



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	14
II.	ANTECEDENTES.....	16
III.	OBJETIVOS.....	17
	□ General.....	17
	□ Específicos.....	17
IV.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	18
4.1	Ubicación Política Administrativa.....	18
4.2	Localización hidrográfica.....	19
V.	ALCANCES.....	20
VI.	METODOLOGÍA.....	20
6.1	Caracterización Climática.....	20
6.1.1	Homogenización de datos climáticos.....	20
a)	Control de calidad.....	20
b)	Relleno de datos faltantes.....	21
6.1.2	Clasificación Climática.....	21
6.1.2.1	Metodología de Köppen modificado.....	22
6.2	Cálculo de Evapotranspiración de Referencia (Eto).....	24
6.1	Generación de Mallas de Precipitación, Temperatura y Evapotranspiración.....	26
6.3	Generación Escenarios de Clima Futuro.....	27
6.4	Geología.....	29
6.5	Suelos.....	30
VII.	HIDRÁULICA.....	31
7.1	Zonas de Recarga.....	31
VIII.	CALIDAD DEL AGUA.....	32
8.2.1	Tipos de análisis de muestras de agua.....	32
8.2.2	Recolecta, preservación, almacenamiento y transporte de las muestras.....	33



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

8.2.3. Métodos Analíticos Generales	34
8.2.4. Análisis Físico-químicos	36
8.2.5. Análisis Microbiológicos.....	37
8.2.6. Análisis de Metales Pesados	37
8.2.7. Análisis de Contaminantes Orgánicos	37
8.2.8. Calidad Microbiológica del Agua.....	38
b. Tipo 2 Aguas destinadas a usos agropecuarios se clasifican en dos categorías:	38
8.2.9. Plaguicidas Organoclorados y Organofosforados.....	40
IX. BALANCE HÍDRICO	42
9.1. Precipitación	44
9.2. Evapotranspiración Real (ETR).....	45
9.3. Escorrentía (E).....	45
9.4. Infiltración (Pi)	46
9.5. Retorno (R)	50
9.6. Demanda (Uc).....	50
X. CAUDAL ECOLÓGICO	51
10.1. Método de Tennat Modificado	51
XI. IMPACTO DE CLIMA FUTURO EN EL RECURSO HÍDRICO.....	52
11.1. Caracterización	53
11.1. Climatología	53
11.1.2. Homogenización de series climáticas	54
11.1.3. Relleno de datos faltantes	54
11.1.4. Comportamiento de la Precipitación	56
a) Distribución espacial del acumulado anual de precipitación	56
b) Distribución estacional de la Precipitación.....	57
c) Comportamiento canicular.....	59
d) Días con Precipitación mayor o igual a 1 mm.....	60
e) Precipitación máxima diaria.....	61
f) Tendencia de la Precipitación.....	61



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

10.1.3. Régimen Térmico	62
a) Distribución espacial de la temperatura media anual del aire	62
b) Distribución estacional de la temperatura media del aire.....	64
c) Tendencia de la temperatura media del aire.....	65
d) Temperatura máxima del aire.....	65
e) Temperatura mínima del aire.....	66
F) Humedad Relativa.....	66
10.1.4. Evapotranspiración de Referencia (Eto)	67
A. Ajuste de la ecuación de Hargreaves	67
B. Comportamiento de la ETo.....	69
11.1.5. Comportamiento del Viento	69
11.1.6. Clasificación Climática.....	73
11.1.7. Comportamiento de la precipitación anual y mensual durante el fenómeno ENSO (Evento La Niña y El Niño).	74
a) Distribución espacial de la precipitación anual en eventos El Niño.	74
b) Distribución espacial de la precipitación anual en eventos La Niña	76
11.1.8. Precipitación promedio durante los ciclones tropicales en la cuenca.	79
a) Tormenta Tropical Alleta	79
b) Huracán Joan	79
c) Tormenta tropical Bret	80
d) Tormenta tropical Gert.....	80
e) Huracán Cesar.....	80
f) Huracán Mitch.....	80
XII. Geología.....	81
12.1. Características Geológicas.....	82
12.1.1. Unidad Metamórfica (PTm).....	83
12.1.2. Unidad Batolito de Dipilto (T-PTia Terciario Pre-Terciario intrusivo ácido).....	86
12.1.3. Unidad Granito (Ptia, T-Pre-Terciario intrusivo ácido).....	87
12.1.4. Unidad Dique Intrusivo.....	89



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

12.1.5. Unidad Cuaternaria (Qa, Qc, Qt)	91
12.2. Geología Estructural.....	91
12.3. Geomorfología.....	92
12.3.1. Rasgos geomorfológicos de la Cuenca del Río Dipilto.....	92
C. Unidad de origen denudacionales (D)	93
D. Unidad de Origen Estructural (S).....	93
XIII. SUELOS.....	94
13.1. Orden de Suelos	94
13.1.1. Uso de suelos.....	98
13.1.2. Uso Potencial del Suelo.....	100
13.1.3. Conflicto de Uso	102
XIV. Hidrología	103
14.1. Características morfológicas de la cuenca	103
14.1.1. Parámetros de forma	103
14.1.2. Parámetros de relieve de la cuenca.....	104
1. Polígonos de frecuencias de altitudes	104
2. Curva Hipsométrica.....	105
14.1.3. Pendiente.....	106
14.2. Parámetros de la red hidrográfica.....	107
<input type="checkbox"/> Red de drenaje	107
<input type="checkbox"/> Densidad de drenaje	108
<input type="checkbox"/> Perfil del Río Dipilto.....	108
<input type="checkbox"/> Tiempo de Concentración (Tc)	109
14.3. Características de las Unidades Hidrológicas.....	110
a) Delimitación hidrográfica	110
<input type="checkbox"/> Unidad hidrológica Las Manos (45-9516949).....	112
<input type="checkbox"/> Unidad hidrológica La Laguna (45-9516948)	112
<input type="checkbox"/> Unidad hidrológica Las Calabaceras (45-9516947)	113
<input type="checkbox"/> Unidad hidrológica La Cuadrozón (45-9516946).....	113



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

<input type="checkbox"/>	Unidad hidrológica El Manteado (45-9516945)	113
<input type="checkbox"/>	Unidad hidrológica Ojo de Agua (45-9516944)	114
<input type="checkbox"/>	Unidad hidrológica Dipilto (45-9516943)	114
<input type="checkbox"/>	Unidad de la hidrológica San Ramón (45-9516942).....	114
<input type="checkbox"/>	Unidad hidrológica Ocotal (45-9516941).....	115
XV.	MEDIO HIDROGEOLÓGICO.....	116
	15.1. Características hidrodinámicas.....	116
a)	Profundidad del agua	116
b)	Dirección de flujo	117
c)	Parámetros Hidráulicos	119
<input type="checkbox"/>	Conductividad	119
	15.2. Zonas de Recarga.....	120
XVI.	USO Y DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO	123
	16.1 Demanda actual del recurso	123
a)	Uso doméstico.....	123
<input type="checkbox"/>	Sector Rural	124
<input type="checkbox"/>	Sector Urbano	124
b)	Uso público	125
c)	Uso Pecuario.....	125
d)	Uso riego.....	127
e)	Uso Industrial	127
	16.1.1 Extracciones de agua subterránea.....	127
	16.2 Proyección de la demanda de agua para consumo	128
XVII.	CALIDAD DEL AGUA	128
	17.1 Sitios de muestreos.....	129
	17.2 Tipos de análisis de muestras de agua.....	132
17.2.1	Parámetros físicos-químicos.....	132
<input type="checkbox"/>	Potencial de Hidrógeno (pH).....	132
<input type="checkbox"/>	Conductividad Eléctrica (CE)	133



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

<input type="checkbox"/>	Temperatura del agua (°C)	134
<input type="checkbox"/>	Sólidos Disueltos Totales (SDT)	135
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Oxígeno Disuelto (OD)	136
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Cationes	137
<input type="checkbox"/>	Sustancias no deseadas	138
	17.2.2 Tipo Hidroquímico	143
	17.2.3 Calidad del Agua para Riego	145
	17.3 Calidad microbiológica del agua	147
	17.4 Metales	152
	17.4.1 Arsénico total en aguas	153
	17.4.2 Zinc total en aguas	156
	17.4.3 Cadmio total en aguas	156
	17.4.4 Plomo total en aguas	156
	17.5 Plaguicidas Organoclorados y Organofosforados	157
XVIII.	BALANCE HÍDRICO	158
	18.1 Cálculo de variables de la ecuación de Balance Hídrico	158
a)	Precipitación áreal (P)	158
b)	Evapotranspiración Real (ETR)	159
c)	Escorrentía (E)	161
d)	Retornos	165
	18.1.1 Relación Precipitación – Aportación	165
	18.1.2 Resultado del Balance Hídrico	167
XIX.	CAUDAL ECOLÓGICO	168
XX.	DISPONIBILIDAD	170
XXI.	IMPACTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS ANTE FENOMENO ENSO (EVENTO LA NIÑA Y EL NIÑO)	171
	21.1 Análisis de escorrentía ante fenómeno ENSO	171
XXII.	CLIMA FUTURO E IMPACTO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS	173
	22.1 Análisis Estadístico de la Precipitación (1981-2060)	173



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

22.1.1	Línea base Climática 1981 – 2010.....	173
22.1.2	Tendencia de la precipitación 1981 – 2060.....	174
22.1.3	Período 2021 – 2040 (2030).....	175
22.1.4	Período 2041 – 2060 (2050).....	177
22.2	Análisis espacial y temporal de la temperatura (1981 – 2060).....	179
22.2.1	Línea base 1981 – 2010.....	179
22.2.2	Tendencia de la temperatura media 1981 – 2060.....	180
22.2.3	Período 2021 – 2040 (2030).....	181
22.2.4	Período 2041 - 2060 (2050).....	183
22.3	Análisis del Impacto de clima futuro a los Recursos Hídricos.....	185
XXIII.	CONCLUSIONES.....	187
XXIV.	RECOMENDACIÓN.....	197
XXV.	BIBLIOGRAFÍA.....	199
XXVI.	ANEXOS.....	203

GRAFICAS

Gráfica 4.1.	Distribución del área municipal en la cuenca del Río Dipilto.....	18
Gráfica 11.1.	Serie de datos histórica estandarizada de las tres estaciones meteorológicas ..	54
Gráfica 11.2.	Comportamiento del acumulado medio anual de lluvias estación Dipilto.....	55
Gráfica 11.3.	Distribución precipitación mensual de la cuenca del Río Dipilto.....	58
Gráfica 11.4.	Comportamiento de la precipitación mensual y promedio de las estaciones.....	59
Gráfica 11.5.	Comportamiento de la canícula en la cuenca del Río Dipilto.....	60
Gráfica 11.6.	Días con precipitación igual o mayor a 1 mm.....	60
Gráfica 11.7.	Precipitación máxima diaria en la cuenca del Río Dipilto.....	61
Gráfica 11.8.	Precipitación anual, cuenca Río Dipilto.....	62
Gráfica 11.10.	Comportamiento mensual de la Temperatura media del aire, cuenca Río Dipilto.....	64
Gráfica 11.11.	Tendencia de la temperatura media del aire, cuenca Río Dipilto.....	65



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

Gráfica 11.12. Comportamiento de la Humedad Relativa, cuenca Río Dipilto.	67
Gráfica 11.13. Serie estacional de ETo, comparando resultados de ambos métodos.	68
Gráfica 11.14. Serie mensual ajustada.....	68
Gráfica 11.15. Comportamiento de la Evapotranspiración (ETo), cuenca Río Dipilto.	69
Gráfica 11.16. Comportamiento de la Velocidad del viento, cuenca Río Dipilto.....	70
Gráfica 11.17. Precipitación mensual en Eventos El Niña y La Niña, cuenca Río Dipilto.	77
Gráfica 11.18. Comportamiento de la canícula durante eventos El Niño y La Niña, cuenca Río Dipilto.....	79
Cuadro 13.2. Distribución del área para de los diferentes usos de la tierra en la cuenca del Río Dipilto.....	98
Gráfica 14.1. Polígonos de frecuencia de altitudes – Cuenca Río Dipilto.	105
Gráfica 14.1. Curva Hipsométrica – Cuenca Río Dipilto.	106
Gráfica 14.3. Perfil Longitudinal del Río Dipilto	109
Gráfica 18.1. Distribución de la precipitación área en la cuenca del Río Dipilto.....	159
Gráfica 18.2 Distribución de la Evapotranspiración Real.....	160
Gráfica 18.3. Comportamiento de los caudales simulados de las unidades hidrológicas.	163
Gráfica 18.5. Correlación Escorrentía vs Precipitación.....	166
Gráfica 19.1. Representación gráfica de los caudales ecológicos en el Río Dipilto, según los criterios propuestos en el método de Tennant.....	169
Gráfica 20.1 Relación oferta - demanda, cuenca del Río Dipilto.....	171
Gráfica 21.1. Comportamiento de los caudales ante evento ENSO	172
Gráfica 22.1. Comportamiento mensual de la precipitación, período 1981 – 2010.	174
Gráfica 22.2. Tendencia de la precipitación anual en la cuenca del Río Dipilto, período 1981 – 2060.....	174
Gráfica 22.3. Acumulados mensuales de precipitación Línea Base vs 2030	176
Gráfica 22.4 Acumulados mensuales de precipitación Línea Base vs 2050	179
Gráfica 22.5 Temperatura media mensual, periodo 1981 - 2010.....	180
Gráfica 22.6 Tendencia de la temperatura media, período 1981 - 2060.....	181
Gráfica 22.7 Temperatura media mensual, línea base vs 2030.....	182



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

Gráfica 22.8 Temperatura media mensual, línea base vs 2050..... 185

Gráfica 22.9. Comportamiento de los caudales simulados para los escenarios de clima futuro
..... 186

CUADROS

Cuadro 4.1. Área de Municipios dentro de la cuenca del Río Dipilto. 18

Cuadro 6.1. Clasificación climática según Köppen 23

Cuadro 6.2 Tipos de clima según Köppen (segunda sub-división) 23

Cuadro 6.3. Nuevas designaciones de clima de Köppen modificado para clima de trópicos ... 24

Cuadro 8.1. Análisis ejecutados a muestras de aguas 32

Cuadro 8.2. Protocolo maestro para el muestreo. 34

Cuadro 8.3. Métodos utilizados para el análisis de las muestras recolectadas en campo.
CIRA/UNAN 34

Cuadro 8.4. Normativa ambiental - Norma para Clasificación de los Recursos Hídricos de INAA.
..... 40

Cuadro 10.1. Clasificación de caudales mínimos Tennant (1976) 52

Cuadro 11.1. Estaciones meteorológicas seleccionadas..... 53

Cuadro 13.1. Orden de Suelos: Cuenca del Río Dipilto..... 97

Cuadro 13.2. Distribución del área para de los diferentes usos de la tierra en la cuenca del Río
Dipilto..... 98

Cuadro 13.3. Distribución del uso potencial del suelo en la cuenca del Río Dipilto. 101

Cuadro 14.1. Clasificación del terreno en base a la pendiente 106

Cuadro 14.2. Resumen de los parámetros morfométricos de la cuenca del Río Dipilto..... 110

Cuadro 14.3. Unidades Hidrográficas de la cuenca del Río Dipilto..... 111

Cuadro 14.3. Unidades hidrológicas que conforman la cuenca del Río Dipilto. 116

Cuadro 15.1 Niveles estáticos del agua (NEA) en m 117

Cuadro 15.2. Caudales medidos en Manantiales 120

Cuadro 15.3. Infiltraciones por zonas de recarga en la cuenca del Río Dipilto 122

Cuadro 16.1. Tipos de actividad pecuaria por municipios 126



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

Cuadro 16.2. Población Pecuaria en la cuenca del Río Dipilto.....	126
Cuadro 16.3. Demanda de uso Pecuario en la cuenca del Río Dipilto.....	126
Cuadro 16.4. Demanda de agua para satisfacer a la población futura	128
Cuadro 17.1. Sitos de muestreo para Calidad de Agua.....	130
Cuadro 17.2: Grado de dureza.....	135
Cuadro 17.6. Parámetros físico-químicos	137
Cuadro 18.1 Coeficientes de K_c , para los usos de suelo de la Cuenca Dipilto.	160
Cuadro 18.2. Resultados de caudales simulados para cada unidad hidrológica.	162
Cuadro 18.3. Aportación en Millones de Metros Cúbicos (MMC)	164
Cuadro 18.4. Resultados de Balance Hídrico Cuenca Río Dipilto	167
Cuadro 19.1 Resultados de caudales ecológicos (m^3/s), Método de Tennant	168
Cuadro 20.1. Aportación hídrica considerando el caudal ecológico.....	170
Cuadro 21.1. Comportamiento de los caudales ante evento ENSO	172
Cuadro 22.1. Aportación total para los escenarios de clima futuro	185

FIGURAS

Figura.4.1. Mapa de ubicación geográfica de la cuenca del Río Dipilto.....	19
Figura 6.1 Método de vecinos naturales.....	27
Figura 6.2. Interpolación mediante curva cúbica tipo Catmull-Rom	28
Figura 6.3. Método de corrección de tendencia establecido por Wood et al en 2004	29
Figura 9.1. Representación el modelo hidrológico de Témez.	43
Figura 9.2. Permeámetro de Guelph	49
Figura 11.1 Inventario de datos de las tres estaciones meteorológicas.....	55
Figura 11.3. Mapa de Distribución anual de la temperatura en la cuenca del Río Dipilto	63
Figura 11.4. Circulación Montaña Ladera.....	70
Figura 11.5. Circulación Valle arriba – Valle abajo	72
Figura 11.6. Clasificación Climática de Köppen, Cuenca Río Dipilto	74
Figura 11.7. Distribución espacial de la precipitación anual en eventos El Niño.....	75
Figura 11.8. Distribución espacial de la precipitación anual en eventos La Niña.	76



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

Figura 12 1. Mapa Geológico de la Cuenca de Río Dipilto	82
Ocotal. Dipilto. Río Dipilto	91
Figura 13.1. Distribución de áreas de los Órdenes de Suelo de la cuenca del Río Dipilto	97
Figura 13.2. Uso del Suelo en la cuenca del Río Dipilto.	99
Figura 13.3. Uso potencial de la Tierra de la Cuenca del Río Dipilto.	101
Figura 13.4. Conflicto de Uso de Suelo de la cuenca del Río Dipilto.	102
Figura 14.2. Distribución de Pendientes en porcentaje.	107
Figura 14.3. Unidades hidrológicas de la cuenca del Río Dipilto	111
Figura 15.2. Inventario hidrogeológico en la cuenca Dipilto.....	118
Figura 15.3. Valores de conductividad Hidráulica de la cuenca Dipilto	119
Figura 15.4. Mapa de recarga hídrica en la cuenca del Río Dipilto.....	121
Figura 17.1. Sitios donde se realizaron las muestras de calidad de agua.	131
Figura 17.2: pH de campo y de laboratorio	133
Figura 17.3. Conductividad Eléctrica de campo y laboratorio	133
Figura 17.4. Relación temperatura/elevación	134
Figura 17.5 Valores máximos y mínimos del Oxígeno Disuelto.	136
Figura 17.7: Sitio – Captación en Regalo de Dios N° 2 Nótese la materia orgánica.	140
Figura 17.8. Fuente de Agua Viva Figura 17.9. Fuente Alto Pino	141
Figura 17.10 Fuente El Cimarrón. No hay aporte de sedimentos	141
Figura 17.11. Regalo de Dios N° 2, aporte de hierro de las rocas.	142
Figura 17.12: El Volcán. Suelos derivados de minerales de Hierro	142
Figura 17.13: Mapa de concentración de hierro total.....	143
Figura 17.14. Tipo Hidroquímico del Agua.....	144
Figura 17.15. Mapa Hidrogeoquímico.....	145
Figura 17.16. Calidad de agua para riego	147
Figura 17.17 Tipo de Agua por Coliformes Totales.....	149
Figura 17.18: Aguas categoría 2-B, para riego.....	150
Figura 17.19: Aguas categoria 4-A, para contacto humano total	150
Figura 17.20. Aguas categoria 4-B, para contacto humano parcial	151



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

Figura 17.21. Concentración de Arsénico en el agua.....	155
Figura 17.22. Concentración de Arsénico.....	155
Figura 18.1. Área de estudio de Balance Hídrico.....	162
Figura 18.2. Escorrentía media anual, período 1981 a 2018.....	166
Figura 22.1. Distribución de la precipitación anual, período 2021 - 2040 (2030).....	175
Figura 22.2. Distribución de la precipitación anual, período 2041 - 2060 (2050).....	177
Figura 22.3. Distribución espacial de temperatura media, período 2021 – 2040 (2030).....	183

FOTOS

Foto 9.1. Posición de cilindros concéntricos.....	70
Foto.12.1. Vista Panorámica Cerró La Cruz hacia el Oeste.....	108
Foto.12.2. Afloramiento de roca metamórfica filitas en Cerro La Cruz.....	108
Foto.12.3 Afloramiento de roca metamórficas filitas, Cerro Guansapo.....	108
Foto.12.4. Vista Panorámica hacia el Norte Cerró compuesto de roca Metamórfica.....	109
Foto.12.5. Fracturas paralelas orientación NE.....	109
Foto.12.6. Roca Metamórfica con intercalaciones de vetillas de cuarzo.....	109
Foto.12.7. Vetilla de cuarzo con un ancho de 0.20 m.....	109
Foto.12.8. Muestra de mano, roca granito textura porfírica.....	110
Foto 12.9. Afloramiento geológico roca granito, parte del Batolito de Dipilto, Las Manos.....	111
Foto 12.10. Muestra de roca granito.....	111
Foto.12.13. Tipo de suelo textura arenoso, origen de roca granito, Dipilto.....	112
Foto.12.15. Bloque masivo de Dique intrusivo Basáltico cuarzo.....	114
Foto.12.16. Fracturas rellenas de vetillas de dique intrusivo basáltico.....	114
Foto.12.17. Dique intrusivo Basáltico Sector La Cabaña, Dipilto.....	115
Foto.12.18. Contacto de roca metamórfica y Dique intrusivo basáltico, Dipilto.....	115
Foto.12.19. Depósito de sedimentos, Ocotol. Dipilto.....	115
Foto.12.20. Rodados de roca en lecho del Río Dipilto.....	115
Foto 12.21. Desprendimientos de roca granito, Cerro El Perote, Dipilto.....	117



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

Foto 12.22. Geomorfología de Cerro La Cruz, Ocotal.....118

ANEXO

1. Estaciones meteorológicas utilizada en el estudio.....	203
2. Localización espacial de las estaciones meteorológicas en la cuenca.	203
3. Temperatura mínima absoluta mensual en las estaciones meteorológicas	204
4. Tendencia de la Temperatura mínima absoluta.....	204
5. Temperatura máxima absoluta mensual.....	205
6. Tendencia de la Temperatura máxima absoluta.....	205
8. Tendencia de la temperatura máxima absoluta 1981 – 2060.....	206
9. Tendencia de la temperatura mínima absoluta 1981 – 2060.	207
10. Distribución espacial de la precipitación máxima diaria.	207
12. Caudales simulados -Periodo 1981/2018.....	209
13. Evapotranspiración Real Período 1981 al 2010.....	211
14. Precipitación Áreal período 1981 a 2018.....	212
15. Caudales simulados - Período 2021/2040.....	214
17. Caudales simulados -Período 2041/2060.....	216
18. Evapotranspiración Real Período 2041 al 2060.....	217
19. Fuentes hidrogeológicas del inventario total de la Cuenca del Río Dipilto	218
20. Niveles Estáticos del Agua en Pozos excavados.....	220
21. Extracciones en los manantiales en m ³ /d.....	221



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

I. INTRODUCCIÓN.

El Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN), ha priorizado la implementación de medidas de adaptación al cambio climático en la Cuenca del Río Coco y como parte de ésta, la cuenca del Río Dipilto, de gran importancia para el suministro de agua potable a la ciudad de Ocotal.

