	176.1	59.0	25.2	994.7
ETP(mm)	57.66	60.21	78.65	75.11	71.10	57.98	65.93	70.56	69.62	57.35	56.27	50.22	770.6
HSi(mm)	52.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
AgD(mm)	-56.7	-59.6	-78.1	-74.2	-64.3	-50.0	-60.1	-64.1	-60.9	-48.1	-53.2	-48.9	
HSf(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.0	
cHS (mm)	-52.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.0	
DCC(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Rp(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
ETR(mm)	52.9	0.6	0.6	0.9	6.8	7.9	5.8	6.4	8.7	9.3	3.1	-50.7	52.4
NR(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Zonificación Hídrica de la microcuenca del río La Trinidad, en la subcuenca del Río Viejo.

Textura de suelo =	cm/h	Franco-Arcilloso	ENTISOL		P = precipitación media del sector			
Capac.infiltrac.(Fc) =		86.79	mm/d		Cf = coeficiente de infiltración	Capac.infiltracion.(Fc) =	86.79	mm/d
Capac.campo(CC) [%]=	27CCp	35.1	140.4	mm	Pi = precipitación que infiltra	Cf = 0,88 C		
Pto.marchitez(PM)[%]=	15 PMp	19.5	78	mm	Pe = precipitación que escurre	Pi = I = (1- 0,12) C P)		
Prof.raices media(mm)=			400	mm	ETP = evapotranspiración potencial	C = Kp + Kv + Kfc		
CC-PM=	62.4	mm			HSi = humedad de suelo inicial	Pendiente fuerte: Kp =	0.10	
CCv = CCp * γ muestra					AgD = agua disponible después de ETP	Bosque, pasto y árboles: Kv =	0.19	
Peso específico = γ =	1.3				HSf = humedad de suelo final	Por textura suelo: KFc =	0.455	
					DCC = déficit de capacidad de campo	C =	0.75	
					Rp = recarga potencial al acuífero	Kfc = 0,267ln (fc)-0,000154Fc-0,723		
					ETR = evapotranspiración real	Kfc =	0.455	
					NR = necesidad de riego	I = Cf =	0.66	

Variables	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
P (mm)	18.6	12.9	11.7	17.4	135.7	158.7	116.1	128.4	173.6	185.4	62.1	26.5	1047.1
Cf (mm)	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	
Pi (mm)	12.2	8.4	7.7	11.4	89.0	104.1	76.2	84.2	113.9	121.6	40.8	17.4	686.8
Pe (mm)	6.4	4.4	4.0	6.0	46.7	54.6	39.9	44.2	59.7	63.8	21.4	9.1	360.3
ETP(mm)	57.66	60.21	78.65	75.11	71.10	57.98	65.93	70.56	69.62	57.35	56.27	50.22	770.6
HSi(mm)	62.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
AgD(mm)	-45.5	-51.8	-71.0	-63.7	17.9	46.1	10.2	13.7	44.3	64.2	-15.5	-32.8	
HSf(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.4	
cHS (mm)	-62.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.4	
DCC(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Rp(mm)	16.9	0.0	0.0	0.0	17.9	46.1	10.2	13.7	44.3	64.2	0.0	0.0	213.3
ETR(mm)	57.7	8.4	7.7	11.4	71.1	58.0	65.9	70.6	69.6	57.3	40.8	-45.0	473.5
NR(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Zonificación Hídrica de la microcuenca del río La Trinidad, en la subcuenca del Río Viejo.

Textura de suelo =	cm/h	Arcillosos	ULTISOL		P = precipitación media del sector			
Capac.infiltrac.(Fc) =		86.79	mm/d		Cf = coeficiente de infiltración	Capac.infiltrac.(Fc) =	86.68	mm/d
Capac.campo(CC) [%]=	22CCp	28.6	114.4	mm	Pi = precipitación que infiltra	Cf = 0,88 C		
Pto.marchitez(PM)[%]=	12 PMp	15.6	62.4	mm	Pe = precipitación que escurre	Pi = I = (1- 0,12) C P)		
Prof.raíces media(mm)=			400	mm	ETP = evapotranspiración potencial	C = Kp + Kv + Kfc		
CC-PM=	52.0	mm			HSi = humedad de suelo inicial	Pendiente fuerte: Kp =	0.10	
CCv = CCp * γ muestra					AgD = agua disponible después de ETP	Bosque, pasto y árboles: kv=	0.19	
Peso específico = γ =	1.3				HSf = humedad de suelo final	Por textura suelo: KFc =	0.455	
					DCC = déficit de capacidad de campo	C =	0.75	
					Rp = recarga potencial al acuífero	Kfc = 0,267ln (fc)-0,000154Fc-0,723		
					ETR = evapotranspiración real	Kfc =	0.455	
					NR = necesidad de riego	I = Cf =	0.66	

Variables	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
P (mm)	18.6	12.9	11.7	17.4	135.7	158.7	116.1	128.4	173.6	185.4	62.1	26.5	1047.1
Cf (mm)	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	
Pi (mm)	12.2	8.4	7.7	11.4	89.0	104.1	76.2	84.2	113.9	121.6	40.8	17.4	686.8
Pe (mm)	6.4	4.4	4.0	6.0	46.7	54.6	39.9	44.2	59.7	63.8	21.4	9.1	360.3
ETP(mm)	57.66	60.21	78.65	75.11	71.10	57.98	65.93	70.56	69.62	57.35	56.27	50.22	770.6
HSi(mm)	52.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
AgD(mm)	-45.5	-51.8	-71.0	-63.7	17.9	46.1	10.2	13.7	44.3	64.2	-15.5	-32.8	
HSf(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.0	
cHS (mm)	-52.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.0	
DCC(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Rp(mm)	6.5	0.0	0.0	0.0	17.9	46.1	10.2	13.7	44.3	64.2	0.0	0.0	202.9
ETR(mm)	57.7	8.4	7.7	11.4	71.1	58.0	65.9	70.6	69.6	57.3	40.8	-34.6	483.9
NR(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Anexo 13. Datos in situ y Resultados de las muestras de Isótopos.