A partir de mayo del 2015, se conformó una Comisión Interinstitucional, integrada por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, **MARENA**; el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, **INETER**; la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, **ENACAL**; el Fondo de Inversión Social de Emergencia, **FISE** y la Autoridad Nacional del Agua, **ANA**.

Como parte del Programa de “Gestión Comunitaria de la Cuenca del Río Dipilto (PROGGECC), el Instituto Nicaragüense de Estudios territoriales (INETER) y el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), firmaron convenio para ejecutar acciones dirigidas a cumplir con el objetivo global del Programa, el cual consiste en **“Aumentar la capacidad adaptativa de las personas, familias y comunidades protagonistas urbanas y rurales de los Municipios de Dipilto y Ocotal y los ecosistemas de la cuenca del Río Dipilto ante los efectos al cambio climático”**. La Ejecución de este Programa se realizará en el período del 2016 al 2019, financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).

Este programa tiene como estrategia de intervención dos componentes AZUL y VERDE, vinculadas entre sí; en donde la componente **“AZUL”**, busca que la población protagonista en la cuenca disponga de más agua y de mejor calidad para diferentes



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

usos, debido a esto el INETER desarrolló línea base sobre las condiciones hidroclimáticas y amenazas por fenómenos naturales y, la componente “**VERDE**”, se orienta a la restauración de los ecosistemas, en particular, el bosque, mediante la promoción y adopción por los productores/as de prácticas agroecológicas climáticamente adaptadas , que contribuyan a la recuperación de los suelos y al incremento de la cobertura forestal, a la infiltración de agua y la reducción de escorrentía, logrando cambios sostenibles, positivos y visibles del paisaje, reduciendo las condiciones de degradación de la cuenca y sus respectivas microcuencas.

Como parte de la componente **AZUL**, se ha realizado el estudio hidroclimático, que tiene como temática el análisis de las variables de precipitación, temperatura, evaporación, evapotranspiración, escorrentía, caracterización climática y geológica, escenarios de clima futuro, caudal ecológico y balance hídrico, con la finalidad de determinar el estado actual del recurso hídrico. Esta línea base servirá para la evaluación de la efectividad de las acciones desarrolladas en el Programa de Gestión Comunitaria dentro de la cuenca.

Para los análisis de las variables climáticas se utilizaron registros de estaciones meteorológicas de 1981 al 2010, esto es debido a normas establecidas por la organización meteorológica Mundial (OMM), donde se establece los periodos con un mínimo de 30 años; para la elaboración de los escenarios de clima futuro, se calculó el acumulado y la distribución espacial de las variables de precipitación, temperatura y evapotranspiración para las proyecciones del 2021 al 2040 y 2041 al 2060.

El balance hídrico, se realizó con información hidrometeorológica correspondiente 1981-2018 (37 años), considerando el año hidrológico de mayo – abril, y un área de drenaje



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

de 80.37 km², correspondiendo al sitio de control hidrológico (sitio de aforo), que se ubica en la estación hidrológica La Cabaña.

II. ANTECEDENTES

Existen diversos estudios relacionados a la estimación de los volúmenes o escurrimientos de la cuenca del Río Dipilto, entre estos tenemos los siguientes:

“**Subcuenca Río Dipilto, Diagnóstico Biofísico y socioeconómico¹**” realizado en el año 2011 por la Oficina de Servicios para Proyectos de las Naciones Unidas (**UNOPS**); el estudio hace referencia que el caudal del Río Dipilto ha disminuido en los últimos 15 años en un **80%**, basado en datos de aforos que se realizaron entre el período 1996 – 2011; en sus conclusiones enfatiza que, de continuar esta tendencia de reducción del caudal, la población de Ocotal se verá afectada por la escasez en los próximos años.

Otro documento de referencia es el elaborado por El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (**INETER**) en el 2015, por la Dirección General de Recursos Hídrico, el cual hace referencia que la escorrentía superficial es de **552.72 mm/año**, equivalente a **53.76 MMCA²**, para un área de drenaje de 96.51 km² estos resultados se basados considerando solo la relación lluvia-escorrentía, aplicando la metodología de Budyko.

De igual manera en el año 2016, Jonas Bernasconi de la universidad **Haute École d'Ingénierie et de Gestión du Canton de Vaud (HEIG-VD)** de Suiza realizó una tesis “**Análisis del recurso hídrico en la cuenca del Río Dipilto**”, Nicaragua, los resultados obtenidos del balance hídrico fueron escurrimiento anuales, para el período del 2000 al

¹ http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/UNOPS/UNOPS0020/Diagnostico_Dipilto_VFinal_febrero12.pdf.

² MMCA: Millones de metros cúbicos al año.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

2016, determinándose un escurrimiento medio de **346.5 mm/año** hasta el sitio de control La Cabaña, para un área de drenaje de 81.4 km².

III. OBJETIVOS

▪ General

Establecer línea base de las condiciones hidroclimáticas actuales y futuras en la cuenca del Río Dipilto, mediante la elaboración del Balance hídrico, considerando usos y demanda del recurso agua.

▪ Específicos

- a. Elaborar la caracterización climática.
- b. Realizar análisis de variabilidad climática y escenario de clima futuro.
- c. Elaborar caracterización geológica, geomorfológica, edafológica y comportamiento hidrológico e hidrogeológico.
- d. Realizar el Balance Hídrico mensual.
- e. Determinar el caudal ecológico en el Río Dipilto.
- f. Determinar el impacto de la variabilidad climática y de clima futuro en los recursos hídricos.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

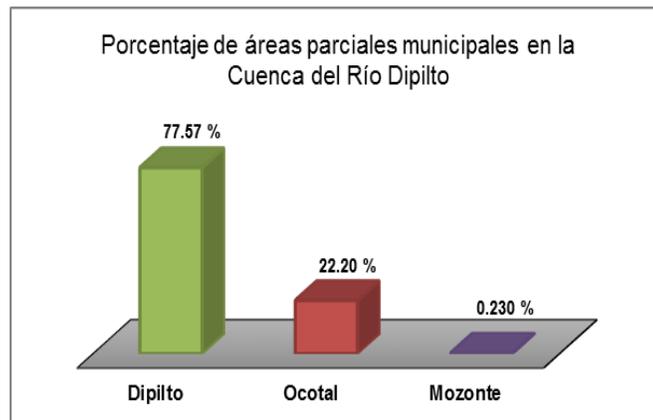
09

2019

IV. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

4.1 Ubicación Política Administrativa.

Pertenece al departamento de Nueva Segovia, dentro de la cuenca del Río Dipilto se encuentra los municipios de Dipilto con una extensión territorial de 73.86 km², Ocotal con 21.14 km² y el municipio de Mozonte con un área de 0.214 km². En la gráfica 4.1 y cuadro 4.1 se muestra la representación del porcentaje de área de cada municipio en la cuenca.



Gráfica 4.1. Distribución del área municipal en la cuenca del Río Dipilto.

Cuadro 4.1. Área de Municipios dentro de la cuenca del Río Dipilto.

Municipios	Área del municipio (km)	Área en la unidad hidrográfica (km)	Porcentaje %
Dipilto	104.31	73.86	77.6
Ocotal	86.99	21.14	22.2
Mozonte	219.53	0.214	0.23
Total		95.21	100



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

4.2. Localización hidrográfica

La cuenca del Río Dipilto forma parte de la cuenca hidrográfica del Río Coco (N°45), se localiza entre las coordenadas geográficas: Latitud Norte 13°34'9.7" hasta 13°48'20.7" y longitud Oeste, 86°16'14.19" hasta 86°34'35.3". Figura 4.1.

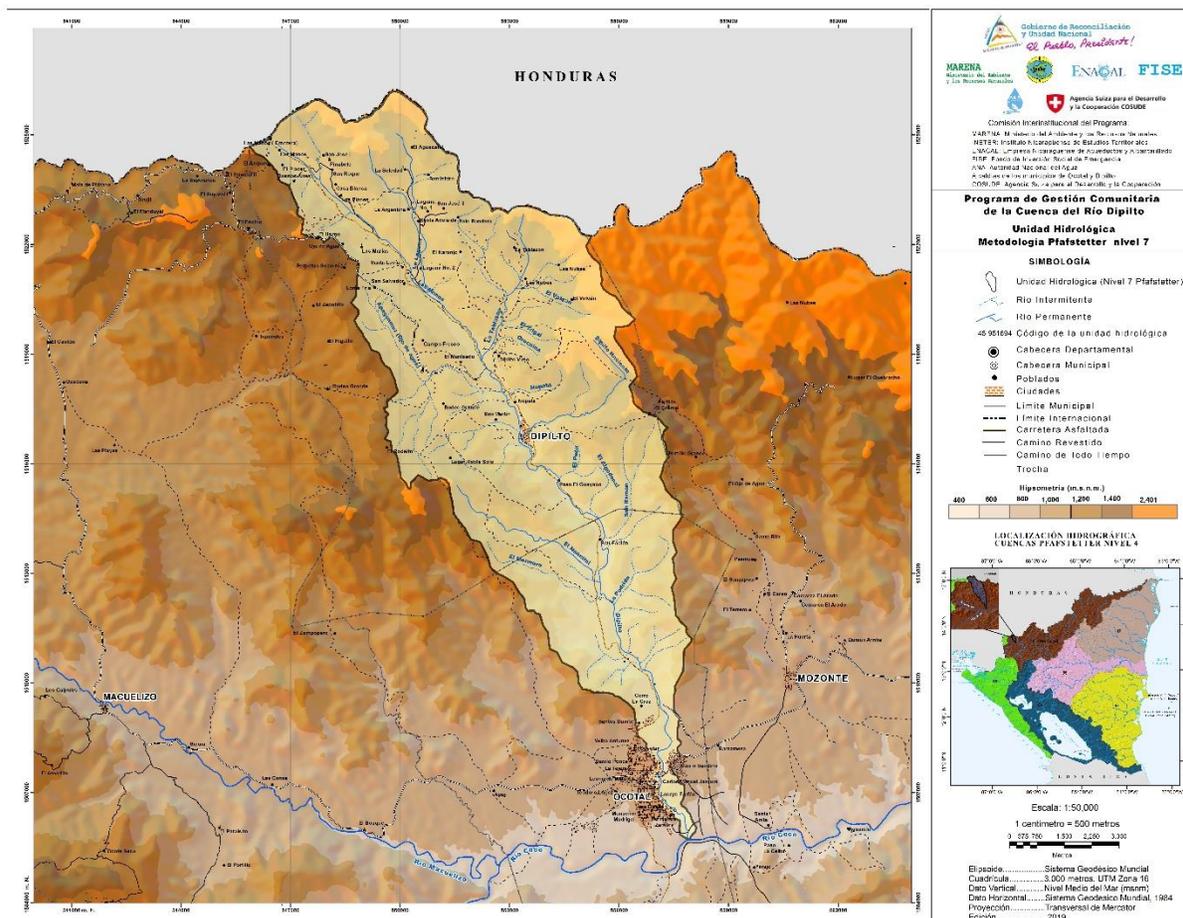


Figura.4.1. Mapa de ubicación geográfica de la cuenca del Río Dipilto.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

V. ALCANCES.

- Determinar la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca, con la elaboración de balance hídrico.
- Identificar las zonas de recarga hídrica en la cuenca, a fin de tener una mejor planificación y manejo de las unidades hidrológicas.
- Calcular el caudal ecológico del Río Dipilto, que permita el mayor aprovechamiento del recurso hídrico considerando el equilibrio del ambiente.
- Establecer la línea base, que permita evaluar el impacto de las acciones del componente **VERDE** en el recurso hídrico.

VI. METODOLOGÍA

6.1. Caracterización Climática

6.1.1. Homogenización de datos climáticos

a) Control de calidad

El control de calidad de las series climáticas se realizó mediante la función Homegen de la aplicación estadística Climatol (José A. Guijarro, AEMET), el cual determina la consistencia de datos, mediante una regresión tipo II de cada “estación problema” con una estación de referencia (promedio de las estaciones meteorológicas a evaluar). Este método está inspirado en el utilizado por Paulhus y Kohler (1952), para rellenar datos ausentes de precipitación diaria. La calidad de la serie se evalúa de dos maneras:



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

- **Datos anómalos:** la serie de datos se estandariza, y las anomalías mayores de 5 (por defecto en la aplicación) desviaciones típicas se consideran como datos a corregir.
- **Salto en la media:** a la serie de datos se le aplica la prueba de Standard Normal Homogeneity Test (Alexandersson, 1986). Sobre ventanas de 120 datos que se van moviendo en saltos por cada 60 valores (valor por defecto en la aplicación).

b) Relleno de datos faltantes

El proceso de relleno de series mensuales se efectuó por correlación ortogonal, mediante el programa Banco de Datos Hidrológico (BDH), desarrollado por INCLAM³. Este programa permite determinar la correlación ortogonal existente en cada uno de los meses del año, en series de datos de precipitación o temperatura mediante su correspondiente agrupación y en función de los valores cruzados de correlación obtenidos. Para la variable temperatura se acepta la correlación cuando el coeficiente es de 0.90, mientras para precipitación se acepta con un coeficiente de 0.70

6.1.2. Clasificación Climática

Mediante el análisis estadístico de las series climáticas de 37 años de datos, se describe el comportamiento normal de las distintas variables meteorológicas (lluvia, temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad de viento, etc.) en el área de estudio. Además, con ayuda de los modelos conceptuales conocidos (por ejemplo, la interacción de vientos Montaña/Valle), se determinan las distintas interacciones climáticas que ocurren en la cuenca. Con el análisis frecuencial y otros métodos estadísticos se identifican las

³ www.inclam.com



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO			
DOCUMENTO FINAL	FECHA:		
	25	09	2019

lluvias por efecto de ciclones tropicales, valores extremos, períodos con fases frías y cálidas del fenómeno ENOS⁴, y precipitaciones máximas diarias.

6.1.2.1. Metodología de Köppen modificado

Consiste en una clasificación que identifica el clima predominante, con una serie de simbologías, que indican de manera general el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones que caracterizan el tipo de clima imperante en una región. La metodología utilizada en el presente estudio es el “**Sistema de Clasificación Climática de Köppen modificado**” (E, García, 1988).

El sistema de clasificación de Köppen utiliza formulas empíricas y valores derivados de las variaciones de ciertos elementos climáticos para determinar e identificar cinco grandes grupos de clima y las subdivisiones correspondientes (cuadro 6.1), que en conjunto constituyen once tipos de climas fundamentales. Dichas formulas y valores fueron calculadas y escogidos por estar en relación con importantes características del clima que determinan la distribución sobre la Tierra de las principales agrupaciones de plantas superiores y de otros seres vivientes.

Las modificaciones y adaptaciones al sistema se realizaron sin apartarse de los lineamientos generales de la clasificación original, de modo que en la clasificación modificada se siguen empleando todos los símbolos y fórmulas de Köppen. Cabe destacar que las nuevas designaciones a que nos referimos fueron establecidas con base a formaciones vegetales ubicadas en zonas latitudinales tropicales

⁴ El Niño - Oscilación del Sur



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Cuadro 6.1. Clasificación climática según Köppen

Grupo	Denominación	Criterio de clasificación	Características
A	Climas tropicales	Temperatura media superior a 18 °C todos los meses.	Ausencia de invierno.
B	Climas secos o áridos	Evaporación superior a la precipitación como media anual.	No existen cursos permanentes de agua (ríos).
C	Climas templados (mesotérmicos)	Temperatura media del mes más frío entre - 3°C y 18°C y del mes más cálido superior a 10°C.	Presentan verano e invierno.
D	Climas fríos o de nieve (microtérmicos)	Temperatura media del mes más frío inferior a - 3°C y del mes más cálido superior a 10°C	Isoterma de 10°C que coincide con el límite septentrional de crecimiento de bosque.
E	Climas de hielo	Temperatura media del mes más cálido inferior a 10°C	Carecen de verdadero verano.

Fuente: Dra. Enriqueta García, 1988.

La subdivisión según Köppen modificado, queda definida en función de la distribución estacional de la precipitación, añadiendo una segunda letra (minúscula) al código de la clasificación como podemos ver en el cuadro 6.2.

Cuadro 6.2 Tipos de clima según Köppen (segunda sub-división)

Clima	Denominación	Características
Af	Clima de selva tropical lluviosa	Precipitación mayor a 600 mm en el mes más seco.
Aw	Clima de sabana tropical	Al menos un mes con precipitación menor a 600 mm.
Am	Clima monzónico	Precipitación menor a 600 mm en el mes más seco.
BS	Clima de estepa	Clima árido continental.
BW	Clima desértico	Precipitación anual inferior a 400 mm.
Cf	Clima templado húmedo sin estación seca	Precipitación mayor a 300 mm en el mes más seco.
Cs	Clima templado con verano seco	La precipitación del mes más seco del verano es inferior a 300 mm y la del mes más lluvioso del invierno tres veces superior.
Cw	Clima templado con estación invernal seca	El mes más húmedo del verano es diez veces superior al más seco del invierno.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Df	Clima boreal de nieves y bosque con inviernos húmedos	No hay estación seca
Dw	Clima boreal de nieves y bosque con inviernos secos	Con una estación seca en invierno.
Et	Clima de tundra	Temperatura media del mes más cálido es inferior a 10°C y superior a 0°C.
EF	Clima de hielos perpetuos	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 0°C.

Fuente: Dra. Enriqueta García, 1988.

El tipo de clima Aw (subhúmedo con lluvias en verano), a su vez se ha subdividido en tres categorías utilizando como indicador el resultado de la división entre la precipitación y temperatura anual de la región a clasificar.

Cuadro 6.3. Nuevas designaciones de clima de Köppen modificado para clima de trópicos

Símbolo	Cociente P/T	Designaciones
Aw ₀	43.2	el más seco de los subhúmedos
Aw ₁	entre 43.2 y 55.3	intermedio entre Aw ₀ y Aw ₂
Aw ₂	55.3	el más húmedo de los Subhúmedos

Fuente: Dra. Enriqueta García, 1988

6.2. Cálculo de Evapotranspiración de Referencia (Eto)

Una limitante para el cálculo de la ETo es que solo la estación de Ocotol registra todas las variables utilizadas en la mayoría de los métodos (radiación solar, humedad relativa, temperatura, etc), por esto se procedió a determinar la ETo por dos métodos y hacer un ajuste mediante coeficientes lineales.

Para la estación de Ocotol, la ETo se determinó mediante la metodología propuesta por Food and Agriculture Organization (**FAO**) de Penman- Monteith modificado y por el método de Hargreaves, también propuesta por FAO, utilizada cuando no se tienen datos



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

de radiación solar, humedad relativa o velocidad del viento, establecida en la Guía 56⁵. Esto se realizó con el objetivo de calibrar el método de Hargreaves mediante factores de ajuste determinados al compararlos con el método de Penman-Monteith modificado.

La ETo por Penman-Monteith modificado⁶ se determina mediante la siguiente fórmula:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

Donde:

ET_o	evapotranspiración de referencia (mm día ⁻¹)
R_n	radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m ⁻² día ⁻¹)
R_s	radiación extraterrestre (mm día ⁻¹)
G	flujo del calor de suelo (MJ m ⁻² día ⁻¹)
T	temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)
u_2	velocidad del viento a 2 m de altura (m s ⁻¹)
e_s	presión de vapor de saturación (kPa)
e_a	presión real de vapor (kPa)
$e_s - e_a$	déficit de presión de vapor (kPa)
Δ	pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C ⁻¹)
γ	constante psicrométrica (kPa °C ⁻¹)

La metodología para el cálculo de la ETo mediante la ecuación de Hargreaves, considera las variables mínimas, la temperatura (máxima, media y mínima). A continuación, se muestra la fórmula:

$$ET_o = 0.0023((T_{med} + 17.8)(T_{max} - T_{min}))\Delta^{0.5} * (R_a) \quad \text{Ecuación 6.2}$$

Dónde:

⁵ Evapotranspiración de los Cultivos, FAO

⁶ FAO 56, 2012



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

ET_o: evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

T_{med}: temperatura media mensual (°C)

T_{max}: temperatura máxima mensual (°C)

T_{mín}: temperatura mínima mensual (°C)

R_a: radiación solar extraterrestre (mm día⁻¹)

Para el cálculo de la radiación solar extraterrestre (R_a), expresada en unidades MJm⁻² día⁻¹, se efectúa mediante la ecuación 6.3.

$$R_a = ((24 \cdot 60) / \pi) G_{sc} d_r [w_s \sin(\Phi) \sin(\delta) + \cos(\Phi) \cos(\delta) \sin(w_s)] \quad (\text{Ecuación 6.3})$$

Luego de obtener los factores de ajuste mensuales, se realizó el cálculo de la serie histórica de ET_o, en las estaciones de Los Planes y Dipilto, además de los rasters para toda la cuenca.

6.3 Generación de Mallas de Precipitación, Temperatura y Evapotranspiración.

Se utilizó el método de vecinos naturales⁷ (Sibson, R., 1981), los coeficientes de mayor peso para el cálculo de las variables meteorológicas en una celda determinada, son aquellas celdas que corresponden a las grillas contiguas que rodean a la celda en cuestión, dividiendo el área mediante polígonos de Voronoi, cuyos contornos corresponden a líneas rectas, perpendiculares a aquellas que unen las celdas con cada una de las estaciones adyacentes. Figura 6.1.

⁷ 1981, Sibson R., A brief description of natural neighbor interpolation.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

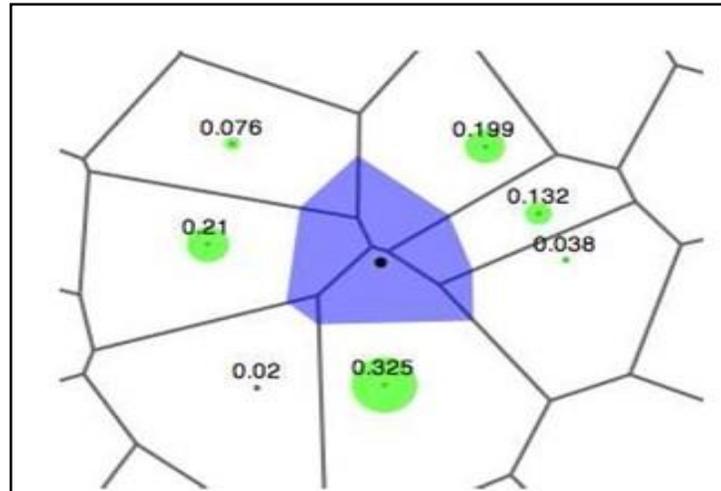


Figura 6.1 Método de vecinos naturales

Los centros de los círculos verdes (figura 6.1), representan la posición de las distintas estaciones utilizadas para interpolar, mientras que el punto situado en el polígono azul es el centro de la celda en turno. Los coeficientes de intervención de cada estación, se calculan en función de la fracción de la superficie total del polígono azul, correspondiente a la celda que se encuentra inmersa en cada uno de los polígonos de Voronoi asignado a cada estación.

6.4. Generación Escenarios de Clima Futuro.

Los escenarios de clima futuro se realizaron mediante el método estadístico de Reducción de Escala, utilizando el algoritmo de Catmull-Rom (Figura 6.2), además de una corrección de tendencia de las series proyectada para la Ruta Representativa de Concentración (RCP, por sus siglas en inglés) de 4.5 w/m².



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

La reducción de escala, modifica la resolución de los modelos globales de más de 1° (110 km) a una de 0.01° (aproximadamente 1 km). Esta reducción se realiza a cada uno de los raster mensuales de lluvia y temperatura estimados por el modelo de clima futuro.

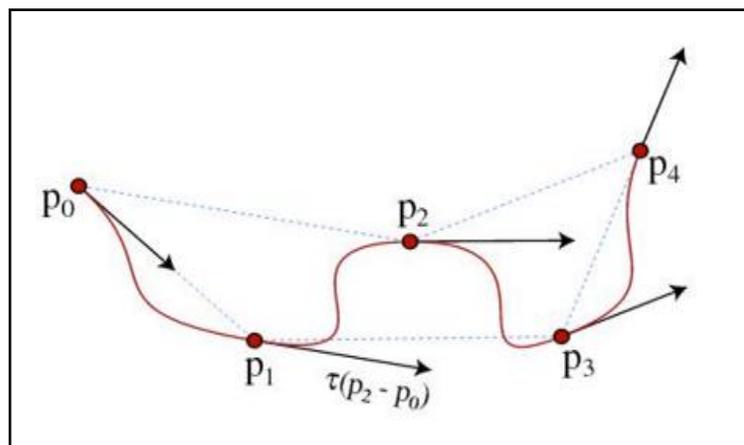


Figura 6.2. Interpolación mediante curva cúbica tipo Catmull-Rom⁸

La corrección de tendencia aplicada a las series de lluvia y temperatura, se realiza siguiendo la metodología de Wood et al (2004). En cada uno de los doce meses del año se calcula la distribución de probabilidad de lluvia y temperatura, ordenando de manera creciente los valores mensuales correspondientes a cada una de las series.

Establecidas las distribuciones de probabilidad de las series mensuales de lluvia y temperatura correspondientes a las distintas proyecciones de clima futuro consideradas, se han corregido mes a mes en función de las diferencias existentes en las dos distribuciones de probabilidad, con los coeficientes calculados se ajusta la proyección de clima futuro con la tendencia de la línea base climática (1981 a 2010). Figura 6.3.

⁸ 2016, Interpolation algorithm using Catmull-Rom spline function and operator, Oana-Ancuta Buzura et all



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

De conformidad con el método de Wood⁹, en el caso de las series de lluvia, la diferencia entre ambas distribuciones se ha aplicado como un coeficiente multiplicador, mientras que en el caso de las temperaturas se ha aplicado como un sumando.

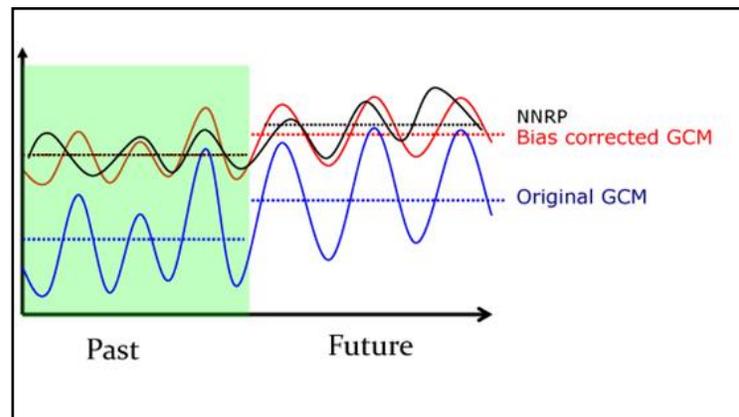


Figura 6.3. Método de corrección de tendencia establecido por Wood et al en 2004

6.5. Geología

Dentro del concepto de la metodología en geología, el reconocimiento in situ es la actividad más importante porque permite definir, entre otro, los tipos de rocas que se encuentran aflorando, a las cuales se le describen los minerales que contienen y se clasifica de acuerdo a su origen para obtener la geología local en el sitio.

En esta etapa, se identifican las estructuras de las fallas, fracturas, pliegues (orientación, buzamiento, dirección del río o afluentes de la cuenca del Río Dipilto), para ello se utiliza una brújula, piqueta geológica, cinta métrica. Se evalúan parámetros de afloramientos como: Medición de espesor de cada uno de los estratos que lo conformen, longitud,

⁹ 2004, Hydrologic Implications of Dynamical and Statistical Approaches to Downscaling Climate Model Outputs, Wood, A.W. et al.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

ancho, altura, y se toman coordenadas geográficas UTM WGS84 como una referencia por cada punto estructural y del sitio.

A través de la caracterización de los sitios por el método directo (calicatas) e inspección geológica se asentarán las bases para las investigaciones de exploración de agua.

La información obtenida durante el levantamiento geológico en campo se registra en una bitácora la que se ingresará en la base de datos de la Dirección de Hidrogeología, con el fin de analizar, interpretar y realizar una síntesis temática de los datos para realizar la cartografía que muestre los resultados obtenidos a una escala acorde al área de estudio.

6.6. Suelos

Para la descripción de suelos se utilizó la información de los Mapas Nacionales de Suelo, Uso Potencial, Cobertura y Usos de la Tierra y Conflictos de Usos de Nicaragua del 2015, elaborado por diferentes Instituciones, tales como: El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), el Ministerio Agropecuario (MAG) y el Instituto Nacional Forestal (INAFOR) ; con el apoyo de la Universidad Nacional Agraria (UNA) y del Programa Regional REED¹⁰ /CCAD¹¹ /GIZ¹² .

¹⁰ Reducción de las emisiones producto de la deforestación y la degradación ambiental

¹¹ Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo

¹² Agencia Alemana de Cooperación Técnica



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

VII. HIDRÁULICA

Con el propósito de caracterizar la distribución de las propiedades hidráulicas en la cuenca del Río Dipilto, se interpretó la información generada in situ. Se analizó y calculó el caudal de los manantiales en m³/d. Se determinó el parámetro hidráulico de conductividad hidráulica por medio de las pruebas de infiltración; se elaboró el mapa Hidrogeológico.

7.1. Zonas de Recarga

. Se le llama recarga al proceso que ocurre de forma natural, por el cual, se incorpora agua procedente de la infiltración de la lluvia, por aguas superficiales y por la transferencia entre acuíferos. El área donde ocurre la recarga son sitios con mayor capacidad de infiltración (Matus, 2009).

Para determinar las zonas de recarga en la cuenca del Río Dipilto se aplicó el método de Gunter Schosinsky, basado en los subórdenes de suelos y formación geológica del área. El método considera varios factores como la capacidad de infiltración del suelo (fc), la precipitación, la evapotranspiración, pendiente topográfica, textura de los suelos, capacidad de infiltración de los suelos y la profundidad de raíces de los cultivos y la vegetación.

Para calcular la recarga potencial en la cuenca con el método de Gunter Schosinsky, se utilizó la siguiente fórmula.

$$R_p = P_i + h_{Si} - h_{Sf} - ETR$$

(Ecuación 6.4)



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Donde:

Rp = Recarga potencial mensual en mm/mes.

Pi = Precipitación que infiltra en mm/mes.

hSf = Humedad del suelo al final del mes en mm.

ETR = Evapotranspiración real en mm/mes.

VIII. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua está determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes, factores físico-químicos tales como pH y conductividad, cantidad de sales y de la presencia de fertilizantes.

8.2.1. Tipos de análisis de muestras de agua

El CIRA/UNAN-Managua realizará los análisis a las muestras de agua mediante los siguientes parámetros:

Cuadro 8.1. Análisis ejecutados a muestras de aguas

<p>1. Análisis Físico – Químico Completo</p> <p>Turbidez, pH, Conductividad, Sólidos totales disueltos, color verdadero, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloruros, Nitratos, Sulfatos, Carbonatos, Bicarbonatos, Dureza, Alcalinidad total, Alcalinidad a la Fenolftaleína, Sílice, Nitritos, Hierro, Fluoruro, Nitrógeno Amoniacal.</p>
<p>2. Análisis Bacteriológico</p> <p>Coliforme fecales, Coliforme totales, E Colí</p>



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

3. Análisis de Plaguicidas

- **Organoclorados**

Alpha-HCH, Beta-HCH, Delta-HCH, Gamma-HCH (Lindano), 4,4'-DDE, 4,4'-DDD, 4,4'-DDT, Heptacloro, Heptacloro-epóxido, Aldrín, Dieldrín, Endrín, Endosulfan I, Endosulfan II, Toxafeno

- **Organofósforados**

Clorpirifos, Co-Ral (Conmaphos), DEF (Tribufos), Diazinón, Etil-paratión, Etión, Fenamifos, Fentión, Forate, Gutión (Azinfos-metil), Malatión, Metamidofos, Metil-paratión, Mocap (Prophos), Terbufos, Zolone (Phosalone)

4. Análisis de Metales Pesados

Arsénico, Cadmio, Plomo y Zinc

8.2.2. Recolecta, preservación, almacenamiento y transporte de las muestras.

La toma de muestra se realiza siguiendo los Procedimientos Operativos establecidos para la toma de muestra por el CIRA/UNAN- Managua. La ubicación de cada uno de los sitios muestreados se realizó usando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Se consideraron las variables de campo que consistió en medir los valores de pH, temperatura y conductividad eléctrica del agua en los sitios de muestreo. Los aspectos relacionados con las variables a analizar y el material de muestreo en cuanto a recolecta, preservación, transporte y almacenamiento de las muestras se resumen en el cuadro 8.2.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Cuadro 8.2. Protocolo maestro para el muestreo.

Análisis	Tipo de envase	Preservación y almacenamiento para transportar las muestras
Parámetros físico-químicos	Envases de polietileno de 4 litros de capacidad	Termo con hielo.
Nitrógeno amoniacal	Frascos de polietileno de un litro.	Preservadas con 1 ml de H ₂ SO ₄ concentrado.
Metales pesados en agua	Botellas de un litro de polietileno	Preservada con 2 ml de ácido nítrico ultra puro.
Plaguicidas Organoclorados y Organofosforados en Agua	Botellas de 5 litros	Preservada con 50 ml n-hexano, utilizando botellas protegidas de la luz con papel de Aluminio.
Parámetros Microbiológicos: CT,CTT, Escherichia coli	Recipientes de plástico esterilizados	Termo con hielo.

Fuente: **CIRA/UNAN**

8.2.3. Métodos Analíticos Generales

Los métodos utilizados para el análisis de las muestras de agua en los laboratorios se muestran en el cuadro 8.3.

Cuadro 8.3. Métodos utilizados para el análisis de las muestras recolectadas en campo. CIRA/UNAN

Tipo de Análisis	Método	Unidad	Límite y/o Rango de Detección
Análisis Bacteriológicos			
Coliformes Totales	9221-B ¹	NMP/100 mL	< 1.8
Coliformes Termotolerantes	9221 E ¹	NMP/100 mL	< 1.8
<i>Escherichia coli</i> (NMP)	9221 F ¹	NMP/100 ml	< 1.8



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Análisis Físico-Químicos

Turbidez	2130.B ¹	UNT	1.0a 100
pH	4500.H.B ¹	Unidades de	0,10 a 14,00
Conductividad eléctrica	2510.B ¹	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	
Sólidos Totales Disueltos	1030.E ¹	mg.l^{-1}	
Color Verdadero	2120.B ¹	mg.l^{-1} Pt-Co	15 mg.l^{-1} Pt-Co
Calcio	3500.Ca.B ¹	mg.l^{-1}	0,08
Magnesio	3500.Mg.B ¹	mg.l^{-1}	0,20
Sodio	Electrodo IS-Na ²	mg.l^{-1}	0,10
Potasio por fotometría de llama	3500.K.D ¹	mg.l^{-1}	0,10
Cloruros	4500.Cl.B ¹	mg.l^{-1}	
Nitratos	4500.NO ₃ -C ¹	mg.l^{-1}	0,50
Sulfatos	4500.SO ₄ -B ¹	mg.l^{-1}	
Carbonatos	2320.B ¹	mg.l^{-1}	2,00
Bicarbonatos	2320.B ¹	mg.l^{-1}	0,75
Dureza total como CaCO ₃	2340.C ¹	mg.l^{-1}	0,13
Alcalinidad total	2320.B ¹	mg.l^{-1}	0,62
Alcalinidad a la Fenolftaleína	2320.B ¹	mg.l^{-1}	1,67
Sílice Reactivo Disuelta	4500-Si.O ₂ .C ¹	mg.l^{-1}	0,20
Amonio	4500.NH ₃ .F ¹	mg.l^{-1}	0,0003
Nitritos	4500.NO ₂ .B ¹	mg.l^{-1}	0,003
Hierro total	3500-Fe.B ¹	mg.l^{-1}	0,02
Fluoruros	4500-F.C ¹	mg.l^{-1}	0,20
Nitritos	4500.NO ₂ .B ¹	mg.l^{-1}	0,003



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

Análisis de Metales Pesados

Arsénico Total	E. Rothery et al,1984 ³	µg.l ⁻¹	0,99
Cadmio Total	E. Rothery et al,1984 ⁴	µg.l ⁻¹	0,15
PlomoTotal	E. Rothery et al,1984 ⁴	µg.l ⁻¹	0,84
Zinc Total	E. Rothery et al,1984 ⁵	µg.l ⁻¹	35,95

Análisis de Plaguicidas

Plaguicidas Organoclorados en agua	Cromatografía de gases con detector de captura de electrones (GC/ECD) ⁶	ng.l ⁻¹	
Plaguicidas Organofosforados en agua	Cromatografía de gases con detector de captura de electrones (GC/ECD) ⁶	ng.l ⁻¹	

¹American Public Health Association (APHA) (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater 22nd Edition Washington: APHA.

² Thermo Orion (2008)ROSS Sodium Electrodes Instruction Manual. Model 86-11BN. USA: Thermo Orion.

³ E.Rothery, 1984. Operation Manual VGA-76, VARIAN.

⁴ E.Rothery, 1988. Operation Manual GTA-96, VARIAN.

⁵ E.Rothery, 1979. Operation Manual AAS Flame, VARIAN.

⁶ PNUMA: Guía para el muestreo, preparación y análisis de Contaminantes Orgánicos en muestras ambientales (agua, suelo/sedimentos y biota) . Manual del Programa de Monitoreo Costero del Proyecto GEP-REPCar.

8.2.4. Análisis Físico-químicos

El pH, Fluoruro y la Conductividad Eléctrica (CE), se determinaron mediante el método electrométrico. Para la determinación de Hierro Total, Silice, Nitrato, Nitrito y Nitrógeno Amoniacal y Sulfato se utilizan métodos colorimétricos.

Para la determinación de Sodio se utiliza el método de Ion Selectivo, el Potasio con fotometría de llama. Los iones Calcio, Magnesio, Bicarbonato, Cloruro, Dureza Total y Alcalinidad Total se determinan por técnicas volumétricas.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

Los Sólidos Totales Disueltos es la sumatoria de todos los iones presente en la muestra de agua. Para el análisis de Turbidez se utiliza el método nefelométrico.

8.2.5. Análisis Microbiológicos

Para el análisis de la muestras se empleó la Técnica de Fermentación de Tubos Múltiples establecidos en los Procedimiento Operativos Normalizados del Laboratorio de Microbiología.

8.2.6. Análisis de Metales Pesados

Para la determinación de metales pesados se utilizó el método E. Rothery, 1984 (Operation Manual–VGA 76, VARIAN), E. Rothery, 1988 (Operation Manual – GTA 96, VARIAN). La concentración de metales pesados se realizó con la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica con Generador de Vapor, Llama y Horno de Grafito (SpectrAA-20).

8.2.7. Análisis de Contaminantes Orgánicos

La metodología ha sido desarrollada por el laboratorio de contaminantes orgánicos del CIRA/UNAN, aplicando procedimientos analíticos utilizados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América (USEPA). El método es aplicable a agua potable, agua subterránea, agua superficial y agua de mar, con bajo y alto contenido de materia orgánica disuelta.

La extracción de los plaguicidas se realiza agitando 5 litros de muestra con una mezcla de hexano: metil terbutil éter (1:1). Al extracto se le aplican procedimientos para eliminar interferencias y confirmar la presencia de analitos: (EPA 3660 B) y (EPA 3665A) y luego



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

se realiza el análisis instrumental en un Cromatógrafo de Gases marca: Perkin Modelo: Clarus 500, con detector de captura electrónica (GC/ECD).

8.2.8. Calidad Microbiológica del Agua

Según la Normas para la Clasificación de los Recursos Hídricos NTON 05-007-98, establece los parámetros para determinar los niveles de calidad exigibles de los cuerpos de agua tales como ríos, lagunas, lagos, manantiales etc. de acuerdo con los usos a los cuales se destinen. La clasificación de los Recursos Hídricos de acuerdo a sus usos es la siguiente:

a. Tipo 1 Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que este forme parte de un producto o subproducto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él, éstas se clasifican en dos categorías:

- **Categoría 1-A:** Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con una sola adición de desinfectantes.
- **Categoría 1-B:** Aguas que pueden ser condicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y/o cloración.

b. Tipo 2 Aguas destinadas a usos agropecuarios se clasifican en dos categorías:

- **Categoría 2-A:** Aguas para riego de vegetales destinadas al consumo humano (promedio mensual de coliformes totales menor de 1,000 NMP/100ml y coliformes fecales o termotolerantes menor de 100 NMP/100 ml).



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

- **Categoría 2-B:** Aguas destinadas para riego de cualquier tipo de cultivo, uso agropecuario (promedio mensual de coliformes totales menor de 5,000 NMP/100 mly para los coliformes fecales o termotolerantes menor de 1,000 NMP/100 ml). El gráfico 5 muestra los sitios que cumplen con esta categoría.

c. **Tipo 4** Aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia se clasifican en dos categorías

- **Categoría 4-A** Aguas para el contacto humano total
- **Categoría 4-B** Aguas para el contacto humano parcial

Las aguas del **sub Tipo 4 Categoría A** deberán responder a los límites y rangos siguientes:

- Coliformes totales menor de 1,000 NMP/100 ml en el 90% de una serie de muestras consecutivas y menor de 5,000 en el 10% restante.
- Coliformes fecales o termotolerantes menor de 200 NMP/100 ml en el 90% de una serie de muestras consecutivas y menor de 400 NMP/100 ml en el 10% restante.

Las aguas del sub **Tipo 4-B** deberán responder a los límites y rangos siguientes:

- Para coliformes totales menor a 5,000 NMP/100 ml en 80% de una serie de muestra consecutivas y menor de 10,000 NMP/100 ml en el 20% restante.
- Coliformes fecales o termotolerantes, menor de 1,000 NMP/100 ml en la totalidad de las muestras.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

8.2.9. Plaguicidas Organoclorados y Organofosforados

Los criterios para determinar la presencia de plaguicidas organoclorados y organofosforado en el agua son establecidos por la Normativa ambiental-Norma para la clasificación de los Recursos Hídricos de INAA.

Cuadro 8.4. Normativa ambiental - Norma para Clasificación de los Recursos Hídricos de INAA.