CODIGO	NOMBRE	FECHA	HORA	pH	Temperatura	Conductividad	O.D	O.D	d ¹⁸ O	d ² H
				unidades	°C	µS.cm ⁻¹	mg.l ⁻¹	%	‰	‰
LAGO	Laguna de Santa Clara	2011-11-09	08 h 45	6,49	21,9	107,7	3,52	42,1	-6,13	-41,01
RIO-1	Los Encuentros	2011-11-08	10 h 51	7,25	21,6	140,7	7,89	92,7	-7,45	-49,99
RIO-2	San Vicente del Carao	2011-11-08	16 h 11	7,99	25,6	247	6,89	86,0	-6,71	-45,83
RIO-3	San Francisco de Jamailí	2011-11-09	15 h 31	8,21	27,7	374	4,90	66,2	-6,95	-48,04
MAN-1	La Serpie	2011-11-08	12 h 15	6,60	24,4	101,7	5,27	63,7	-6,34	-38,52
MAN-2	Rosario Arriba	2011-11-08	14 h 11	6,61	25,1	237	5,28	66,1	-8,10	-51,52
MAN-3	Manantial - La Cañada	2011-11-09	14 h 28	6,84	29,7	284	2,73	37,6	-8,48	-56,63
LL-1	Tanque de captación: Mario Fuentes	2011-11-08	11 h 45	5,57	30,3	23	4,04	54,2	-8,56	-55,41
LL-2	Pila de captación: Alejandro Arévalos	2011-11-09	10 h 16	6,53	20,7	54,3	4,90	55,9	-7,91	-52,41
LL-3	Tanque de captación: Esmilda Lanuza	2011-11-09	11 h 46	6,05	26,3	44,3	5,13	63,0	-7,87	-55,10
PP-1	Las Quebradas	2011-11-08	16 h 40	6,96	30,6	362	2,17	30,1	-7,66	-52,02
PP-2	Subtiava	2011-11-09	09 h 41	6,53	24,0	408	3,29	40,7	-7,74	-52,02
PP-3	Tomabú	2011-11-09	11 h 11	6,93	26,1	820	1,98	25,6	-7,67	-52,34
PP-4	El Espinal - viejo	2011-11-09	12 h 45	7,29	25,2	475	2,27	30,6	-7,62	-53,36
PP-5	Las Tablas	2011-11-09	13 h 29	6,66	26,9	537	3,83	46,6	-7,29	-51,38
PE-1	PE2-JDHL	2011-11-08	15 h 45	6,69	26,8	352	0,80	9,7	-7,16	-48,86
PE-2	Tomabú- Antiguo	2011-11-09	10 h 43	6,42	25,3	307	2,51	34,6	-7,49	-52,43
PE-3	La Virtud	2011-11-09	15 h 08	6,81	28,3	578	2,32	29,1	-6,48	-47,89

Río : Río

LL : agua de lluvia tomadas en tanques

Man: Pila de captación de Manantial

PE: Pozo Excavado

PP: Pozo Perforado

Lago: Laguna

Anexo 14. Físicoquímicos, materia orgánica, oxígeno disuelto, nutrientes, microbiológicos, plaguicidas, clasificación y criterios de clasificación para riego de las aguas superficiales.

Resultados Físicoquímicos en Agua Superficial														
Fuente		Rosario Abajo		Casco Urbano		Las Lajas		Quebrada Grande		San Francisco de Jamailí		San Vicente del Carao		Santa Clara
Parámetros	Unidades	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2012
Turbidez	UNT	68,50	1,25	69,70	4,50	108,20	2,50	164,10	4,15	24,90	6,00	26,80	2,00	74,40
pH	Unidades	8,17	8,41	8,04	7,90	8,10	8,35	8,52	7,98	8,47	8,42	8,26	8,04	8,09
Conductividad	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	113,80	255,50	125,50	345,00	277,00	393,00	302,00	476,00	426,00	457,00	199,40	375,00	112,70
STD	mg.l^{-1}	88,46	199,84	99,62	258,97	163,92	279,67	180,78	325,71	237,14	332,19	126,87	277,25	86,24
Color Verdadero	mg.l^{-1} Pt-Co	50	10	50	10	50	5	50	5	20	5	40	5	30
Calcio	mg.l^{-1}	12,02	27,25	14,43	35,27	28,07	40,08	33,09	54,51	45,40	50,39	16,03	34,12	10,32
Magnesio	mg.l^{-1}	4,50	5,83	3,89	8,75	8,26	11,79	8,87	14,58	11,20	14,43	7,29	11,79	5,29
Sodio	mg.l^{-1}	8,06	19,60	8,52	27,80	13,02	28,00	12,82	28,10	18,45	34,00	10,91	30,00	5,29
Potasio	mg.l^{-1}	3,50	3,62	3,70	4,11	4,00	4,20	3,20	3,04	3,60	3,43	4,60	6,44	3,82
Cloruros	mg.l^{-1}	3,92	6,39	4,02	13,22	5,64	11,67	5,97	10,47	6,74	9,74	3,21	7,39	2,87
Nitratos	mg.l^{-1}	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
Sulfatos	mg.l^{-1}	1,85	2,16	1,95	4,06	8,35	18,21	16,09	52,96	17,70	23,16	2,27	2,14	0,37
Carbonatos	mg.l^{-1}	< ld	14,40	< ld	< ld	< ld	7,20	14,40	< ld	21,60	9,60	< ld	< ld	< ld
Bicarbonatos	mg.l^{-1}	68,95	124,48	78,11	200,15	146,45	190,38	131,80	222,11	178,18	239,20	112,28	225,77	68,34
Dureza total	mg.l^{-1}	48,50	92,00	52,00	124,00	104,00	148,50	119,04	196,00	159,36	185,13	70,00	133,65	47,52
Alcalinidad total	mg.l^{-1}	56,50	126,00	64,00	164,00	120,00	168,00	132,00	182,00	182,00	212,00	92,00	185,00	56,00
Alcalinidad a la Fenoltaleína	mg.l^{-1}	< ld	12,00	< ld	< ld	< ld	6,00	12,00	< ld	18,00	7,99	< ld	< ld	< ld
Sílice disuelta	mg.l^{-1}	44,30	59,39	52,85	67,36	52,58	64,92	46,07	52,85	53,15	69,84	58,52	74,37	24,68
Nitritos	mg.l^{-1}	0,026	< ld	0,030	0,066	0,013	< ld	0,020	< ld	0,020	< ld	0,013	< ld	< ld
Hierro total	mg.l^{-1}	2,90	0,06	3,12	0,41	3,68	0,03	2,58	0,15	0,066	0,04	0,99	< ld	2,46
Fluoruros	mg.l^{-1}	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
Amonio	mg.l^{-1}	0,039	0,009	0,041	0,261	0,05	< ld	0,014	< ld	0,027	< ld	0,048	< ld	< ld
Boro	mg.l^{-1}	< ld	< ld	0,06	0,04	0,14	0,06	0,04	0,04	0,03	0,06	0,32	0,05	< ld

Resultados de sólidos, oxígeno disuelto, materia orgánica y nutrientes en Agua Superficial												
Fuente	Rosario Abajo		Casco Urbano		Las Lajas		Quebrada Grande		San Francisco de Jamailí		San Vicente del Carao	
mg.l ⁻¹	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
ST	53,28	180,00	142,10	255,00	218,63	266,00	264,16	378,00	287,38	306,00	71,00	264,00
STD	35,00	178,40	99,00	245,40	165	263,00	195,00	375,90	270,00	300,00	64,00	254,30
STS	18,28	1,60	43,10	9,60	53,63	3,00	69,16	2,10	17,38	6,00	7,00	9,70
OD	5,42	7,94	5,54	4,55	5,32	6,97	3,80	6,19	5,58	8,11	5,09	5,57
DBO ₅	1,50	< ld	2,69	8,80	2,02	3,67	2,74	< ld	< ld	3,00	2,02	3,33
DQO	16,00	< ld	26,00	11,99	24,00	11,49	20,00	< ld	< ld	< ld	14,00	21,06
PRD	0,081	0,155	0,102	0,152	0,099	0,153	0,083	0,088	0,071	0,124	0,066	0,135
PTD	0,097	0,186	0,119	0,287	0,119	0,167	0,090	0,103	0,081	0,158	0,097	0,206
PT	0,142	0,359	0,203	0,689	0,206	0,921	0,206	0,680	0,108	0,513	0,126	0,851
NT	2,037	0,152	1,312	0,721	1,748	0,132	3,276	0,117	1,739	0,127	1,857	0,122
NTD	0,782	0,103	1,109	0,439	1,171	0,730	1,935	0,014	1,021	0,122	0,564	0,093
NO	1,896	0,142	1,196	0,461	1,618	0,132	3,094	0,117	1,631	0,127	1,723	0,122
NH ₄	0,039	0,009	0,041	0,261	0,05	< ld	0,014	< ld	0,027	< ld	0,048	< ld
NO ₂	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
NTP	1,255	0,049	0,203	0,282	0,577	0,059	1,341	0,103	0,718	0,005	1,293	0,029

Indicadores Microbiológicos en Agua Superficial (NMP / 100 ml)								
Parámetros	Coliformes totales		Coliformes termotolerantes		<i>Eschericchia coli</i>		Enterococos	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Rosario Abajo	1,40E+04	1,30E+03	6,30E+03	1,30E+03	6,30E+03	1,30E+03	1,70E+01	1,10E+03
La Trinidad en Casco Urbano	2,00E+05	3,30E+04	1,10E+05	3,30E+04	7,90E+04	1,30E+04	2,10E+01	1,70E+04
Las Lajas	7,00E+04	7,00E+02	1,70E+04	4,60E+02	3,50E+03	1,70E+02	4,90E+02	4,90E+01
Quebrada Grande	2,30E+04	3,30E+03	3,30E+02	3,30E+03	4,90E+03	3,30E+03	1,70E+02	1,40E+02
San Francisco de Jamailí	7,90E+02	1,40E+03	7,90E+02	1,40E+03	4,90E+02	1,40E+03	4,90E+02	4,90E+02
San Vicente del Carao	1,30E+04	7,00E+03	3,30E+03	1,10E+02	1,30E+02	4,90E+01	1,40E+02	3,50E+03
Mínimos	790	700	330	110	130	49	17	49
Máximos	200 000	33 000	110 000	33 000	79 000	13 000	490	17 000

Plaguicidas en Agua Superficial	
Organoclorados Casco Urbano – 2011	
Parámetros	ng.l ⁻¹
ALFA-CLORDANO	nd
GAMMA-CLORDANO	
ALFA-HCH	
BETA-HCH	
DELTA-HCH	
GAMMA-HCH (LINDANO)	
PP-DDE	
PP-DDD	
PP-DDT	
METOXICLORO	
HEPTACLORO	
HEPTACLORO-EPOXIDO	
ALDRIN	
DIELDRIN	
ENDRIN	
ENDRIN ALDEHIDO	
ENDRIN CETONA	
ENDOSULFAN I	
ENDOSULFAN II	
ENDOSULFAN SULFATO	
nd: no detectado	

Plaguicidas en Agua Superficial 2012				
Organoclorados				
ng.l ⁻¹	Casco Urbano	San Francisco de Jamailí		
ALFA-HCH	nd	nd		
BETA-HCH				
DELTA-HCH				
GAMMA-HCH (LINDANO)				
PP-DDE				
PP-DDD				
PP-DDT				
HEPTACLORO				
HEPTACLORO-EPOXIDO				
ALDRIN				
DIELDRIN				
ENDRIN				
ENDOSULFAN I				
ENDOSULFAN II				
TOXAFENO				
Organofosforados				
CO-RAL (COUMAFOS)	nd	nd		
DEF (TRIBUFOS)				
DIAZINON				
ETIL-PARATION				
ETION				
FENTION				
FORATE				
GUTION (AZINFOS METIL)				
MALATION				
METIL-PARATION				
MOCAP (PROFOS)				
TERBUFOS				
ZOLONE (FOSALONE)				
nd: no detectado				