Parámetros	Método	Límite de Detección (Ng.L ⁻¹)	Valores Máximos Admisibles INAA ²
CO-RAL (COUMAFOS)	CIRA/UNAN 2005	50.00	Compuestos Organofosforados Totales 0,1 mg.l ⁻¹
DEF (TRIBUFOS)		15.00	
DIAZINON		25.00	
ETIL-PARATION		15.00	
ETION		20.00	
FORATE		50.00	
GUTION (AZINFOS METIL)		100.00	
MALATION		25.00	
METIL-PARATION		15.00	
MOCAP (ETOPROFOS)		50.00	
TERBUFOS		25.00	
ZOLONE (FOSALONE)		15.00	



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Parámetros	Método	Límite De Detección (Ng.L ⁻¹)	Valores Máximos Admisibles INAA ²
ALFA-CLORDANO	CIRA/UNAN, 2005 ¹	8.00	Compuestos Organoclorados Totales 0.200 mg.l ⁻¹
GAMMA-CLORDANO		0.21	
ALFA-HCH		0,23	
BETA-HCH		0,67	
DELTA-HCH		0,29	
LINDANO		0,36	
pp-DDE		0,19	
pp-DDD		0,26	
pp-DDT		0,82	
HEPTACLORO		0,14	
HEPTACLORO-EPÓXIDO		0,11	
ALDRÍN		0,32	
DIELDRÍN		0,16	
ENDRÍN		0,28	
ENDRÍN ALDEHÍDO		0.19	
ENDRÍN CETONA		0.26	
ENDOSULFAN I		0,25	
ENDOSULFAN II		0,11	
ENDOSULFAN SULFATO		0.42	
METOXICLORO		0.38	
TOXAFENO	8,70		



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

IX. BALANCE HÍDRICO

Se recopiló información existente en INETER, así como en Instituciones que se vinculan con los recursos hídricos y alcaldías involucradas. Posteriormente se ejecutaron las siguientes actividades de campo: reconocimiento del área de estudio, aforos líquidos, pruebas de infiltración, inventarios de uso y consumo de las fuentes hídricas existentes, como insumo necesario para elaboración del Balance Hídrico.

El Balance Hídrico, fundamentado en el ciclo hidrológico y la ley de continuidad de masa, es la cuantificación de las entradas y salidas de los volúmenes de agua en una cuenca hidrográfica.

Durante un determinado período de tiempo la diferencia de las entradas y salidas, debe ser igual a la variación en el almacenamiento, como se indica en la siguiente expresión.

$$\text{ENTRADAS} - \text{SALIDAS} = \pm \Delta \text{ALMACENAMIENTO}$$

Para el cálculo del balance hídrico en el área de estudio, se aplicó la metodología de **Témez**, el cual se fundamenta en el proceso del ciclo hidrológico, donde un porcentaje de la precipitación se pierde por evapotranspiración y del excedente una parte escurre superficialmente y otro alimenta al acuífero a través del proceso de infiltración. Figura 9.1.



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

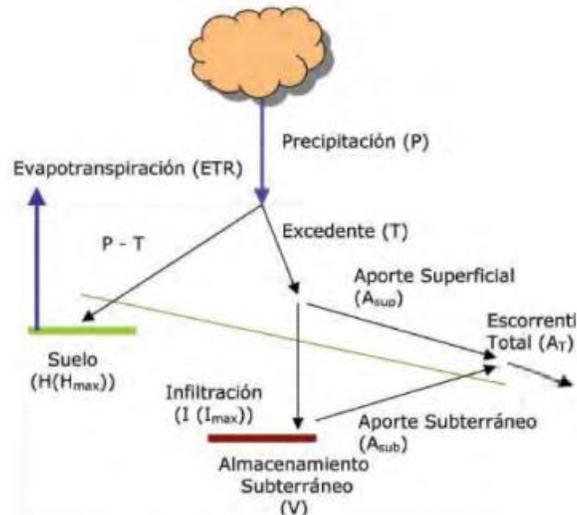


Figura 9.1. Representación el modelo hidrológico de Témez.
Fuente (DINAGUA,2011).

Para la aplicación del método de Témez, se utilizó el programa de simulación continua “Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas” (CHAC-CEDEX, España). Las variables de la ecuación de balance hídrico se han considerado en régimen natural (cuenca sin intervenciones), son las siguientes:

$$P - ETR - E - Pi = \pm \Delta \quad (\text{Ecuación 6.5})$$

En cuencas con presencia de consumo de las fuentes hídricas, se consideran las variables de retorno y demanda del recurso hídrico; quedando la ecuación de balance de la siguiente manera.

$$P + R - ETR - E - Pi - Uc = \pm \Delta \quad (\text{Ecuación 6.6})$$



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Donde:

P: Precipitación

R: Retorno

E: Escorrentía

ETR: Evapotranspiración Real

Pi: Infiltración (precipitación que infiltra)

Uc: Demandas (Superficial y Subterránea)

±Δ: Cambio en el almacenamiento

La metodología para el cálculo de las variables de la ecuación 6.5 se describe a continuación.

9.1. Precipitación

Para estimar la precipitación media, se aplicó el método de Isoyetas, que considera el efecto orográfico de la cuenca, para el trazo de estas se utilizaron los datos generados de las mallas de precipitación de la cuenca, utilizando la siguiente ecuación.

$$P_{\text{media}} = \Sigma PA / \Sigma A$$

Ecuación 6.7

Donde:

P_{media} : Precipitación media

P: Precipitación entre Isoyetas

A: Área parcial entre Isoyetas

ΣA : Área total



ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

9.2. Evapotranspiración Real (ETR)

Fue determinada mediante un proceso de iteración del programa CHAC¹³, que requiere los siguientes datos: Precipitación, Evapotranspiración de referencia (ET_o) y condiciones de humedad del suelo, utilizando la siguiente ecuación.

$$ETR = \min (H_{i-1} + P - T_i, ET_o)$$

Ecuación 6.8

Donde:

ETR: Evapotranspiración real

H_{i-1}: Humedad antecedente

P: Precipitación

T_i: Excedente de humedad

ET_o: Evapotranspiración de referencia

9.3. Escorrentía (E)

La escorrentía se calculó con el modelo de **Témez**, integrado en el programa CHAC, utilizando como datos entrada la precipitación y la evapotranspiración de referencia en formato llamado LEMA¹⁴. Para optimizar el resultado se requiere realizar un ajuste, considerando los siguientes parámetros:

C: Parámetro de excedencia.

H_{max}: Capacidad máxima de retención de humedad del suelo (mm).

¹³ Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas

¹⁴ Son ficheros ASCII con extensión .txt en los que se ordenan las series temporales mensuales con las coordenadas del punto de medida (estación meteorológica o hidrométrica).



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

I_{max} : Capacidad máxima de infiltración del suelo (mm/mes).

α : Coeficiente de descarga del acuífero.

Para determinar la escorrentía el modelo se basa en la siguiente fórmula:

$$E_{total} = A_{sup.i} + A_{sub.i}$$

Ecuación 6.9

Donde:

E_{total} : Escorrentía total

$A_{sup.i}$: Aportación superficial

$A_{sub.i}$: Aportación subterránea

Los valores obtenidos son utilizados para validar y calibrar los resultados generados por el modelo de Témez a través del programa CHAC.

9.4. Infiltración (P_i)

Se determinó mediante pruebas de infiltración, aplicando el método de los anillos concéntricos, que consiste de tres juegos de cilindros, estos se ubican en tres puntos, en forma de un triángulo equilátero de 10 m de cada lado (foto 6.1).

Los anillos infiltrómetros que se utilizan tienen un juego de dos anillos de 60 cm de alto; donde el anillo exterior tiene de 55 cm de diámetro y el interior de 35 cm.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Foto 9.1. Posición de cilindros concéntricos

Los procedimientos desarrollados en campo para el método de los cilindros concéntricos fueron los siguientes:

1. Se extrae con una pala la vegetación de la superficie, en el lugar donde se instala cada cilindro, teniendo la precaución de no alterar la estructura del suelo. A continuación, con golpes suaves sobre un taco de madera de dimensiones 4x4 pulgadas por un metro de longitud, puesto sobre el cilindro, se introduce el cilindro hasta una profundidad aproximada a 20 cm.
2. Se coloca un plástico en el interior del cilindro para que el agua no golpeará directamente el suelo y alterara su estructura, simultáneamente se vertió el agua suavemente en el interior de los cilindros. Se retiró el plástico para que el agua comenzara a infiltrar.
3. Se cubren los cilindros con plástico para evitar que el agua en el cilindro se evapore.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

4. Se registra el tiempo y el nivel del agua cada 5, 10 y 15 minuto, luego cada 30 minuto y para finalizar cada hora hasta completar los 360 minutos.

Obtenido los datos de infiltración se determino la capacidad de infiltración de suelo, aplicando el método de Kostiakov con la siguiente fórmula.

$$VI = t^b * Vi$$

Ecuación 6.10

Donde:

t = Tiempo

b = Cociente adimensional de los logaritmos

Vi = Velocidad de Infiltración

El método del Permeámetro Guelph: es un sistema que trabaja en orificio con un diámetro de 10 cm y una profundidad de 38 cm con una carga constante, usando el Principio de Marriott.

Para el desarrollo de este sistema se utilizará el método del pozo o agujero de nivel constante. El método consiste en excavar un agujero cilíndrico de radio y profundidad constante, en el cual se realizan ensayos de infiltración manteniendo la altura del agua dentro del agujero constante, lo que permite obtener Kfs a partir de la relación entre el caudal infiltrado y el nivel de agua en el agujero. Para mantener el nivel constante, se utiliza el principio de Mariotte, y el equipo más utilizado para esto es el Permeámetro de Guelph.

El Permeámetro de Guelph (Universidad de Guelph, Reynolds et al. 1985) consta básicamente de dos tubos (figura 6.5) uno que actúa como depósito de agua y otro de



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

menores dimensiones que se pone en contacto con el suelo y lleva acoplado un sistema que permite mantener la carga hidráulica constante (tubo Mariotte). Por lo tanto, el nivel de agua del agujero será igual a la posición del extremo inferior del tubo de Mariotte.

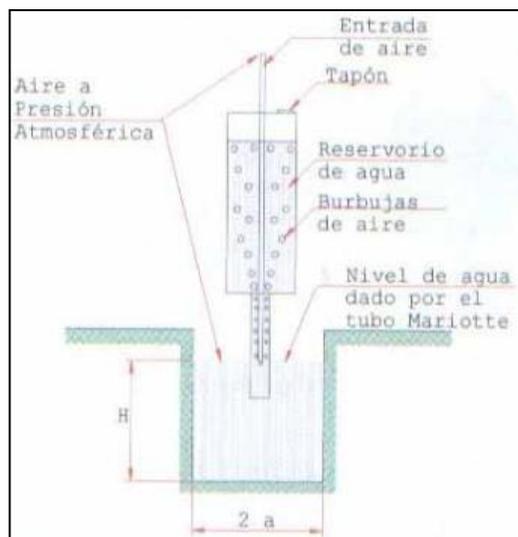


Figura 9.2. Permeámetro de Guelph

Cuando el permeámetro se encuentra instalado, el nivel del agua dentro de los tubos comienza a descender producto de la infiltración del agua en el suelo, lo que permite determinar la tasa o velocidad de infiltración gracias a que el equipo cuenta con una escala en cm para medir el nivel de agua dentro del reservorio. La tasa de infiltración normalmente varía en el tiempo, debido a las características del flujo en un suelo no saturado (se van llenando gradualmente los poros con agua).



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

De manera que la cantidad de medidas de la tasa que habrá que realizar dependerá de cuán rápido se alcance un régimen permanente. Se considerará que el régimen permanente será alcanzado cuando existan al menos 3 o 4 lecturas sucesivas iguales.

Imgen #

9.5. Retorno (R)

El retorno es el agua que regresa al sistema, después de haber sido extraída. Principalmente se considera el retorno por exceso de riego, por fugas en el sistema de abastecimiento de agua potable, las descargas sanitarias y aguas pluviales. Para el estudio solo se consideró el retorno por fugas en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.

Para estimar el retorno por fugas en el sistema de abastecimiento se aplicó la Norma Técnica para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09 003-99) del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA), donde considera que las fugas a través de los sistemas hidráulicos no deben exceder el 20% del consumo diario.

9.6. Demanda (Uc)

El inventario de fuentes, constituye una actividad básica, principalmente para conocer su distribución espacial y los diferentes usos del agua, constituyéndose así en una imprescindible fuente de información para la planificación del uso óptimo del recurso hídrico.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

Para estimar la demanda en el área de estudio se recopiló datos e información in-situ sobre los diferentes usos y demandas del recurso agua como, riego, abastecimiento de agua potable, uso pecuario, entre otros.

X. CAUDAL ECOLÓGICO

En Nicaragua no existe una metodología definida para determinar el Caudal Ecológico. En la Ley N° 620 Ley General de Aguas Nacionales, Capítulo V Conservación Ecológica, Arto.82, manda al Ministerio de Recursos Naturales (MARENA), en coordinación con la Autoridad Nacional de Aguas (ANA), el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y otras instituciones del estado, determinar los caudales mínimos y las condiciones de calidad de las aguas para mantener el equilibrio ecológico y sostener la biodiversidad en las unidades hidrológicas.

Basándonos al artículo de la ley mencionado, el INETER a través de la Dirección General de Recursos Hídricos, se dio a la tarea de investigar sobre metodologías para el cálculo del caudal ecológico. Para el cálculo del caudal ecológico en el Río Dipilto, se aplicó el método **Tennant Modificado**, detallado a continuación.

10.1. Método de Tennat Modificado

Conocido también como Método de Montana, es uno de los más usados mundialmente (Orth y Maughan, 1981), (Wesche y Rechard, 1980), (Pyrce, 2004), (Ministerio del Medio Ambiente – España, 2003) y se ha utilizado básicamente en corrientes que no tienen estructuras de regulación como represas, diques u otras modificaciones en el cauce (Arthington y Zalucki, 1998).



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

El método se divide en un periodo seco y un periodo lluvioso o también denominando como periodo de estiaje o periodo de avenidas respectivamente mediante el cálculo de los caudales medios anuales y medios mensuales. Posteriormente se propone expresar los caudales como porcentajes del caudal medio anual relacionándolos con grados de conservación (García-Rivera et al., 2010)

Para definir los periodos lluviosos y secos correspondiente al método de Tennant se empleó el criterio cualitativo siguiente: los caudales medios mensuales del periodo de cálculo, inferiores al caudal medio anual del mismo periodo, se considerarán como meses de estiaje. En el cuadro 10.1 se muestra la clasificación de caudales mínimos por Tennant.

Cuadro 10.1. Clasificación de caudales mínimos Tennant (1976)

Criterios cualitativos para determinar Caudales de Reserva Ecológica	Caudales Recomendados (% del caudal medio anual)	
	Estiaje	Avenida
Máximo	200%	200%
Rango Óptimo	60% al 100%	60% al 100%
Excepcional o Sobresaliente	40%	60%
Excelente	30%	50%
Bueno	20%	40%
Aceptable o en Degradación	10%	30%
Mínimo o Pobre	10%	10%
Degradación Severa	< 10%	< 10%

Fuente: Tennant, D. L., (1976)

XI. IMPACTO DE CLIMA FUTURO EN EL RECURSO HÍDRICO



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO			
DOCUMENTO FINAL	FECHA:		
	25	09	2019

Con los datos de precipitación y evapotranspiración, obtenidos del análisis de clima futuro, se determinó la escurrentía, utilizando el modelo de Témez a través del programa CHAC, posteriormente se evaluaron los resultados para el período 2021 al 2060, a fin de valorar el impacto en el comportamiento del recurso hídrico.

11.1. Caracterización

11.1.1 Climatología

El primer paso en la caracterización climática consiste en realizar un inventario de las estaciones meteorológicas que circundan en el área de análisis, con el objetivo de establecer la cantidad de años afines con información climática que poseen las estaciones meteorológicas de la región de estudio para las variables de precipitación, temperatura, radiación solar, etc.

Se utilizaron 3 estaciones meteorológicas (cuadro 11.1), todas ubicadas dentro del área de estudio, se seleccionó un periodo de registro de 30 años (1981-2010) para la información mensual de las distintas variables, registro mínimo sugerido por OMM para los análisis climáticos (OMM comunicación 100).

Cuadro 11.1. Estaciones meteorológicas seleccionadas.

Nº	Código	Estación	Tipo	Este	Norte	Elevación (msnm)	Período	Variables meteorológicas
1	45017	Ocotal	HMP	556503	1506964	599	1971-2016	Todas las variables
2	45039	Los Planes	PV	548401	1523440	1100	1971-2012	Lluvia
3	45047	Dipilto	PV	552294	1521369	1033	1989-2012	Lluvia



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

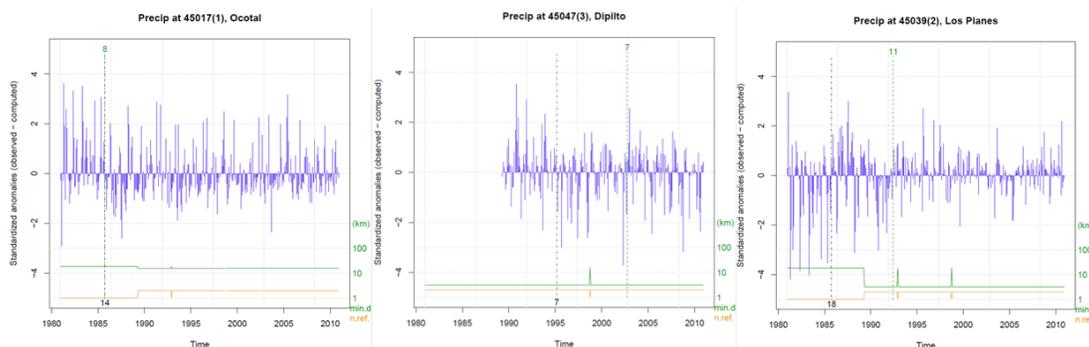
25

09

2019

11.1.2. Homogenización de series climáticas

Las tres series estadísticas analizadas no presentaron saltos mayores a 5 desviaciones, es decir es descartada la presencia de datos extremos anómalos históricos. Los resultados de la prueba de Standard Normal Homogeneity Test, indican que no existen saltos en las series climáticas, no hay cambios de tendencias debido a cambio de instrumento o cambio en la ubicación de estación o errores de asentamientos. Las tres series estadísticas presentan datos robustos para realizar la caracterización y no se realizó ningún ajuste en las mismas. Gráfica 11.1.



Gráfica 11.1. Serie de datos histórica estandarizada de las tres estaciones meteorológicas

11.1.3. Relleno de datos faltantes

Las estaciones meteorológicas Ocotal y Los Planes no presentaban vacíos en sus series históricas, sin embargo, la estación de Dipilto tenía vacíos en los primeros 9 años del periodo establecido (1981 – 2010), debido a esto se procedió a realizar relleno de dato en su serie. Figura 11.1.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

TIPO DE ESTACION: Climática; TIPO DE DATOS: Precipitación
PROCESO: Valores rellenos mediante Moss-IV; PERIODICIDAD: Mensual

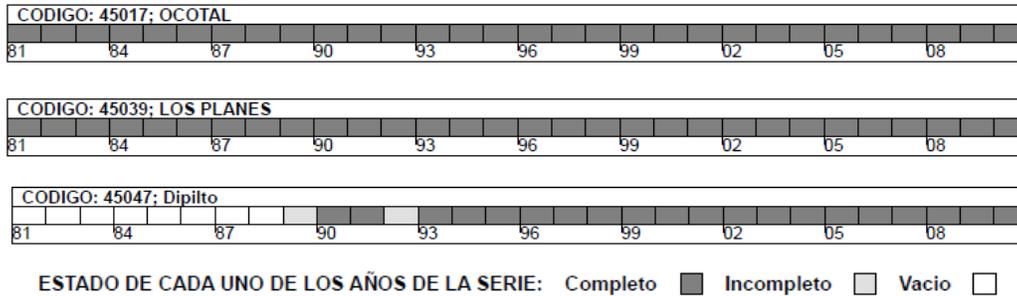


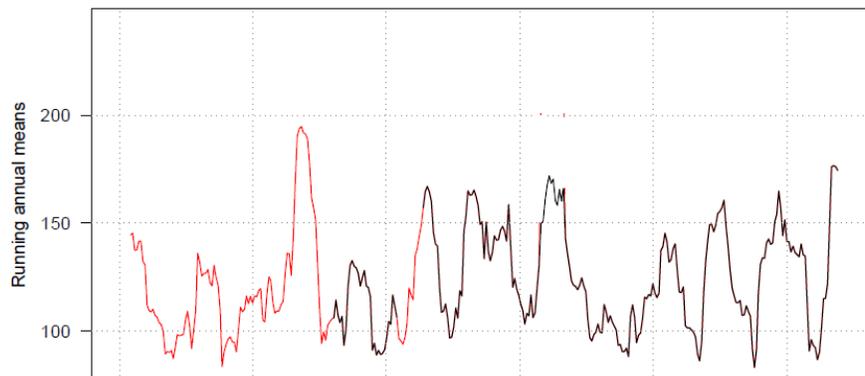
Figura 11.1 Inventario de datos de las tres estaciones meteorológicas

El relleno de dato faltante de la estación Dipilto, se realizó mediante correlación ortogonal utilizando las estaciones Ocotal con coeficiente de 0.60 y Los Planes con 0.69.

COEFICIENTES DE CORRELACION ANTES DEL RELLENO

	45017	45039	45047	45062	45064	45063
45017	1	.550	.603	.741	.705	.647
45039	.550	1	.693	.743	.809	.776
45047	.603	.693	1	.726	.830	.800

Precip at 45047(3), Dipilto



Gráfica 11.2. Comportamiento del acumulado medio anual de lluvias estación Dipilto.

Línea negra dato original y línea roja datos interpolados.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

11.1.4. Comportamiento de la Precipitación

a) Distribución espacial del acumulado anual de precipitación

En la cuenca del Río Dipilto, se ubican seis (6) estaciones meteorológicas, para el presente estudio se seleccionaron tres (3), la estación Ocotal (45017) ubicada en la parte baja y las estaciones Los Planes (45039) y Dipilto (45047) ubicadas en la parte alta de la cuenca, debido a que estas presentan una serie de datos de 30 años (1981 al 2010).