Parámetros para uso agrícola de las aguas superficiales																
Fuente: Río	unidades	La Trinidad en Rosario Abajo		La Trinidad en Govenias		La Trinidad en Las Lajas		Quebrada Grande		San Francisco de Jamailí		San Vicente del Carao		Laguna de Santa Clara	Mínimo	Máximos
Parámetros	Unidades	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	12-feb		
Conductividad	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	113,80	255,50	125,50	345,00	277,00	393,00	302,00	476,00	426,00	457,00	199,40	375,00	112,70	112,70	476,00
Sodio	$\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}$	0,351	0,853	0,371	1,209	0,566	1,218	0,558	1,222	0,803	1,479	0,475	1,305	0,230	0,230	1,480
Cloruros	$\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}$	0,111	0,180	0,113	0,373	0,159	0,329	0,168	0,295	0,190	0,275	0,091	0,208	0,081	0,080	0,370
Boro	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0,00	0,00	0,06	0,04	0,14	0,06	0,04	0,04	0,03	0,06	0,32	0,05	0,00	0,00	0,32
Dureza total	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	48,50	92,00	52,00	124,00	104,00	148,50	119,04	196,00	159,36	185,13	70,00	133,65	47,52	47,52	196,00
SAR		0,503	0,889	0,514	1,086	0,555	0,999	0,511	0,873	0,636	1,087	0,567	1,129	0,334	0,330	1,130
CSR	$\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}$	0,160	0,681	0,240	0,800	0,320	0,390	0,259	-0,279	0,453	0,539	0,440	1,028	0,170	-0,280	1,030

Criterios de clasificación de las Aguas para Riego											
Conductividad eléctrica		Elementos de fitotoxicidad				Índice SAR		Índice CSR		Dureza	
CE	Criterio	Ion meq.l ⁻¹	Inexistente	Problema creciente	Problema grave	SAR	Criterio	CSR	Criterio	CaCo ₃ mg.l ⁻¹	Criterio
0-1000	Excel	Sodio	< 3	3.- 9	> 9	< 10	Baja	< 1,25	Recomendable	0-75	Blanda
1000-3000	Buena a marginal	Cloruro	< 4	4 -10	> 10	> 10	Media	1,25 - 2,5	Poco recomendable	75-150	Moderadamente dura
> 3000	Inaceptable	Boro	< 0,7	0,7 - 2,0	> 2,0		Alta	>2,5	No recomendable	150-300 >300	Dura Muy dura
Fuente: FAO (Ayers y Westcot, 1976)										Roldán Pérez, G. Limnol, 2008	

Anexo 15. Tablas de Resultados de Macroinvertebrados Acuáticos y tablas de asignaciones de puntajes o grados de sensibilidad a la contaminación de los diferentes invertebrados acuáticos incluidas en el Índice Biótico de Familia.

Resultados MIAB - septiembre del 2011							
Clasificación Taxonómica	Número de Individuos	Rosario Abajo	Casco Urbano	San Francisco de Jamalí	Quebrada Grande	San Vicente del Carao	Las Lajas
Phylum Platyhelminthes							
Clase turbellaria							
Orden Tricaladida							
Familia Planariidae				3			3
Phylum Annelida							
Familia Tubificidae			2	2			2
Phylum Antropoda							
Orden Ephemeroptera							
Familia Leptohyphidae		5	151	504	101	200	11
Familia Leptophelebiidae		58	20	9	146	5	123
Familia Baetidae		69	160	59	65		87
Orden Odonata							
Familia Gonphidae				19			
Familia Coenagrionidae			1	6	1	4	10
Familia Libellulidae		1			1		
Orden Trichoptera							
Familia Glossosomatidae				30	5		2
Familia Polycentropodidae				6		2	
Familia Hydropsychidae		3		8	2	2	49
Orden Coleoptera							
Familia Hydrophilidae				4			
Familia Hydroptilidae						1	3
Familia Hydrophilidae						1	
Familia Elmidae		1	4	24	1		11
Familia hydroscaphidae						1	
Familia Psephenidae						1	
Orden Hemiptera							
Familia Naucoridae				1			
Orden Diptera							
Familia Tipulidae				1		1	
Familia Chironomidae		2	45	76	19	41	10
Familia Ceratopogonidae		1	1	57	3	17	6
Familia Psychodidae					1		
Familia Simuliidae					1		
Familia Tabanidae						1	
Orden Megaloptera							
Familia Corydalidae		1			1		2
Orden Plecoptera							
Familia Perlidae		1	1				
Hidracarina		1	2	6	8		7
Ostracoda		2	2	39	4		3
Total		145	389	854	359	277	329

Zonificación Hídrica de la microcuenca del río La Trinidad, en la subcuenca del río Viejo.