En la figura 11.2, se observa la distribución espacial de los acumulados anuales de lluvias en la cuenca del Río Dipilto. Las precipitaciones decrecen en dirección noreste-suroeste. Los mayores valores anuales se presentan en los sectores de El Volcán, La Cuadrozón y Las Nubes con acumulados que oscilan entre 1,600 y 1,800 mm; en los sectores de Los Planes, Las Calabaceras y cerro El Tule entre 1,400 y 1,600 mm, y en Nopata y Dipilto entre 1,200 y 1,400 mm y en el cerro El Nancital entre 1,000 y 1,200 mm.

Los menores acumulados de precipitación en la cuenca se encuentran en los sectores de Las Cabañas, Las Mercedes y Ocotal con valores entre 800 mm y 1,000 mm. La precipitación áreal en la cuenca del Río Dipilto es de 1,334.7 mm, para un registro estadístico de 30 años (período 1981-2010).



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

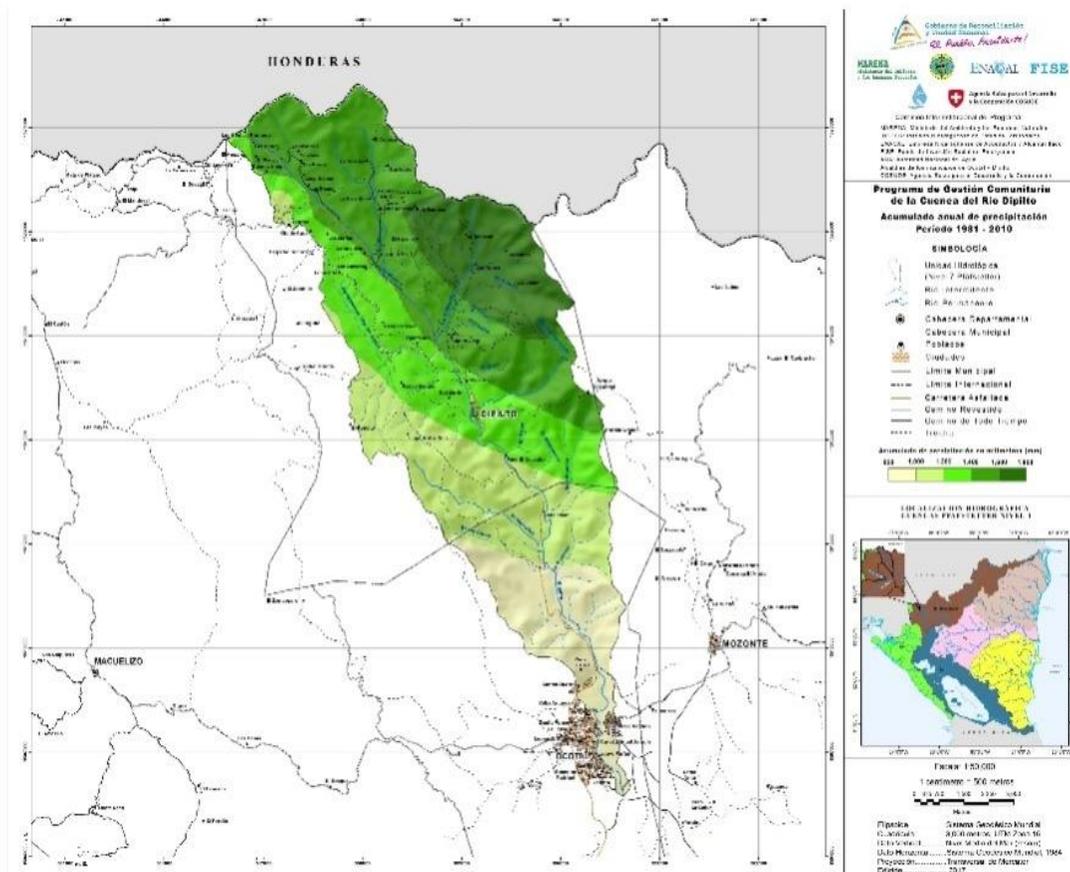


Figura 11.2. Mapa de Distribución anual de precipitación en la cuenca del Río Dipilto

b) Distribución estacional de la Precipitación

En la gráfica 11.3, se observa la distribución mensual de los acumulados de precipitación en la cuenca del Río Dipilto, en esta se identifican dos momentos distintos en el año: seis (6) meses, a los que denominamos período lluvioso, concentrándose el 81.2% de la precipitación en el año (mayo a octubre), y un período seco (noviembre a abril) representado el 18.8% de los acumulados de precipitación.



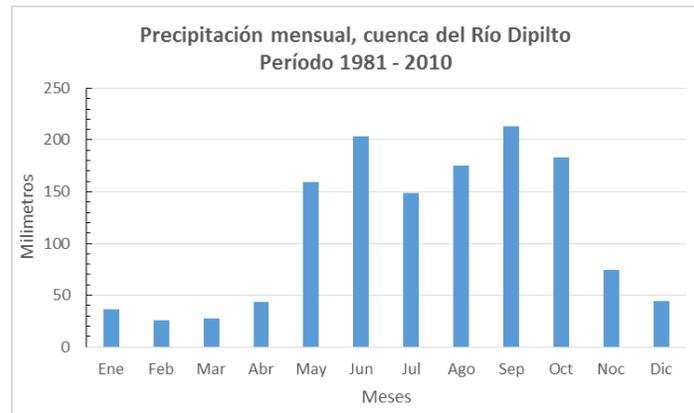
Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019



Gráfica 11.3. Distribución precipitación mensual de la cuenca del Río Dipilto

El período lluvioso se subdivide en dos subperíodo, un primer comprendido de mayo a julio, donde junio es el más lluvioso con 203.4 mm, y el segundo de agosto a octubre, siendo septiembre el más lluvioso con 213.6 mm. Cabe destacar que entre los meses de julio a agosto existe una disminución de las lluvias, comúnmente llamado período canicular; el acumulado medio en el período lluvioso es de 1,083.7 mm, distribuidos en 511.1 y 572.6 mm para el primero y segundo subperíodo, respectivamente.

El período seco lo conforman los meses de noviembre a abril; presentando el mayor acumulado en noviembre con 74.2 mm, y el menor en febrero con 25.9 mm; siendo el acumulado total del período seco de 251 mm. Gráfica 11.4.

En el área de estudio la estación de Ocotal registra los valores mínimos anuales con 855 mm, mientras las estaciones de los Planes y Dipilto registran anualmente 1,411 y 1,490 mm, respectivamente. En la gráfica 10.4 se observa que el primer subperíodo el más lluvioso es junio y del segundo septiembre.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

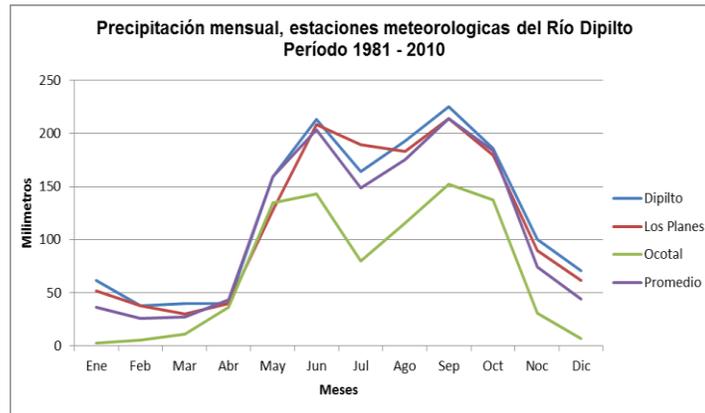
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 11.4. Comportamiento de la precipitación mensual y promedio de las estaciones

c) Comportamiento canicular

En promedio la Canícula en la cuenca del Río Dipilto, inicia en la segunda decena de julio y finaliza en la primera decena de agosto, con una duración promedio de 28 días. En la estación de Ocotal se presenta la mayor duración de la Canícula con un promedio de 38 días, desde la segunda decena de julio a la segunda decena de agosto.

En la estación de Los Planes, la duración promedio de la Canícula, se presenta de la segunda decena de julio a la segunda decena de agosto, con una duración promedio de 31 días; la estación de Dipilto registra la menor cantidad de días con fenómeno de Canícula, promediando 20 días, iniciando en la tercera decena de julio y finalizando en la primera decena de agosto. En la gráfica 11.5 se observa la duración de canícula en la cuenca por estación.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

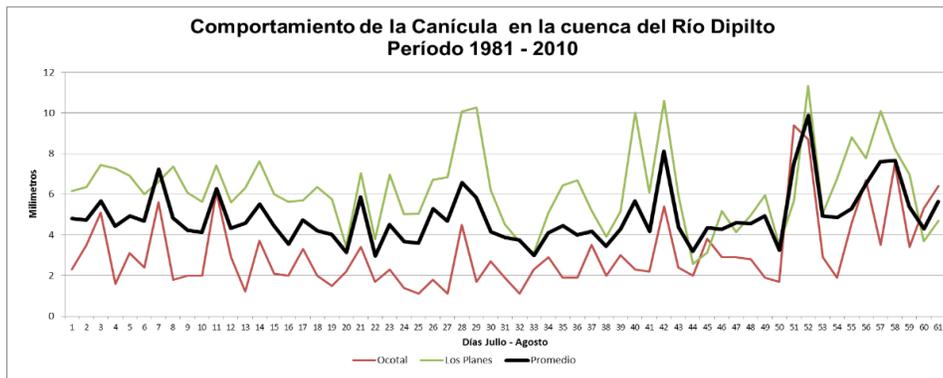
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

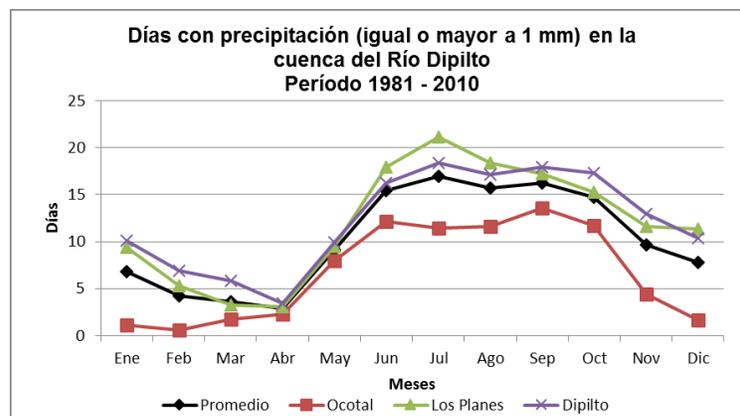
2019



Gráfica 11.5. Comportamiento de la canícula en la cuenca del Río Dipilto

d) Días con Precipitación mayor o igual a 1 mm

En el área de estudio se registran en promedio 123 días con precipitaciones iguales o mayores a 1 mm; de estos 88 días están en el período lluvioso representado el 72% y los 35 días distribuidos en el período seco equivalente al 28%. Gráfica 11.6.



Gráfica 11.6. Días con precipitación igual o mayor a 1 mm.

La estación de Ocotal registra 80 días de precipitación, siendo la menor cantidad de días con precipitación en el área de estudio, la estación de Los Planes con 143 días y



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

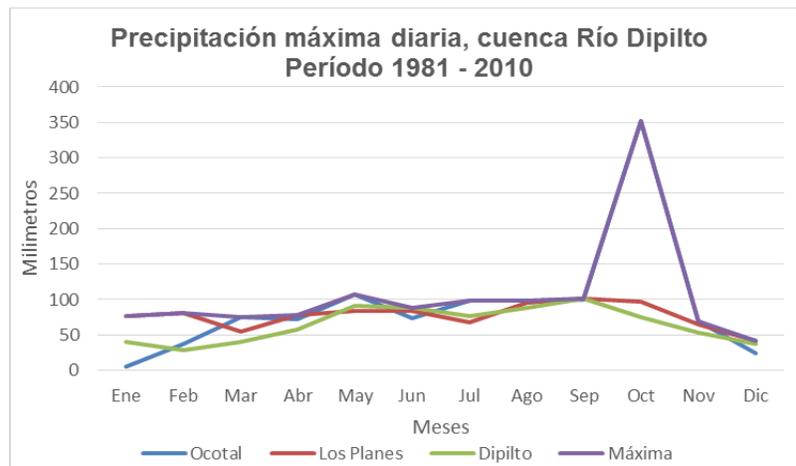
09

2019

Dipilto con la mayor cantidad registrando 146 días. Todas estas estaciones con su mayor distribución de días con precipitación en el período lluvioso.

e) Precipitación máxima diaria

La precipitación máxima absoluta se registró en octubre de 1998 por la estación de Ocotal con 352 mm, debido a la afectación indirecta del huracán Mitch; el segundo máximo se registró en mayo de 1983 y un tercero máximo diario en septiembre con 101.9 mm en la estación Dipilto. Gráfico 11.7.



Gráfica 11.7. Precipitación máxima diaria en la cuenca del Río Dipilto.

f) Tendencia de la Precipitación

La tendencia de la precipitación anual, para el período de estudio (1981 al 2010) es ascendente, es decir que los acumulados anuales de lluvia han aumentado en los últimos años (gráfica 11.8), se observa una mayor dispersión en los últimos años, es decir una mayor variabilidad año con año de las lluvias.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

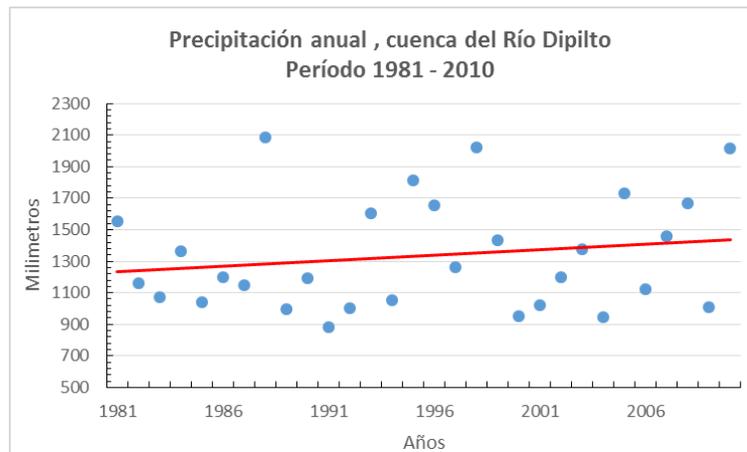
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 11.8. Precipitación anual, cuenca Río Dipilto

Es importante señalar que, en el análisis de la tendencia de precipitación se consideraron los años con valores extremos de lluvia (Alleta 1982, Joan 1988, Bret y Gert 1993, César 1995 y Mitch 1998).

10.1.3. Régimen Térmico

a) Distribución espacial de la temperatura media anual del aire

En la figura 11.3 se observa la distribución espacial de la temperatura media del aire en la cuenca del Río Dipilto, donde las temperaturas más altas a nivel anual se presentan en el casco urbano de Ocotol con valores que oscilan entre 24°C y 25°C; en los sectores de Santa Martha, Las Mercedes, Las Cabañas y San Fabián; las temperaturas presentan rangos entre 23°C y 24°C; en Dipilto, Cerro El Mojón, El Manteado, Dipilto Viejo, Las Calabaceras y Los Planes la temperatura media del aire oscila entre 22°C y 23°C.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

En los sectores de Las Marías, Ojo de Agua, La Laguna, La Cuadrozón y Loma Verde, la temperatura media oscila entre 21°C y 22°C. En las zonas más altas de la cuenca los sectores El Volcán, La Cuadrozón, Las Nubes y Loma Comayagua se registran las temperaturas más bajas de la cuenca con rangos de 20°C a 21°C. En promedio, la temperatura media áreal del aire es de 22.2°C.

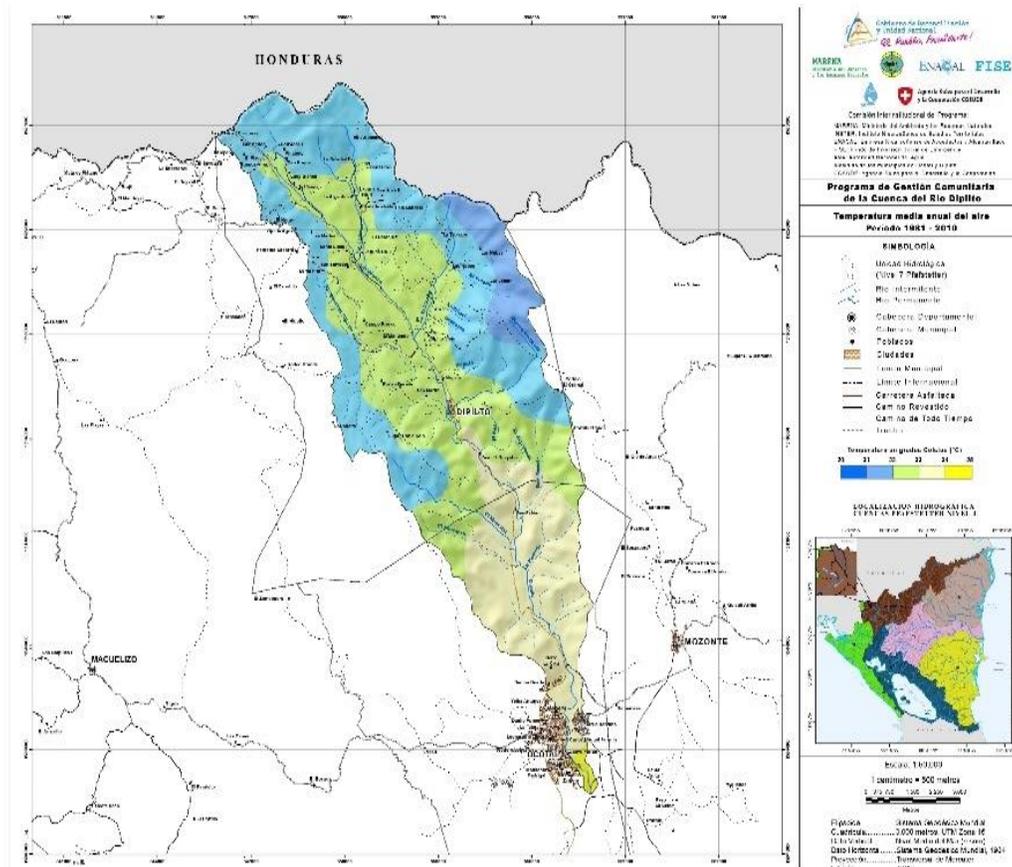


Figura 11.3. Mapa de Distribución anual de la temperatura en la cuenca del Río Dipilto



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

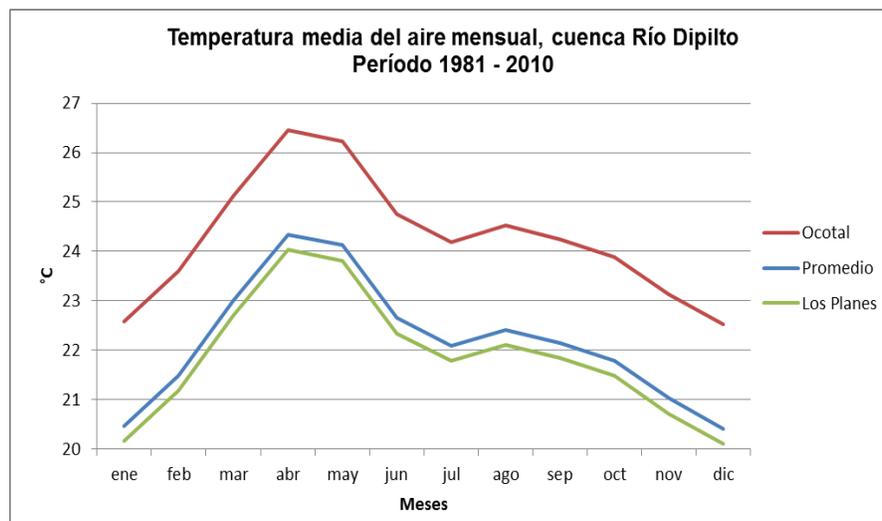
09

2019

b) Distribución estacional de la temperatura media del aire

En la gráfica 11.10, se observa que abril es el mes más cálido con temperatura de 24.3°C, seguido de mayo con una temperatura de 24.1°C. En el período lluvioso (mayo a octubre) se presenta una disminución mes a mes de las temperaturas por efecto de la mayor nubosidad; luego en los meses de noviembre a febrero por incidencia de los frentes fríos las temperaturas siguen disminuyendo, siendo el mes de diciembre el más frío de la cuenca con 20.4°C, el segundo más frío es enero con 20.5°C: para luego aumentar en el mes de marzo con temperaturas de 23°C.

La estación de Ocotal, por su ubicación (parte más baja de la cuenca), registra las temperaturas más altas en el mes de abril con 26.4°C y en el mes más frío (diciembre) registra 22.5°C. La estación de Los Planes registra en el mes más cálido 24°C y en su mes más frío 20.1°C.



Gráfica 11.10. Comportamiento mensual de la Temperatura media del aire, cuenca Río Dipilto



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

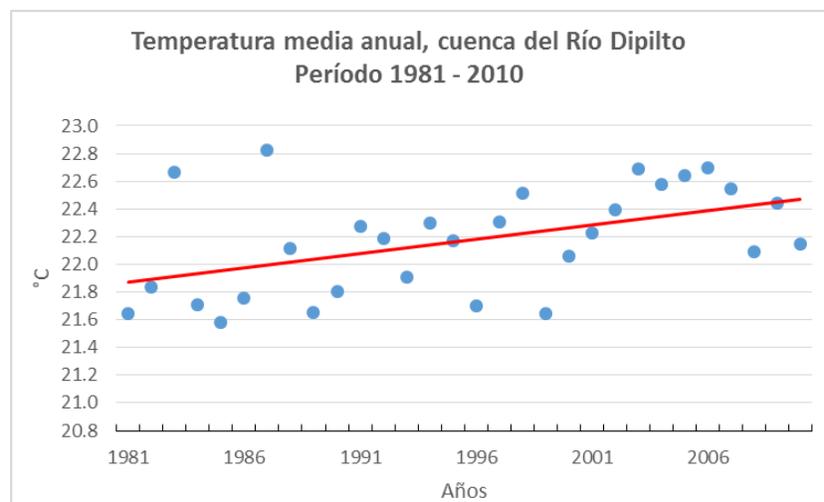
09

2019

c) Tendencia de la temperatura media del aire

En la gráfica 11.11, se observa una tendencia ascendente en el comportamiento de la temperatura media del aire, esto quiere decir que a medida que transcurren los años va aumentando la temperatura en la cuenca.

Es importante mencionar que este ascenso no es de manera homogénea y no se debe solamente a emisiones de gases efecto invernadero, los mayores cambios, donde se identifica más el aumento de las temperaturas es sobre todo en los sectores donde hay cambios en el uso de suelo o aumento de infraestructuras en las ciudades.



Gráfica 11.11. Tendencia de la temperatura media del aire, cuenca Río Dipilto.

d) Temperatura máxima del aire

La temperatura máxima absoluta promedio en el área de estudio es de 36.9°C, registrándose en mayo de 1998. En promedio las temperaturas máximas se registran entre marzo a mayo, estas presentan una disminución por la entrada del período



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

lluvioso. En mayo de 1998 las estaciones analizadas, presentaron su record histórico; Ocotol con 39°C, Dipilto de 36.9°C y Los Planes 36.6°C. Ver gráficas en anexos.

La tendencia de la temperatura máxima absoluta, presenta el mismo comportamiento ascendente de la temperatura media, esto significa tardes más calurosas conforme pasan los años en el período de análisis del estudio.

e) Temperatura mínima del aire

El mes donde se registra la temperatura mínima absoluta en la cuenca, es enero con 6.8°C, le siguen febrero con 7.8°C y diciembre de 7.9°C. La tendencia de la serie histórica de la temperatura mínima absoluta muestra una serie ascendente (ver anexo), aunque no tan marcada como en la temperatura media y máxima. Esto quiere decir, que en la cuenca se presentan noches un poco más cálidas conforme pasan los años, para el período de análisis.

F) Humedad Relativa

En la gráfica 11.12 se observa que la humedad relativa no varía tanto mes a mes, desde junio a diciembre, la humedad varía en $\pm 3\%$; su valor mínimo es en abril con 66% y su valor máximo es en septiembre y octubre con 83% de humedad.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

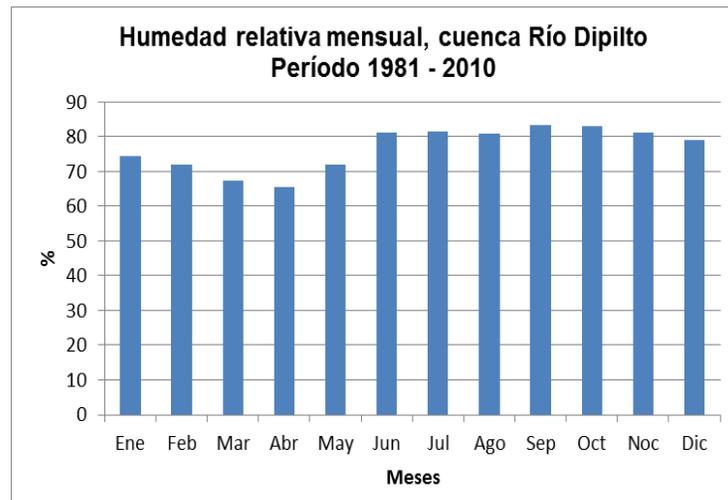
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 11.12. Comportamiento de la Humedad Relativa, cuenca Río Dipilto.

Para el período 1981 a 2010, la tendencia de la humedad relativa, presenta una marcada condición de ascenso, con su mayor valor promedio en el año 2001. Ver grafica en anexo.

11.1.4. Evapotranspiración de Referencia (Eto)

A. Ajuste de la ecuación de Hargreaves

Al comparar los resultados entre los datos generados por el método Penman- Monteith modificado (que se considera el método patrón) y Hargreaves, se idéntica que la fórmula de Hargreaves sobrestima los valores de ETo al compararlos con los determinados por la ecuación de Penman- Monteith modificado (Gráfica 11.13).



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

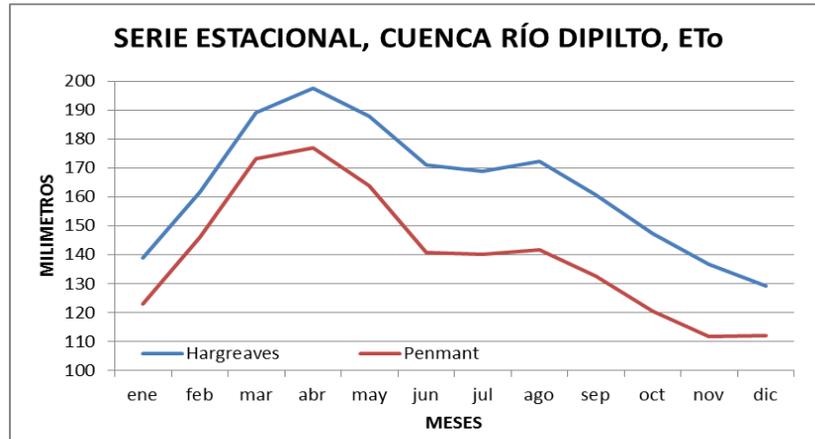
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

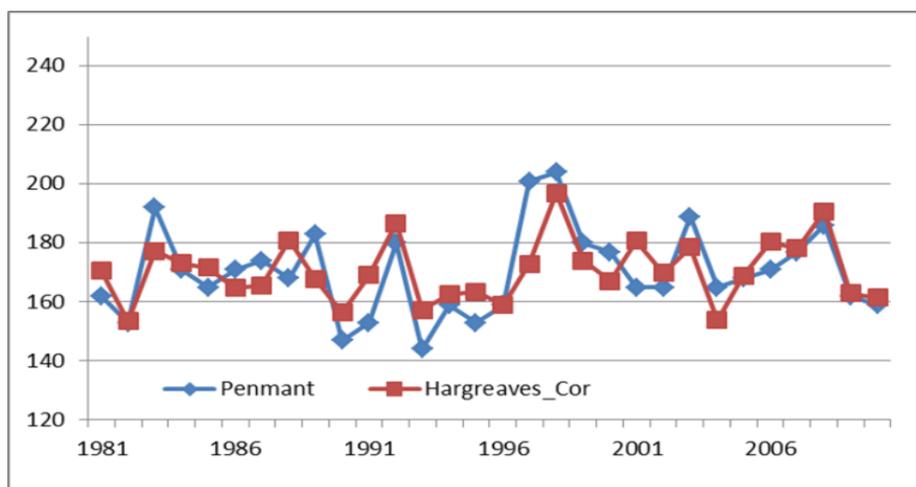
09

2019



Gráfica 11.13. Serie estacional de ETo, comparando resultados de ambos métodos.

Una vez determinados los coeficientes de ajustes de cada mes, se ajustaron las series de las dos estaciones meteorológicas restantes, ajustando las tres series, para al final obtener unas series estadísticas de ETo mediante la ecuación de Hargreaves modificada por coeficientes mensuales del método patrón (gráfica 11.14).



Gráfica 11.14. Serie mensual ajustada.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

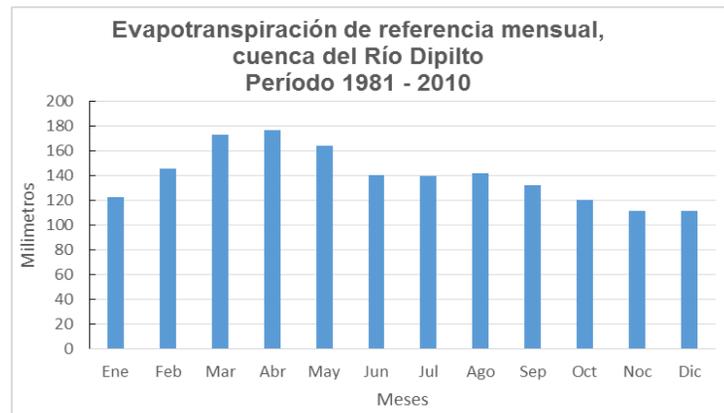
25

09

2019

B. Comportamiento de la ETo

La mayor evapotranspiración de referencia (ETo), se presenta en abril con 173.2 mm, posteriormente marzo y mayo, con 173.2 y 163.9 mm respectivamente. El valor mínimo de ETo es 111.7 mm en noviembre, seguido de diciembre y enero con 112 mm y 123 mm, respectivamente. Gráfica 11.15.



Gráfica 11.15. Comportamiento de la Evapotranspiración (ETo), cuenca Río Dipilto.

La ETo promedio de la cuenca presenta una tendencia ascendente para el período de análisis, con su mayor valor registrado en 2006 con 1,770.5 mm; el mínimo es 1,616 mm en 1982. Una mayor ETo en la cuenca significa menos agua disponible para el suelo y las plantas, probablemente disminuya la cantidad de agua disponible en la cuenca.

11.1.5. Comportamiento del Viento

Para todos los meses del año la dirección frecuente del viento en la cuenca proviene del Este. La mayor velocidad del viento se registra en febrero con un valor de 3.1 m/s, le siguen los meses de enero y marzo con una velocidad de 2.9 m/s.



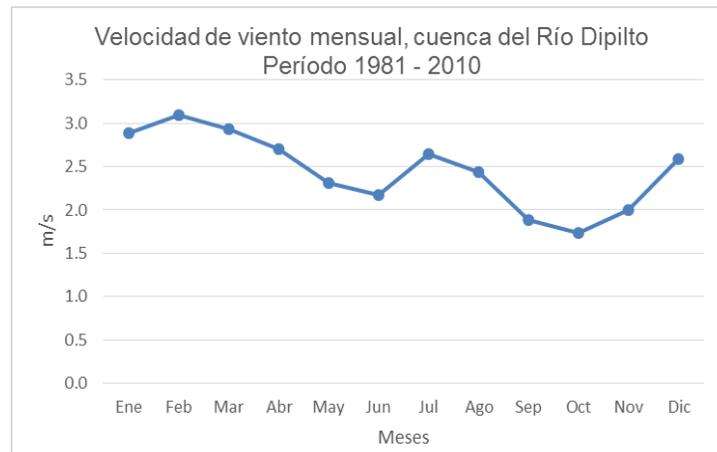
Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019



Gráfica 11.16. Comportamiento de la Velocidad del viento, cuenca Río Dipilto.

El flujo de viento en la cuenca presenta una componente local, que se ve favorecido bajo condiciones de gradiente de presión débil en la escala sinóptica, además intervienen el gradiente de temperatura, las elevaciones y la inclinación de las laderas. Este flujo asociado se le conoce como viento local, tenemos dos elementos del mismo: brisa de ladera y viento de valle abajo – valle arriba.

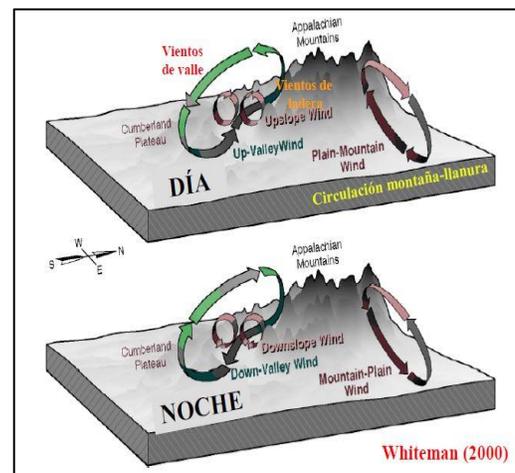


Figura 11.4. Circulación Montaña Ladera
Fuente Comet Programa



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

a) Viento de ladera

Este viento tiene un ciclo por la mañana y otro por la noche. Normalmente por la mañana los vientos ascendentes por la ladera (vientos anabáticos) comienzan a circular cuando el Sol calienta las laderas este y sur. El aire asciende por la ladera e inicia la brisa de ladera, después del medio día la brisa alcanza su mayor intensidad, en este momento con el calor de superficie y el momento vertical del frente de brisa puede provocar la formación de cúmulo en la cima y las crestas de las montañas. Iniciando la noche la circulación se invierte, la ladera de montaña pierde calor y el aire que está en contacto con ella se enfría y se vuelve más denso que el que lo rodea, de modo que circula cuesta abajo de la montaña, esta brisa se conoce como vientos catabáticos.

b) Viento valle abajo - valle arriba

En un día normal el ciclo de estos vientos es el siguiente:

- Brisas de ladera ascendentes se forman justo después del amanecer.
- Vientos de valle arriba se forman más tarde por la mañana.
- Brisas de ladera descendentes se forman justo después del anochecer (en las pendientes de los valles).
- Vientos valle abajo se forman más tarde por la noche y continúan poco después del amanecer.

Todos estos vientos modifican la dirección del viento en las partes medias y altas de la cuenca (donde el calentamiento no es uniforme), la brisa de ladera probablemente genera una baja local en el sectores altos del noreste de la cuenca, además hay una convergencia de viento local con el flujo sinóptico del Este provocando elevación de



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

masas de aire y lluvias en la parte alta, este proceso produce probablemente los mayores acumulados en el sector de la cuenca de El Volcán y la Cuadrozón (esta hipótesis debería ser estudiada a fondo mediante datos climáticos locales, lamentablemente en este momento no existe una estación que registre todas las variables necesarias para dicha investigación).

Además, el viento con dirección Oeste de ladera incrementa el flujo sinóptico hacia los sectores del bosque de conífera Dipilto. Aunque estos modelos conceptuales nos ayudan a entender los procesos locales del viento en la cuenca, para caracterizar de manera robusta es necesario instalar estaciones meteorológicas en sitios donde no tenemos información de procesos locales en el área de estudio.

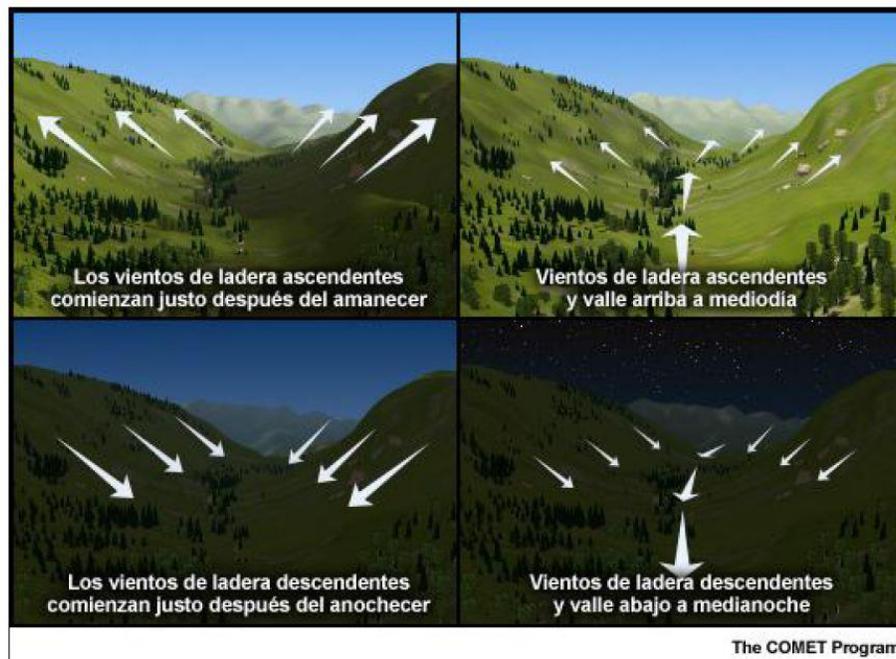


Figura 11.5. Circulación Valle arriba – Valle abajo
Fuente Comet Program.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

11.1.6. Clasificación Climática

Utilizando la metodología de Köppen identifica cuatro tipos de clima para el área de estudio: Clima Templado Lluvioso [(A) Cam], Clima Caliente y Subhúmedo con lluvia en verano (Aw_0 y Aw_2) y Clima Seco y Árido (BS_1). Figura 11.6.

Los sectores más bajos de la cuenca (Ocotal, Santa Marta y Las Mercedes), presentan un clima Seco y Árido, caracterizado por mostrar una estación seca severa, con temperaturas medias anuales que oscilan entre 23°C y 27°C.

Los sectores de La Cabaña y San Fabián presentan un clima Caliente caracterizado por presentar una estación seca (noviembre - abril) y otra lluvioso (mayo - octubre). La precipitación varía de un mínimo de 800 a 1,200 mm y la temperatura media anual oscila entre 23 y 24°C.

En los sectores de Dipilto, Nopata, Dipilto Viejo, Las Calabaceras y Santa Lucia, se presenta un clima Caliente y Sub-Húmedo con lluvia en verano; este se caracteriza por presentar acumulados de precipitación que oscilan entre 1,200 y 1,600 mm, y temperaturas medias anuales entre 21 y 23°C.

Los sectores de La Trabazón, El Volcán, Las Nubes, Las Manos, Los Planes y Ojo de Agua presentan un clima Templado Lluvioso, presentando acumulados de 1,600 a 1,800 mm, y temperaturas medias entre 21 y 22°C.



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

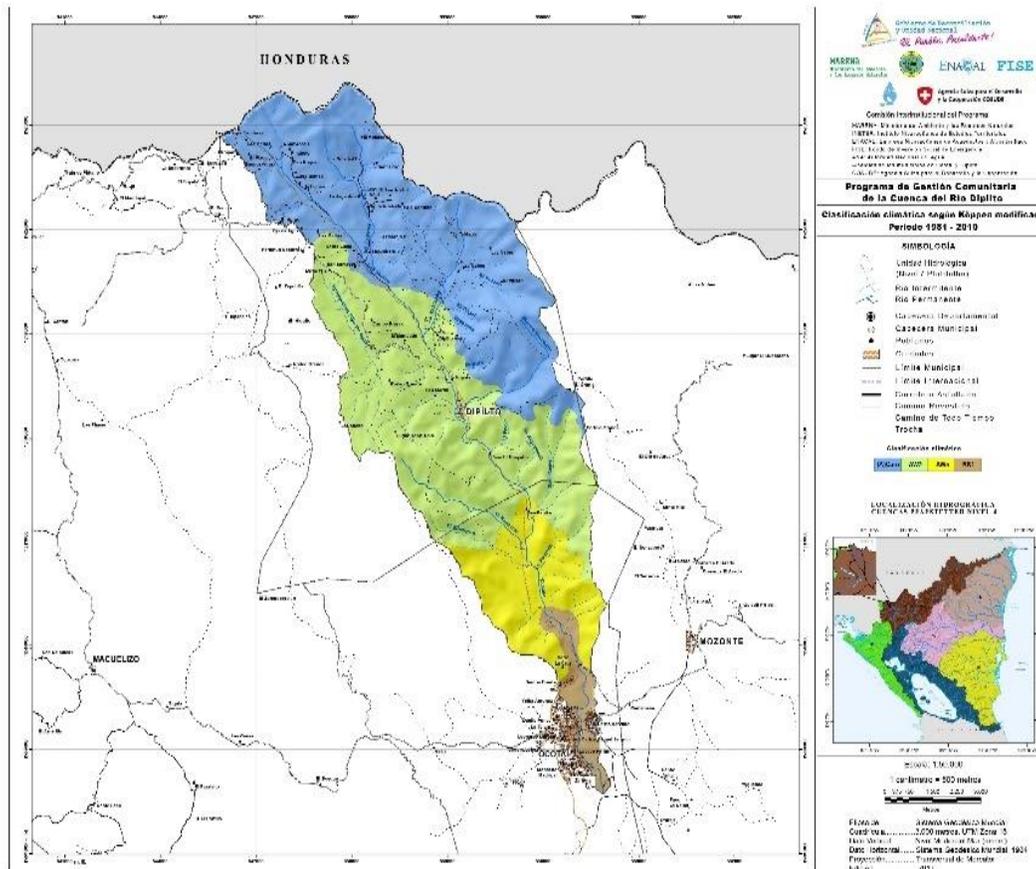


Figura 11.6. Clasificación Climática de Köppen, Cuenca Río Dipilto

11.1.7. Comportamiento de la precipitación anual y mensual durante el fenómeno ENSO (Evento La Niña y El Niño).

a) Distribución espacial de la precipitación anual en eventos El Niño.

En los sectores de Ocotal y Las Mercedes, se presentan acumulados de lluvia entre 600 y 800 mm; en La Cabaña y Cerro Coquimba los valores son entre 800 y 1,000 mm. En



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

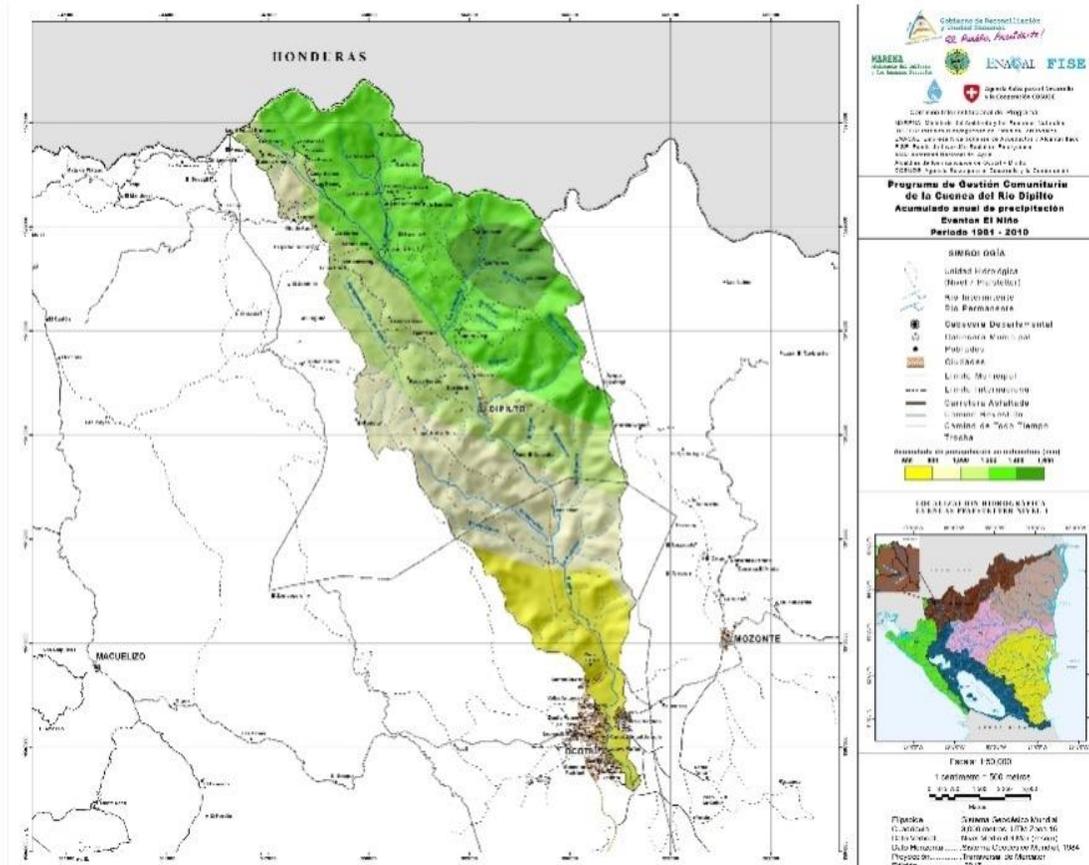
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

Dipilto, Nopata, El Manteado, Los Planes y Las Manos los acumulados oscilan entre 1,000 mm y 1,200 mm.