Resultados MIAB - febrero del 2012							
Clasificación Taxonómica Número de Individuos	Los Encuentros	Rosario Abajo	Casco Urbano	San Francisco de Jamailí	Quebrada Grande	San Vicente del Carao	Las Lajas
Phyllum Antropoda							
Orden Díptera							
Familia Ceratopogonidae	1	19	9	62	1	26	
Familia Stratiomyidae			3	5			
Familia Chironomidae		89	169	177	68	131	27
Familia Psychodidae			3	3		2	
Familia Simuliidae			1	1		2	24
Familia Empididae		1		1			
Familia Culicidae		1					
Familia Hemerodromidae					3		
Orden Hemiptera							
Familia Belostomatidae			2	8			
Familia Veliidae		2		4		3	2
Familia Naucoronidae					1		
Familia Mesoveliidae						1	
Orden Ephemeroptera							
Familia Baetidae	21	1	2	1	22		46
Familia Leptophlebiidae	41	11	2	101	41	1	76
Familia Leptohyphidae	1	462	445	50	486	27	4
Familia Caenidae		4			7		
Orden Megaloptera							
Familia Corydalidae	3			5		7	1
Orden Plecoptera							
Familia Perlidae				1		6	
Orden Coleoptera							
Familia Elmidae	4	14	16	315		418	2
Familia Psephenidae				1		2	
Familia Staphylinidae				1			
Familia Curculionidae		1					
Orden Tricoptera							
Familia Hydrptilidae		43		54	240	23	7
Familia Hidropsychidae		1		20	12	4	3
Familia Philopotamidae							15
Familia Polycentropodidae	1	1					1
Familia Glossosomatidae	2						
Orden Lepidoptera							
Familia Pyralidae	2						
Familia Cambridae				5			
Orden Odonata							
Familia Coengrionidae	3	19	1		11	12	
Familia Libellulidae		1		2			8
Familia Gomphidae		2			2	2	
Clase Arachnidea							
Orden Acari							
Hidracarina			1	15		30	16
Phyllum Molusca							
Familia Physidae			1	1			
Ostracodas			52			2	
Phyllum Nematoda							
gni		1					
Total	79	673	707	833	894	699	205

Asignación de puntajes o grados de sensibilidad a la contaminación de los diferentes invertebrados acuáticos		
Puntajes o grados de sensibilidad de la contaminación de agua	Orden	Familia
0	Díptera	Blephariceridae
1	Odonata Trichoptera	Corduliidae Platystictidae Glossosomatidae
2	Odonata Plecoptera Trichoptera	Cordulegastendae Perlidae Calamoceratidae Lepidostomatidae Odontoceridae Xiphocentronidae
3	Blattodea Coleoptera Ephemeroptera Trichoptera	Gyrinidae Lampyridae Ptilodactylidae Heptageniidae Polycentropodidae
4	Bivalvia Gastropoda Coleoptera Hemiptera Odonata Trichoptera	Hydrobndae Dryopidae Elmidae Hydroscaphidae Noteridae Psephenidae Pleidae Aeshinidae Hydrobiosidae Hydroptilidae Leptoceridae
5	Acariña Nematoda Planana Amphipoda Coleoptera Collembola Díptera Ephemeroptera	Hydraenidae Limnichidae Lutrochidae Dixidae Tipulidae Leptophlebiidae Conxidae Gelastocoridae Mesovelndae

Puntajes o grados de sensibilidad de la contaminación de agua	Orden	Familia
5	Hemiptera Lepidoptera Trichoptera	Nepidae Notonectidae Saldidae Veludae Crambidae Helicopsychidae Hydropsychidae Philopotamidae
6	Decapoda Coleóptera Díptera Ephemeroptera Hemiptera Odonata	Curculionidae Scirtidae Staphylinidae Dolichopodidae Empididae Simuliidae Stratiomyidae Tabanidae Baetidae Leptohyphidae Gerridae Hebridae Naucoridae Lestidae
7	Hirudinea Gastropoda Coleóptera Díptera Ephemeroptera Hemiptera Megaloptera Odonata	Planorbidae Dytiscidae Hydrophilidae Psychodidae Caenidae Belostomatidae Ochteridae Corydalidae Calopterygidae Gomphidae Libellulidae
8	Díptera	Ceratopogonidae Chironomidae
9	Gastropoda Díptera Odonata Oligochaeta	Physidae Ephydriidae Muscidae Coenagrionidae
10	Díptera	Culicidae Syrphidae

Anexo 16. Tabla de Resultados de Fitobentos y Tabla de Valores de sensibilidad según el Índice trófico de diatomeas (TDI).

Resultados de Fitobentos Septiembre 2011						
Bacillariophyta	Rosario Abajo	Casco Urbano	Quebrada Grande	San Francisco de Jamailí	San Vicente del Carao	Las Lajas
Achnanthes biosolettiana	24	4				
Achnanthes exigua		1		3	6	
Achnanthes lanceolata		2				
Achnanthes minutissima	1				10	
Achnanthes sp.			20		35	1
Amphipleura lindheiment					7	
Amphora ovalis	11	17	12	50	19	14
Alucoseira granulata					38	
Caloneis sp						1
Cocconeis placentula	357	270	557	467	156	317
Cyclotella meneghiniana					1	
Cymbella sp				14	18	
Diploneis ovalis				1		
Ephitemia sp		2				
Eunotía sp		6				
Fragilaria elliptica		1				
Fragilaria pinnata					10	
Gomphonema affine	10	1			34	25
Gomphonema sp	138	6	5	12	10	14
Gomphonema sp2		1			18	
Gyrosigma sp						1
Navicula arvensis					1	
Navicula cryptocephala	1		13		2	14
Navicula mutica	2	3	1		3	4
Navicula pupula		1				
Navicula radiosa	1	5				
Navicula slinarum		4				1
Navicula sp.(grande)	2	6	9	13	9	18
Navicula sp.2		7		22		23
Navicula sp.3		7		2		
Navicula subsalsa	2	1				
Nitzschia amphibia					4	
Nitzschia claussi		3	2			1
Nitzschia dissipata				7		
Nitzschia palea		4	6	2	46	17
Nitzschia parvula	1					
Nitzschia sp	7			10	121	5
Nitzschia sp2						12
Nitzschia tryblionella		1		2		1
Pinnularia sp	2	2	2	2		
Rhopalodia gibberula						2
Synedra ulna				2	9	6
TOTAL	559	355	627	609	557	477