En los sectores de La Laguna, La Argentina, La Soledad y Dipilto Viejo, las precipitaciones varían entre 1,200 y 1,400 mm; los mayores acumulados se presentan en Las Nubes, La Cuadrozón y El Volcán con rangos de 1,400 a 1,600 mm. Figura 11.7.





**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

b) Distribución espacial de la precipitación anual en eventos La Niña

En los sectores de Ocotal y Las Mercedes se presenta acumulados entre 1,000 y 1,200 mm; en La Cabaña, San Fabián y Cerro Coquimba los valores oscilan entre 1,200 y 1,400 mm. En Dipilto se registran valores de 1,400 a 1,600 mm. En los sectores de Los Planes, Las Manos, La Laguna, La Argentina, La Soledad y Dipilto Viejo las precipitaciones oscilan entre 1,600 y 1,800 mm; valores entre 1,800 y 2,000 mm se observan en los sectores de Las Nubes y La Cuadrozón. Los mayores acumulados se presentan en El Volcán con rangos de 2,000 a 2,200 mm de precipitación al año. Figura 11.7

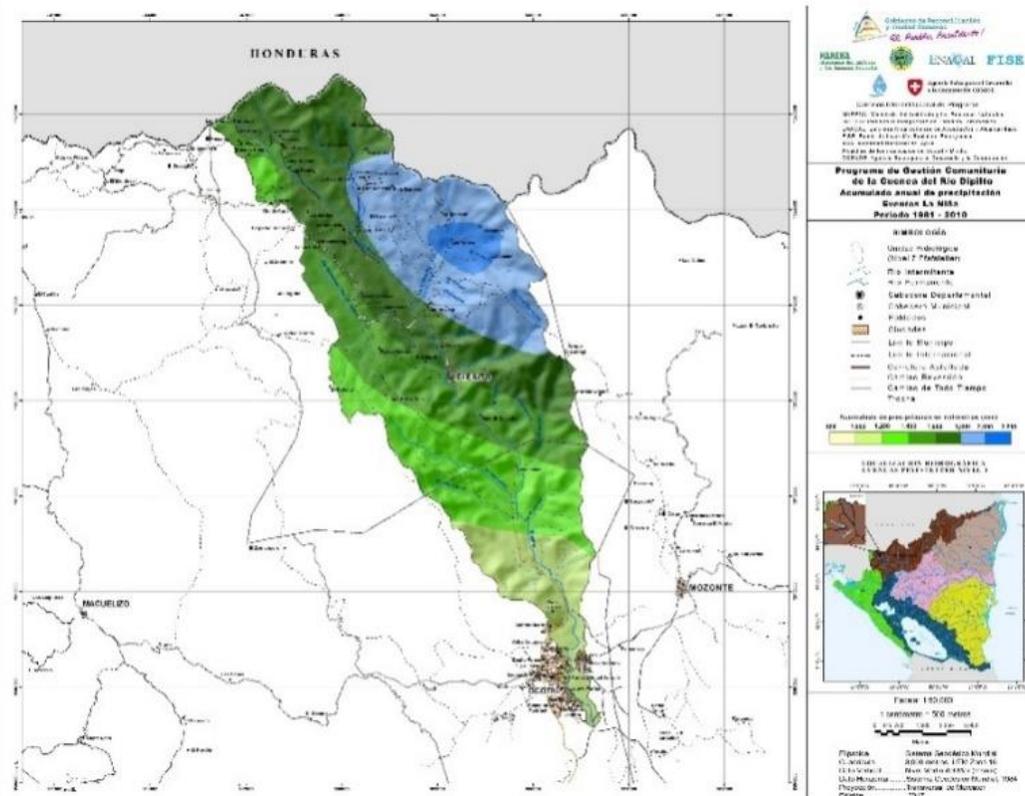


Figura 11.8. Distribución espacial de la precipitación anual en eventos La Niña.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

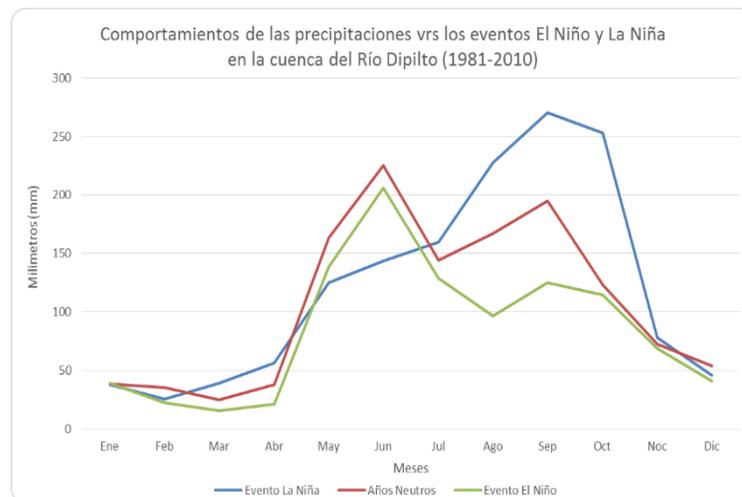
09

2019

Esto significa que espacialmente bajo efecto de un evento El Niño, se presentan menos acumulados de precipitación sobre todo en los sectores de Ocotal, Dipilto y Dipilto Viejo, caso contrario cuando ocurre el evento La Niña que aumenta los acumulados anuales en los sectores antes descritos; en los sectores donde predominan las mayores elevaciones en la cuenca (La Cuadrozón y El Volcán), los patrones de lluvia no se ven afectados por estos eventos.

c) Distribución estacional de la precipitación durante el fenómeno ENOS

En la gráfica 11.17, se observan los acumulados de lluvia mensuales durante eventos El Niño, La Niña y años Neutros, podemos decir que el fenómeno ENOS afecta sobre todo durante el período lluvioso, ya que no se notan cambios tan fuertes en los meses del período seco.



Gráfica 11.17. Precipitación mensual en Eventos El Niña y La Niña, cuenca Río Dipilto.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

En los meses de mayo a julio, el evento El Niño tiende a mantener los acumulados casi en condiciones normales, esto a consecuencia del flujo de humedad que proviene del Océano Pacífico en el inicio del evento, sin embargo, aunque los acumulados se mantienen la distribución es anómala, es decir que se reducen los días con precipitación y aumentan las lluvias intensas y de corta duración.

El evento La Niña durante el primer subperíodo lluvioso tiene el efecto contrario, debido que este evento fortalece los vientos Alisios (vientos provenientes del Caribe) en su inicio, provocando una disminución del 20% en comparación con años Neutros.

Durante el segundo subperíodo lluvioso el evento La Niña genera los mayores acumulados con 55% por arriba de los años Neutros. En cambio, en eventos El Niño en de agosto a octubre, los acumulados de precipitación descienden drásticamente, teniendo un déficit promedio de -31% en los acumulados de precipitación, además de una disminución de los días con precipitación.

d) Canícula durante el fenómeno ENOS

La Canícula durante el evento El Niño, inicia en la primera decena de julio y finaliza en la segunda decena de agosto, en comparación con el promedio (28 días) esto significa que la Canícula extienden 12 días, para un total de 40 días, disminuyendo significativamente los acumulados de precipitación en estos meses.

El evento La Niña tienen el efecto contrario al evento El Niño en la canícula, cuando hay eventos fríos del ENOS (La Niña) la canícula inicia en la tercera decena de julio y finaliza en la primera de agosto, disminuyendo a 16 días la duración de la canícula, con un



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

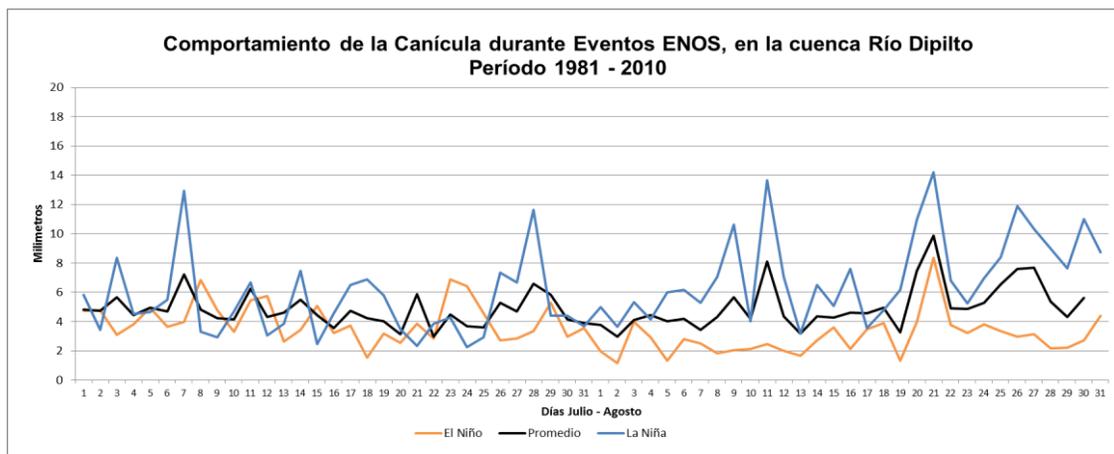
FECHA:

25

09

2019

aumento en los acumulados de lluvia sobre todo en el mes de agosto. Ver grafica 11.18 comportamiento de la Canícula durante eventos ENOS.



Gráfica 11.18. Comportamiento de la canícula durante eventos El Niño y La Niña, cuenca Río Dipilto

11.1.8. Precipitación promedio durante los ciclones tropicales en la cuenca.

a) Tormenta Tropical Alleta

La tormenta se formó en el Océano Pacífico y su trayectoria siguió hacia las costas de México. Esta tormenta afectó indirectamente a la cuenca del Río Dipilto del 22 al 28 de mayo de 1982, ingresando flujo de la componente del oeste lleno de humedad por las cálidas aguas del Pacífico, los mayores acumulados de precipitación se registraron en las estaciones de Ocotal con 163.1 mm y Los Planes con 69.4 mm.

b) Huracán Joan

Durante el período de afectación del huracán Joan, del 22 y 23 de octubre de 1988, los mayores acumulados en la cuenca las registraron las estaciones de Los Planes con 126.2 mm y Ocotal con 76.9 mm.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

c) Tormenta tropical Bret

El período de afectación de la tormenta tropical fue del 10 al 11 de agosto de 1993, la estación de Los Planes registró el mayor acumulado de precipitación con 93 mm en dos días, le sigue la estación de Dipilto con 51.4 mm.

d) Tormenta tropical Gert

El período de afectación por la tormenta en la cuenca fue de tres días, desde el 15 de septiembre que entra a territorio nacional por el sector de Bluefields hasta el día 17 que atraviesa Las Segovias, para posteriormente dirigirse al territorio hondureño. En la cuenca la estación con los mayores acumulados fue Los Planes con 170.1 mm, Dipilto con 145.9 mm y Ocotal con 136.1 mm.

e) Huracán Cesar

Este huracán ingreso por la región Caribe, en la cuenca afectó los días 27, 28 y 29 de julio de 1996. La estación que registro los mayores acumulados fue Dipilto con 123.5 mm, las estaciones de Los Planes con 109.3 mm y Ocotal con 65.8 mm.

f) Huracán Mitch

El período de afectación del huracán en la cuenca fue del 22 al 31 de octubre de 1998. Este huracán se formó en la cuenca del Mar Caribe como tormenta tropical, luego se intensifico rápidamente, llegando a categoría de huracán el día 24. El día 25 de octubre



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

evolució a huracán categoría 5, y ha sido considerado unos de los huracanes más intensos registrados en la cuenca del atlántico tropical¹⁵

El máximo acumulado de lluvia durante el período de afectación del huracán se registró en la estación de Ocotol con 560.4 mm, le sigue la estación de Dipilto con 311.9 mm y la estación de Los Planes con 296.6 mm.

XII. Geología.

Desde el punto de vista regional, la cuenca del Río Dipilto se encuentra en la provincia geomorfológica “**Tierras Altas del Interior**” (Región Norte de Nicaragua), en las formaciones del Paleozoico y Metamórfico, la cual se caracteriza por el predominio de depósitos volcánicos de la edad Terciario y Pre-Terciaria intrusivo y Pre Terciario Metamórfico, incluida dentro de las eras Paleozoico Superior, Cenozoica y Eoceno (Cretáceo-Terciario), (Hodgson, 1983).

Las rocas metamórficas son consideradas como el basamento regional, compuesto por: esquistos, filitas, mármoles, cuarcitas, gneises y otros productos meta-sedimentarios y meta-volcánicos del metamorfismo regional. Otros tipos de rocas que se presentan son los Esquistos de Nueva Segovia (Del Giudice, 1960), los que se encuentran intruidos por cuerpos ígneos plutónicos del Mioceno, entre los que sobresale el Batolito de Dipilto constituido por granito, granodiorita, tonalita y diorita, según (Garayar, 1971).

¹⁵ Las llluvias del siglo en Nicaragua, INETER 1998



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

12.1. Características Geológicas.

La tectónica y el vulcanismo han sido los procesos geológicos importantes en la evolución geológica de la cuenca del Río Dipilto, permitiendo la formación de rocas volcánicas y plutónicas que varían desde básicas hasta muy ácidas, correspondiendo a las más antiguas de Nicaragua. Figura 12.1

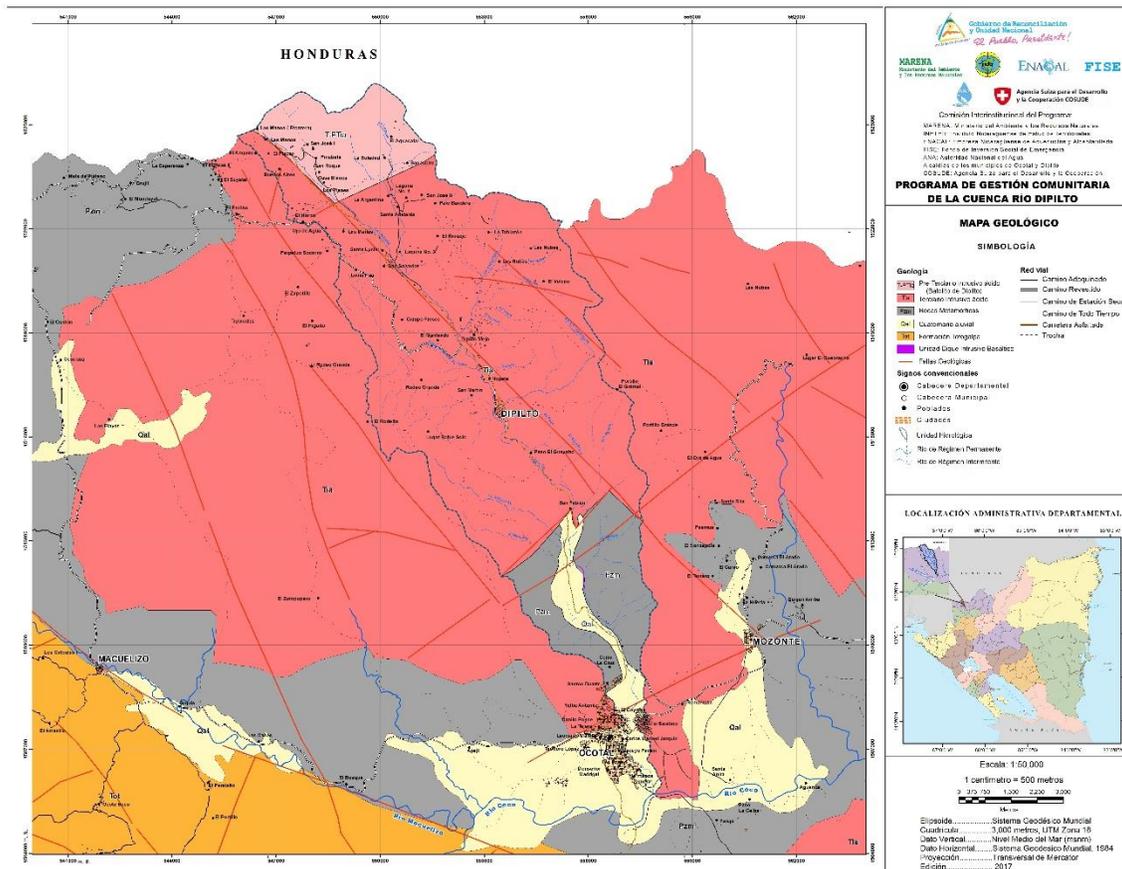


Figura 12.1. Mapa Geológico de la Cuenca de Río Dipilto



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

La estratigrafía de la cuenca del Río Dipilto está conformada por rocas metamórficas e ígneas intrusivas. A continuación, se describen las unidades litoestratigráficas desde las formaciones más antiguas a la más reciente.

12.1.1. Unidad Metamórfica (PTm)

Los afloramientos principales de las rocas metamórficas se encuentran en la parte sur de la cuenca del Río Dipilto y cubren una extensión de aproximadamente 4.40 km², están conformadas principalmente de rocas esquistos y filitas; encontrándose en los barrios Hnos. Zamora, Yelba de Antúnez, 19 de Julio, José Santos Duarte, Sandino, Santos Rodríguez, de la ciudad de Ocotal.

Lugares con este tipo de rocas se ubican al Nor-Noreste (NNE) de la ciudad de Ocotal alineados en orientación Noroeste (NW). Dentro de estos sitios tenemos el cerro La Cruz, con una elevación 1,000 msnm y cerro Guansapo 1,051 msnm.

El cerro La Cruz se localiza en las coordenadas UTM¹⁶ - WGS84¹⁷: 556408 E / 1508866 N. En el existe un afloramiento visible de 6 m de largo y una altura de 4 m aproximadamente. Compuesto de rocas Metamórfica y Filitas de coloración gris. Presentando fracturas paralelas con orientación preferencial Noroeste. Fotos 12.1 y 12.2.

¹⁶ Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator (UTM)

¹⁷ World Geodetic System 1984 (WGS84)



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

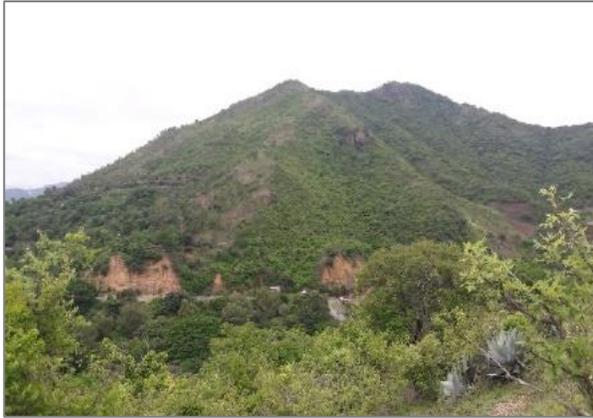


Foto.12.1. Vista Panorámica Cerro La Cruz hacia el Oeste



Foto.12.2. Afloramiento de roca metamórfica filitas en Cerro La Cruz

El cerro Guansapo se localiza en las coordenadas UTM: 555416 E /1508428 N. En las laderas se encuentran afloramientos visibles de roca metamórfica filitas. Foto 12.3



Foto.12.3 Afloramiento de roca metamórficas filitas, Cerro Guansapo

En la ciudad de Ocotol en el sector del Barrio Anexo Yelba María Antúnez en las coordenadas UTM: 556304 E /1508930 N, se ubica un cerro con una elevación aproximada de 734 msnm, compuesto de roca metamórfica esquisto, el cual es utilizado como banco de extracción de material. Foto 12.4 y 12.5.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Foto.12.4. Vista Panorámica hacia el Norte Cerró compuesto de roca Metamórfica

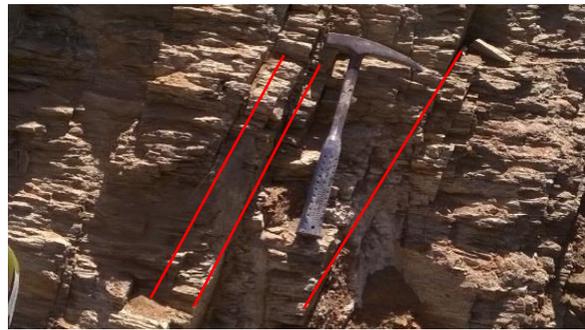


Foto.12.5. Fracturas paralelas orientación NE

En la parte Sur de la cuenca del Río Dipilto, en las coordenadas UTM: 557911 E / 1505733 N, se encuentra una zona que se caracteriza por encontrarse roca metamórfica esquisto, intercalada con vetillas de cuarzo con un ancho de 0.10 a 0.20 m. Foto 12.6. y 12.7.



Foto.12.6. Roca Metamórfica con intercalaciones de vetillas de cuarzo.