Resultados de Fitobentos Febrero 2012						
Bacillariophyta	Rosario Abajo	Casco Urbano	Quebrada Grande	San Francisco de Jamailí	San Vicente del Carao	Las Lajas
Achnanthes sp.						4
Achnanthes exigua	1	6	1	5	3	
Achnanthes lanceolata	9	6	1	2	7	
Achnanthes minutissima	3	382	3	7		
Amphipleura lindheimeri	19			7	5	5
Amphora ovalis		2		3	4	23
Caloneis sp					1	
Coconeis placentula	188	7	411	185	42	370
Cyclotella meneghiniana	6	4	1	7	1	
Cymbella sp					3	
Cymbella tumida	12		1	3		4
Diploneis ovalis	4					
Eunotia sp	2			8		2
Ephitemia sp	4				2	
Fragilaria capucina					1	6
Fragilaria pinnata					8	23
Fragilaria sp					1	
Gomphonema affine	5	5	114	51	15	29
Gomphonema parvulum	9	6	13	4	1	
Gomphonema sp	6	7	1		2	
Navicula constans	4	4	2		5	1
Navicula cryptocephala	6	6	4		4	
Navicula Pupula		1			4	
Navicula sp.(grande)		1		14	2	
Navicula sp N1	3					
Navicula sp N2	8					
Navicula subsalsa		1		4	1	
Navicula subtilissima	3	2	1	7	1	
Nitzschia amphibia	1	171		4	9	
Nitzschia claussi		3			1	
Nitzschia frustulum			4			
Nitzschia linearis					2	
Nitzschia mnocorum	6					
Nitzschia palea	60	10	27	120	5	2
Nitzschia sp	4		4	10	19	4
Nitzchiavermicularis					4	
Nitzscia umbonata				8		
Pinnularia acrosphaeria	2					
Rhopalodia gibba			7	2		6
Rhopalodia gibberula						2
Synedra ulna			19	12	21	24
Total	365	624	614	463	174	505

Nutrientes sensitivos (s) y valores indicadores (v) para taxas incluidas en el Índice Tráfico de Diatomeas			
TAXON	S	V	COMMENT
Achanthoceras	0	0	Moved from Attheya (plankton)
Achnanthes clevei			See under Karayevia
Achnanthes conspicua	5	2	New taxon
Achnanthes lanceolata type			Moved to Planothidium
Achnanthes /auenburgiana			See under Psammothidium lauenburgianum
Achnanthes oblotigella	1	2	New taxon
Achnanthes ploenensis			See Kolbesia
Achnanthes subatomoides			See under Psammothidium subatomoides
Achnantheidium	2	2	Previously Achnanthes minutissima-type. Includes A. minutissimum, A. microcephalum, A. biasolettiana
Achnanthes (other)	3	1	Excluding taxa now moved to Achnantheidium, Planothidium, Psammothidium, Karayevia, Kolbesia but including Rossithidium
Amphipleura	1	3	Motile
Amphora pediculus	5	2	
Amphora (other)	5	1	
Anomoeoneis	4	1	Motile
Aserionella	0	0	Plankton
Attheya			see Achanthoceras
Aulacosira	0	0	Plankton
Bacillaria paxillifer	4	1	New taxon Motile
Brachysira	1	3	Motile
Caloñéis	3	1	Motile
Ceratoneis arcus			see Hannaea
Chaetoceras	0	0	plankton
Cocconeis pediculus	4	2	
Cocconeis placentula	3	2	
Cocconeis (other)	2	2	
Craticula	5	1	New taxon. Motile. Split from Navícula (other)
Ctenophora pulchella	2	1	Formerly Synedra pulchella
Cyclostephanos	0	0	Plankton
Cyclotella	0	0	Plankton
Cymatopleura	4	1	
Cymbella affinis	1	3	
Cymbella delicatula	1	3	
Cymbella microcephala	1	2	
Cymbella minuta ; silesiaca			Transferred to Encyonema
Cymbella sinuata			See Reimeria sinuata
Cymbella (large forms)	4	2	Nominally > 70 um. Includes
C. caespitosa, C. lanceolata			
Cymbella (other)	2	1	Includes Encyonema spp.
Denticula tennis	2	2	Other Denticula spp are halophilous.
Diadesmis	5	1	New taxon. Split from Navícula (small). Same s and v values, but Diadesmis is tolerant to desiccation.
Diatoma mesodon	2	2	New taxon
Diatoma moniliforme	3	1	New taxon

Zonificación Hídrica de la microcuenca del río La Trinidad, en la subcuenca del Río Viejo.

TAXON	S	V	COMMENT
Diatoma tenue	2	2	
Diatoma vulgare	5	3	
Diatoma (other)	2	1	
Didymosphenia geminata	2	3	
Diploneis	1	1	
Ellerbeckia arenaria	4	2	
Encyonema minutum i silesiacum	3	2	moved from Cymbella
Encyonema (other)			see Cymbella (other)
Epithemia	1	2	
Eucocconeis	3	1	
Eunotia	1	3	
Fragilaria brevistriata			see Pseudostaurosira
Fragilaria capucina	2	2	
Fragilaria crotonensis	0	0	New taxon. Plankton
Fragilaria pinnata			see Staurosirella
Fragilaria vaucheriae	3	2	
Fragilaria (other)	2	1	Staurosira and Fragilariforma now placed in separate categories.
Fragilariforma	2	1	New taxon. Formerly included in Fragilaria (other)
Frustulia	1	2	Motile
Gomphocymbella	2	1	
Gomphoneis			see Gomphonema -other
Gomphonema angustatum	1	2	
Gomphonema minutum	4	2	New taxon
Gomphonema oivaceoides	2	3	
Gomphonema olivaceum	5	2	
Gomphonema parvulum	5	3	
Gomphonema (other)	3	1	
Gyrosigma	5	2	Motile
Hannaea areus	1	3	
Hantzschia	5	1	Motile
Karayevia	4	2	New taxon. Split from Achnanthes (other)
Kolbesia	4	2	New taxon. Split from Achnanthes (other)
Luticola	5	2	New taxon. Genus split from Navicula (other) Motile
Martyana	5	2	formerly freshwater species of Opephora.
Melosira varians	4	2	
Meridion circulare		3	
Navicula capitoradiaia	3	2	New taxon. Motile
Navicula cryptotenella-type		2	Motile. Includes N. menisculus, /V. reichardtiana
Navicula gregaria	5	1	Motile
Navicula lanceolata	5	2	Motile
Navicula tripunctata	4	2	Motile
Navicula (other)	4	1	excluding small species (see below). Including related genera such as Cavínula etc. Motile
Navicula (small sppcies)	5	1	nominally < 12 um. Including small species of Sellaphora, Diadesmis and related genera.
Neidium	2	3	

Zonificación Hídrica de la microcuenca del río La Trinidad, en la subcuenca del Río Viejo.

TAXON	S	V	COMMENT
Nitzschia acicularis	4	1	Motile
Nitzschia amphibia	5	3	Motile
Nitzschia dissipata	5	2	Motile
Nitzschia fonticola	3	2	New taxon. Motile
Nitzschia inconspicua	5	1	New taxon. Motile
Nitzschia palea	5	1	New taxon. Motile
Nitzschia pusilla	4	2	Motile
Nitzschia section Sigmoideae	4	2	generally large (> 100 µm) forms. Motile
Nitzschia (other)	4	1	includes Psammodictyon. Motile
Opephora			see Martyana
Peronidea fibula	1	3	
Pinnularia	1	3	Motile
Planothidium	5	2	New taxon. Formerly Achnanthes lanceolata-type, but now including P. delicatulum (formerly A. delicatula)
Pseudostaurosira brevistriata	2	2	
Psammothidium (other)	3	1	New taxon. Split from Achnanthes (other)
Psammothidium lauenburgianum	4	2	New taxon. Split from Achnanthes (other)
Psammothidium subatomoides	2	2	New taxon. Split from Achnanthes (other)
Psammodictyon			see Nitzschia (other)
Reimeria sinuata	4	3	
Rhizosolenia			see Urosolenia
Rhoicosphenia abbreviata	5	1	
Rhopalodia	1	1	
Rosithidium			See Achnanthes (other)
Sellaphora			Included with small Navicula.
Semiorbis	1	3	
Skeletonema	0	0	Plankton
Stauroneis	5	2	Motile
Staurosira	4	1	New taxon. Previously included with Frágilaria (other)
Staurosirelia	4	1	
Stenopterobia	1	1	Motile
Stephanodiscus	0	0	plankton
Surirelia islandico	1	2	New taxon. Motile
Surirelia (other)	3	1	Motile
Synedra pulchella			see Ctenophora pulchella
Synedra ulna	3	1	
Synedra (other)	4	1	
Tabellaria	2	3	
Tabularia	5	2	
Tetracyclus	1	1	
Thalassiosira	0	0	plankton
Tryblionella	4	1	Formerly included within Nitzschia (other). Motile
Urosolenia	0	0	Plankton

Anexo 17. Resultados físico-químicos, microbiológicos, arsénico, plaguicidas y Clasificación para Riego de las aguas subterráneas.

Fuente		Pila de Captación La Cañada		PP: Comunidad La Laguna		PP: Pozo Comunal Las Quebradas		PP: Comunal Tomabú		PP. Subtiava		PP: Las Lajas - Sector Escuela		PP: Pozo 5	
Parámetros	Unidades	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Color Verdadero	mg.l ⁻¹ Pt-Co	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
Turbidez	UNT	0,90	1,2	1,50	1,40	1,70	0,50	1,70	1,50	2,00	0,50	4,20	0,60	1,90	0,50
Conductividad	μS.cm ⁻¹	346,00	335,00	441,00	544,50	462,00	416,00	1064,00	820,00	614,00	569,00	542,00	505,00	311,00	328,00
pH	Unidades	7,41	7,36	7,36	7,55	7,46	7,37	7,52	7,44	7,56	7,67	7,76	7,66	7,37	7,45
Alcalinidad total	mg.l ⁻¹	166,02	172,00	208,02	264,05	200,00	195,00	234,00	222,05	284,00	288,05	250,00	242,00	168,00	162,00
Dureza total	mg.l ⁻¹	122,88	132,00	119,04	146,00	146,00	131,67	392,00	326,00	220,00	240,00	148,00	146,52	130,00	124,00
STD	mg.l ⁻¹	213,56	278,67	262,26	389,25	275,51	327,43	667,34	567,55	344,49	386,84	324,25	367,73	224,17	276,98
Sodio	mg.l ⁻¹	16,95	22,00	46,80	67,00	40,20	39,85	79,55	64,60	45,20	44,70	65,80	62,80	23,00	21,40
Potasio	mg.l ⁻¹	4,60	4,50	4,30	4,40	6,80	6,44	2,20	2,16	1,20	1,19	5,00	4,89	1,70	1,48
Calcio	mg.l ⁻¹	31,55	33,67	34,63	39,28	37,68	38,09	120,24	90,58	67,33	70,54	37,68	41,27	36,87	36,87
Magnesio	mg.l ⁻¹	10,74	11,66	7,93	11,66	12,64	8,90	22,36	24,30	12,64	15,55	13,12	10,59	9,23	7,78
Bicarbonatos	mg.l ⁻¹	202,59	209,91	253,84	322,19	244,08	237,98	285,57	270,93	346,59	351,48	305,10	295,34	205,03	197,70
Sulfatos	mg.l ⁻¹	3,59	3,35	5,55	15,67	4,86	4,79	260,61	186,50	17,47	17,14	5,67	5,98	3,99	3,57
Cloruros	mg.l ⁻¹	3,49	3,21	4,39	9,26	11,02	10,42	24,22	20,83	8,31	8,38	13,26	12,91	7,04	5,97
Carbonatos	mg.l ⁻¹	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
Nitratos	mg.l ⁻¹	1,59	1,06	4,25	3,68	< ld	0,53	< ld	< ld	< ld	0,22	< ld	0,35	2,22	1,77
Alcalinidad a la Fenoftaleína	mg.l ⁻¹	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
Sílice disuelta	mg.l ⁻¹	88,64	96,02	63,31	79,87	90,5	101,41	36,49	44,77	46,93	56,29	72,13	83,74	84,11	100,94
Nitritos	mg.l ⁻¹	0,007	< ld	0,013	0,138	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	0,007	< ld
Hierro total	mg.l ⁻¹	0,07	0,02	0,13	0,02	0,05	< ld	< ld	0,08	< ld	0,04	< ld	< ld	0,02	0,02
Fluoruros	mg.l ⁻¹	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	0,70	0,58	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
Boro	mg.l ⁻¹	0,04	0,08	0,22	0,08	0,20	0,06	0,25	0,14	0,19	0,06	0,18	0,06	0,07	< ld

Indicadores microbiológicos en Agua Subterránea (NMP/100 ml)								
Parámetros	Coliformes totales		Coliformes termotolerantes		<i>Escherichia coli</i>		Enterococos	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Pila de captación La Cañada	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8
Comunidad La Laguna	4,50E+00	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8
Las Lajas - Sector Escuela	1,10E+02	3,30E+01	3,30E+01	2,0E+00	3,30E+01	2,0E+00	4,0E+00	< 1,8
Las Quebradas	2,3E+01	2,30E+01	4,50E+00	< 1,8	4,5E+00	< 1,8	1,7E+01	< 1,8
Tomabú	< 1,8	2,0E+00	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8
Subtiava	< 1,8	2,0E+00	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	1,8E+00	< 1,8
Pozo 5 ENACAL	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8
Mínimos	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8
Máximos	110,0	33,0	33,0	2,0	33,0	2,0	17,0	< 1,8

Arsénico en Agua Subterránea ($\mu\text{g.l}^{-1}$)		
Punto de Muestreo	sep-11	feb-12
Pila de captación La Cañada	2,32	3,14
Comunidad La Laguna	4,32	5,12
Las Lajas - Sector Escuela	6,01	5,88
Las Quebradas	3,79	4,61
Tomabú	< ld	< ld
Subtiava	< ld	< ld
Pozo 5 ENACAL	2,18	2,32

Plaguicidas 2012		
Organoclorados		
ng.l⁻¹	PP - 5	PE: La Virtud
ALFA-HCH	nd	nd
BETA-HCH		
DELTA-HCH		
GAMMA-HCH (LINDANO)		
PP-DDE		
PP-DDD		
PP-DDT		
HEPTACLORO		
HEPTACLORO-EPOXIDO		
ALDRIN		
DIELDRIN		
ENDRIN		
ENDOSULFAN I		
ENDOSULFAN II		
TOXAFENO		
Organofosforados		
CO-RAL (COUMAFOS)	nd	nd
DEF (TRIBUFOS)		
DIAZINON		
ETIL-PARATION		
ETION		
FENTION		
FORATE		
GUTION (AZINFOS METIL)		
MALATION		
METIL-PARATION		
MOCAP (PROFOS)		
TERBUFOS		
ZOLONE (FOSALONE)		
nd: no detectado		

Zonificación Hídrica de la microcuenca del río La Trinidad, en la subcuenca del río Viejo.

Parámetros para uso agrícola de las aguas superficiales																	
Fuente	unidades	Pila de Captación La Cañada		PP: Comunidad La Laguna		PP: Pozo Comunal Las Quebradas		PP: Comunal Tomabú		PP. Subtiava		PP: Las Lajas - Sector Escuela		PP: Pozo 5		Mínimos	Máximos
Parámetros	Unidades	11-sep	12-feb	11-sep	12-feb	11-sep	12-feb	11-sep	12-feb	11-sep	12-feb	11-sep	12-feb	11-sep	12-feb		
Conductividad	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	346,00	335,00	441,00	544,50	462,00	416,00	1064,00	820,00	614,00	569,00	542,00	505,00	311,00	328,00	311,00	1064,00
Sodio	$\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}$	0,737	0,957	2,036	2,915	1,749	1,733	3,460	2,810	1,966	1,944	2,862	2,732	1,001	0,931	0,737	3,460
Cloruros	$\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}$	0,098	0,091	0,124	0,261	0,311	0,294	0,683	0,588	0,234	0,236	0,374	0,364	0,199	0,168	0,091	0,683
Boro	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0,04	0,08	0,22	0,08	0,20	0,00	0,25	0,14	0,19	0,06	0,18	0,00	0,07	0,00	0,000	0,250
Dureza total	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	122,88	132,00	119,04	146,00	146,00	131,67	392,00	326,00	220,00	240,00	148,00	146,52	130,00	124,00	119,04	392,00
SAR		0,665	0,833	1,866	2,412	1,447	1,511	1,748	1,556	1,326	1,255	2,353	2,257	0,878	0,836	0,665	2,412
CSR	$\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}$	0,862	0,801	1,780	2,361	1,080	1,267	-3,159	-2,079	1,281	0,961	2,041	1,910	0,761	0,760	-3,159	2,361

Anexo 18. Valores guías de amonio recomendados según la CCME, 2008.

Valores guías recomendados para el amonio total							
pH	Concentración de amonio (mg.l⁻¹) a las diferentes temperaturas (°C)						
	0	5	10	15	20	25	30
6,50	2,5	2,4	2,2	2,2	1,49	1,04	0,73
6,75	2,5	2,4	2,2	2,2	1,49	1,04	0,73
7,00	2,5	2,4	2,2	2,2	1,49	1,04	0,74
7,25	2,5	2,4	2,2	2,2	1,50	1,04	0,74
7,50	2,5	2,4	2,2	2,2	1,50	1,05	0,74
7,75	2,3	2,2	2,1	2,0	1,40	0,99	0,71
8,00	1,53	1,44	1,37	1,33	0,93	0,66	0,47
8,25	0,87	0,82	0,78	0,76	0,54	0,39	0,28
8,50	0,49	0,47	0,45	0,44	0,32	0,23	0,17
8,75	0,28	0,27	0,26	0,27	0,19	0,16	0,11
9,00	0,16	0,16	0,16	0,16	0,13	0,10	0,08