Foto.12.7. Vetilla de cuarzo con un ancho de 0.20 m.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

12.1.2. Unidad Batolito de Dipilto (T-PTia Terciario Pre-Terciario intrusivo ácido)

El Batolito de Dipilto, es un cuerpo plutónico de composición granítica, que presenta una variación en su composición de granito, granodiorita a diorita, extendiéndose de Este-Oeste. De acuerdo a Garayar, (1971) y Parsons Corporation, (1972), su edad varía entre 60 y 117 millones de años.

Estas unidades se encuentran en la parte norte de la cuenca, con una extensión de 9.94 km² y con un espesor de 400 m aproximadamente. Se observan en el área rocas granito porfíritico con presencia de minerales de cristales de cuarzo, feldespato y mica. Cuando el granito es porfíritico la meteorización y erosión es poco intensa y su suelo más arcilloso. Foto 12.8 y 12.9.



Foto.12.8. Muestra de mano, roca granito textura porfíritica.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Foto 12.9. Afloramiento geológico roca granito, parte del Batolito de Dipilto, Las Manos.

12.1.3. Unidad Granito (Ptia, T-Pre-Terciario intrusivo acido)

La unidad Granito aflora a lo largo de la carretera Panamericana de Norte a Sur en la ciudad de Dipilto, con una extensión de 68.61 km² y un espesor aproximado de 500 m. La estructura de la unidad está compuesta de grano medio a grueso, conteniendo los minerales principales cuarzo y feldespatos. Foto 12.10.



Foto 12.10. Muestra de roca granito.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

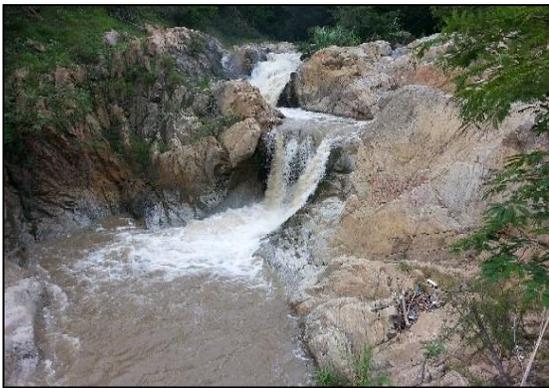
FECHA:

25

09

2019

En las coordenadas UTM: 553602 E / 1515876 N, se encuentra un corte geológico característico de este tipo de roca granito con una elevación de 832 msnm. Fotos 11.11 y 12.12.



**Foto.12.11. Cascada río Dipilto,
tipo de roca granito.**



**Foto.12.12. Corte visible de roca granito,
carretera panamericana, Dipilto.**

En la parte Nor-noreste de la cuenca, la roca granito se encuentra meteorizado, originando suelos de textura arenosa. Foto 12.13.



Foto.12.13. Tipo de suelo textura arenoso, origen de roca granito, Dipilto.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

12.1.4. Unidad Dique Intrusivo

La unidad Dique Intrusivo se formó por la cristalización del magma, en término de textura es una roca afánítica de color gris oscuro, posiblemente de composición basáltico, la presencia del dique intrusivo en la cuenca se extiende en un área de 0.01 km². Foto 12.14.



Foto.12.14. Muestra dique intrusivo basáltico.

El dique intrusivo basáltico, se localiza entre las coordenadas UTM: 555642 E /1512261 N y 555848 E /1511593 N. En el sector La Cabaña el dique intrusivo basáltico presenta fracturas paralelas con orientación S 60° E, N 50° E, estas fracturas se encuentran rellena por vetillas de cuarzo con un ancho 1 a 3 cm. Fotos 12.15 y 12.16.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Foto.12.15. Bloque masivo de Dique intrusivo Basáltico

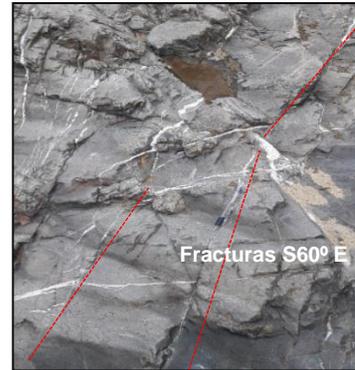


Foto.12.16. Fracturas rellenas de vetillas de cuarzo en dique intrusivo basáltico

En el sector de La Cabaña se encuentra en contacto el Dique intrusivo con la roca metamórfica, localizado en las coordenadas geográficas UTM: 555845 E / 1512005 N. Fotos 12.17 y 12.18.



Foto.12.17. Dique intrusivo Basáltico, Sector La Cabaña, Dipilto.



Foto.12.18. Contacto de roca metamórfica y Dique intrusivo basáltico, Dipilto.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

12.1.5. Unidad Cuaternaria (Qa, Qc, Qt)

Esta unidad se formó como resultado de la combinación de los procesos de meteorización, erosión y sedimentación. Los depósitos coluviales se asientan en la parte baja de las montañas.

Los depósitos aluviales, se encuentran en los márgenes de las quebradas y Río Dipilto, con una extensión de 5.24 km², estos están formados por cantos rodados, gravas y arenas cuyos espesores varían de 1 a 5 m. Fotos 12.19 y 12.20.



Foto.12.19. Depósito de sedimentos, Ocotal. Dipilto.



Foto.12.20. Rodados de roca en lecho del Río Dipilto

12.2. Geología Estructural

El área de estudio se considera sísmicamente activa, debido a la presencia de fallas geológicas locales. La sismicidad tiene su origen en la falla que pasa por debajo del valle del Río Dipilto, con orientación Noroeste-Sureste (NW-SE). Normalmente los eventos son relativamente pequeños y sólo se sienten en las inmediaciones del



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

hipocentro. Varias estaciones sísmicas instaladas por INETER registran continuamente la sismicidad del área.

12.3. Geomorfología

En Nicaragua se han identificado cinco provincias geomorfológicas denominadas:

- a) Planicie Costera del Pacífico
- b) Depresión Nicaragüense
- c) Tierras Altas del Interior
- d) Cordillera Volcánica del Pacífico, e) Planicie o Llanura Costera del Atlántico.

12.3.1. Rasgos geomorfológicos de la Cuenca del Río Dipilto

La cuenca del Río Dipilto, se encuentra en la provincia geomorfológica “**Tierras Altas del Interior**”, se caracteriza por tener un relieve montañoso fuertemente ondulado, la parte Norte y Central, se encuentran elevaciones entre los rangos de 1,200-1,600 msnm, con pendientes entre los 30-60 grados, y en la parte sur elevaciones entre 500-800 msnm con pendiente 10-20 grados.

El relieve del área de estudio se clasificó en dos unidades geomorfológicas, tomando como base las clasificaciones geomorfológicas propuestas por Van Zuidam, 1975 y su respectivo código para cada unidad. Siendo estas las siguientes:



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

C. Unidad de origen denudacionales (D)

En esta unidad se presentan **Áreas con severos movimientos de masas**, localizada en la parte Norte y Noroeste de la cuenca del Río Dipilto destacándose en las comunidades: Cambalache, El Volcán, El Perote y El Trigal.

El relieve se caracteriza por presentar pendientes fuertes a moderadas, donde la topografía está determinada por cerros con elevaciones de 1,000 hasta 1,600 msnm. Conformados por rocas plutónica o intrusiva, entre estas el granito, con desprendimiento de bloques de roca, deslizamiento superficial y rotacional. Foto 12.21.



Foto 12.21. Desprendimientos de roca granito, Cerro El Perote, Dipilto.

D. Unidad de Origen Estructural (S)

Se relaciona a las formas originadas por la interacción entre los factores tectónicos y los movimientos producidos a lo largo de zonas de fallas, dando la forma del terreno a las siguientes subunidades:



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

E. Topografía Ondulada (S1)

Localizada en la parte Sur del área de estudio, en el Barrio Anexo Yelba María Antúnez, Barrio Sandino, Barrio José Santos Duarte (Cerro La Cruz) y parte de la ciudad de Ocotal. Los cerros característicos en esta subunidad son: El Cerro Guansapo (55600 E 1509700N) y Cerro La Cruz (556408 E 1508866 N) siendo su máxima elevación de 1,000 msnm. Foto 12.22.



Foto 12.22. Geomorfología de Cerro La Cruz, Ocotal.

XIII. SUELOS

13.1. Orden de Suelos

En la cuenca predominan cinco (5) órdenes de suelos, de los cuales los suelos Ultisols, Entisols y Alfisols representan el 85.6% y los Inceptisols y Mollisols el 11.5% del área. A continuación se describe las principales características de cada orden de suelos antes descritos.

A. Ultisols: Se deriva del latín Ultimus, que significa Último, estos son suelos seniles, altamente meteorizados, se localizan en zonas húmedas, la fertilidad



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

natural de estos suelos oscila de baja a muy baja, el pH es ácido a fuertemente ácido, de color rojizos a pardo amarillento.

B. Entisols: Son suelos con reciente formación, con poco a ningún desarrollo de horizontes, presentando el siguiente sub-orden:

- **Orthents:** suelos de escaso desarrollo, se caracterizan por ser muy superficiales a moderadamente superficiales, porque se encuentran en lugares accidentados, con pendientes que van de 15 a más del 50% donde la erosión reduce las posibilidades de desarrollo de horizontes. La mayor parte de éstos soportan agricultura de cultivos limpios, favoreciendo su degradación y pérdida de forma acelerada.

C. Alfisols: Se deriva del vocablo Pedalfer referido a suelos ricos en óxidos de aluminio y hierro. Son suelos maduros, con más desarrollo evolutivo que los Mollisols, de fertilidad media a baja, presentan pH ligeramente ácidos a muy ácidos por estar en regímenes climáticos sub-húmedos y húmedos. Presenta el siguiente sub-orden:

- **Udalfs:** En el período lluvioso, no presentan déficit de agua en el suelo, lo que los hace favorable durante el desarrollo del cultivo.

D. Inceptisols: Del latín Inceptum, que significa incipiente de poco desarrollo, incluye suelos que abarcan regiones del trópico seco hasta regiones subhúmedas y húmedas del país, se han desarrollado de materiales geológicos recientes y presentan un horizonte cámbico. Dentro de este orden se ha clasificado un sub-orden:



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

- **Ustepts (KE):** Definidos por el régimen de humedad del suelo Ústico (latín ustus, seco). Permanecen secos por más de 90 días consecutivos en años normales, lo que hace difícil que sean cultivados en régimen de secano.

E. Mollisols: Del latín mollis, suave. Son suelos oscuros enriquecidos por los altos contenidos de materia orgánica, según la etimología son suelos suaves, bien estructurados, no son duros ni masivos cuando secos. Se han desarrollado a partir de materiales geológicos básicos, principalmente volcánicos, o de sedimentos en zonas de acumulación. Dentro de este orden se reconoce el sub-orden siguiente:

- **Ustolls (IG):** Definidos por el régimen de humedad del suelo Ústico (latín ustus, seco). Permanecen secos por más de 90 días consecutivos durante el período lluvioso.

En la cuenca existen **Afloramiento rocoso**, estas son áreas donde la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados, así como zonas de rocas desnudas relacionadas con la actividad volcánica. En el cuadro 13.1 se indica el tipo y porcentaje de cada orden de suelo, y en la figura 12.1 se representa la distribución de estos en la cuenca.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

Cuadro 13.1. Orden de Suelos: Cuenca del Río Dipilto

Orden de Suelos: Cuenca del Río Dipilto			
Orden	Área (km ²)	Perímetro	% Área
Ultisols	30.0	32.74	31.5
Entisols	26.2	47.59	27.5
Alfisols	25.3	55.74	26.6
Inceptisols	9.04	20.74	9.5
Afloramiento rocoso	2.71	35.28	2.8
Mollisols	1.95	8.60	2
Total	95.21		100

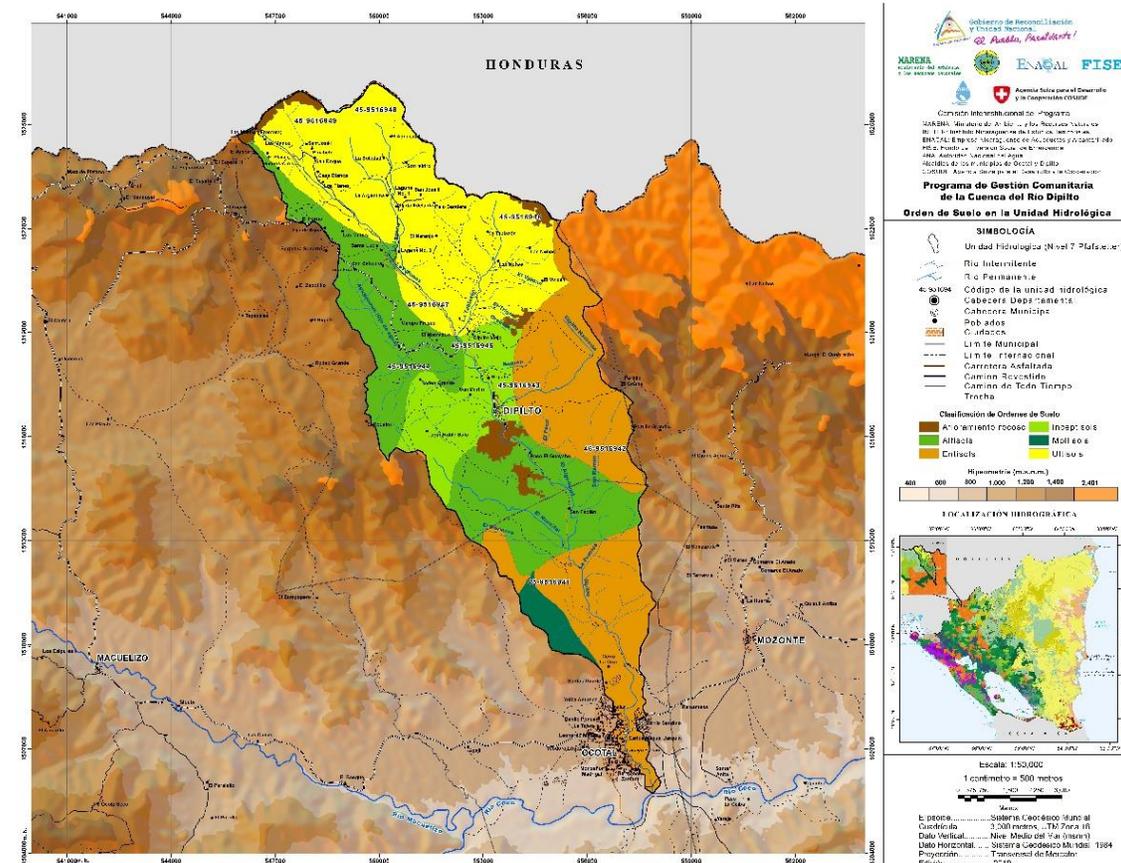


Figura 13.1. Distribución de áreas de los Órdenes de Suelo de la cuenca del Río Dipilto

Fuente: Mapa de Orden de suelo de Nicaragua, edición 2015



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

13.1.1. Uso de suelos

En la cuenca predominan tres (3) usos de suelos, los Bosques de coníferas con 25.99%, bosques de latifoliadas con 11.81% y cultivos permanentes con un 30.45%, representando estos el 68.25% del área total. Cuadro 13.2.

La importancia de estos bosques radica en la mejora de la calidad de aire, agua, preservación de suelos, recursos biológicos y atenuación de condiciones meteorológicas adversas para la sociedad. La conservación y regeneración de estos bosques se ve afectada por la extracción de madera, incendios forestales, quemadas agrícolas y ataques de plaga como el gorgojo descortezador que afecta directamente al Pino.

Los cultivos permanentes que predominan en la cuenca, son el café y musáceas (plátano y banano), encontrándose en los sectores de La Cuadrozón, La Laguna y Las Manos. En el cuadro se describen los diferentes usos del suelo y la distribución del porcentual con respecto al área de la cuenca y en la figura 13.2 la distribución del uso del suelo.

Cuadro 13.2. Distribución del área para de los diferentes usos de la tierra en la cuenca del Río Dipilto.

Usos del Suelo	Área (km ²)	Perímetro (km)	Área en %
Cultivo Permanente	28.99	134.37	30.45
Vegetación Arbustiva	13.53	251.05	14.21
Bosque de Conífero Denso	13.21	324.33	13.87
Bosque de Conífero Ralo	11.54	451.39	12.12
Bosque Latifoliados Denso	1.02	31.22	1.07
Bosque Latifoliados Ralo	10.23	337.25	10.74
Pasto	12.84	405.99	13.49
Suelo sin Vegetación	2.21	99.88	2.32
Ciudades, Poblados y Caseríos	1.26	24.17	1.32



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

Tacotal	0.27	16.59	0.28
Agua	0.11	24.4	0.12
Total	95.21		100

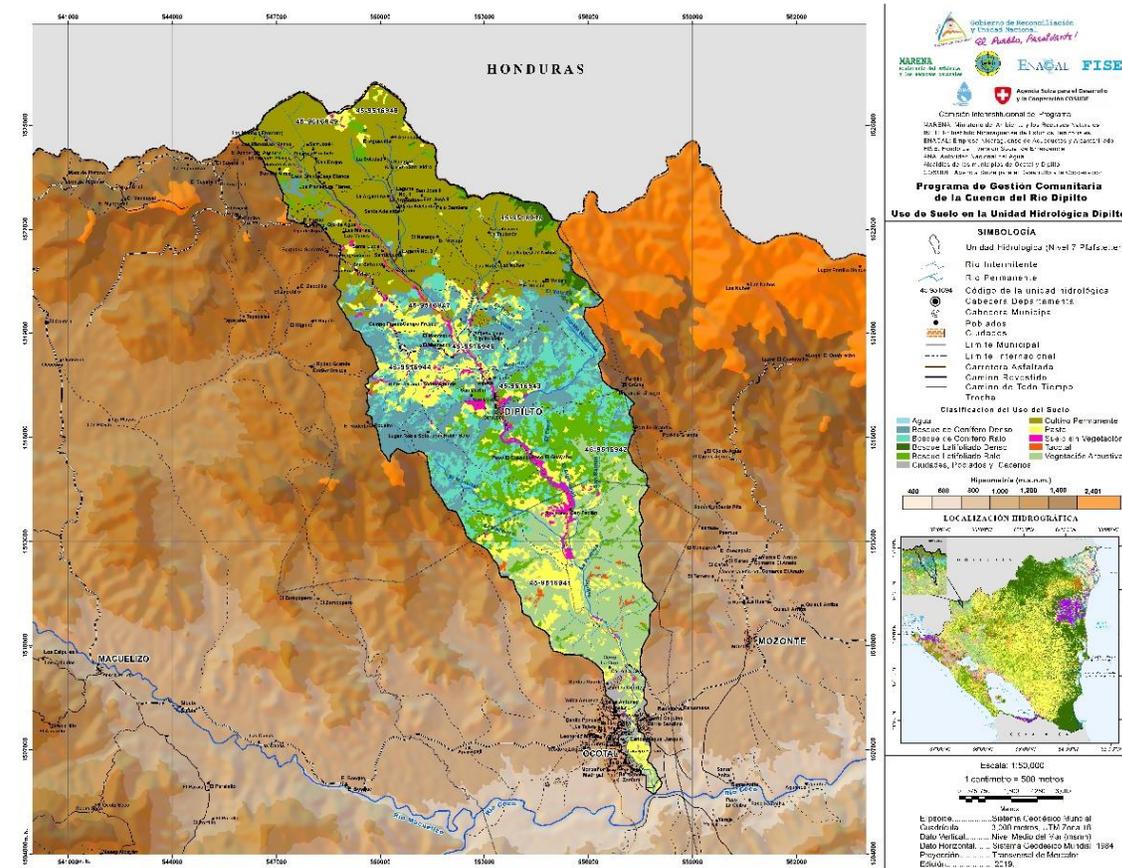


Figura 13.2. Uso del Suelo en la cuenca del Río Dipilto.
Fuente: Mapa de Uso y Tipo de Suelo de Nicaragua, edición 2015



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

13.1.2. Uso Potencial del Suelo

La cuenca es predominantemente forestal, encontrándose ocho (8) categorías de las cuales tres (3) representan el 84.5% del área total, siendo estas:

- **Forestal en zona subhúmeda:** Representa el 39.1% del área total, esta categoría se refiere al manejo de bosques naturales y protección de los recursos naturales condicionados por pendientes entre 30 y 75%. En esta categoría encontramos áreas protegidas como la reserva natural “cordillera de Dipilto - Jalapa”.
- **Forestal y sistema agroforestal en zona subhúmeda:** El potencial de esta categoría está enfocado a plantaciones forestales y ganadería en silvopastura con pastos resistentes a la humedad y la acidez. Representa el 30.3% del área total.
- **Forestal en zona seca:** su uso potencial es el manejo del bosque natural y protección de los recursos naturales, está condicionado por sequías y pendientes entre 30 y 75%. Se encuentra en parte baja de la cuenca donde predominan las mayores temperaturas, representa el 15.1% del área total.

En el cuadro 13.3 se describen la distribución en porcentaje de las categorías de la tierra en base a su uso potencial y en la figura 13.3, se representa la distribución áreal de acuerdo al uso potencial de los suelos en la cuenca del Río Dipilto.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

Cuadro 13.3. Distribución del uso potencial del suelo en la cuenca del Río Dipilto.

Código	Uso Potencial	Área km ²	% Área
VII.F-Zsh	Forestal en zona subhúmeda	37.18	39.1
VI.FSA-Zsh	Forestal y Sistema Agroforestal en zona subhúmeda	28.84	30.3
VII.F-Zs	Forestal en zona seca	14.4	15.1
VI.FSA-Zs	Forestal y Sistema Agroforestal en zona seca	8.80	9.20
VIII.PC-Zsh	Protección y Conservación en zona subhúmeda	3.53	3.70
IV.ASP-Zs	Agrícola restringido y Sistemas pecuarios en zona seca	1.31	1.4
IV.ASP-Zsh	Agrícola restringido y Sistemas pecuarios en zona subhúmeda	0.61	0.60
VIII.PC-Zs	Protección y Conservación en zona seca	0.54	0.60
Total		95.21	100

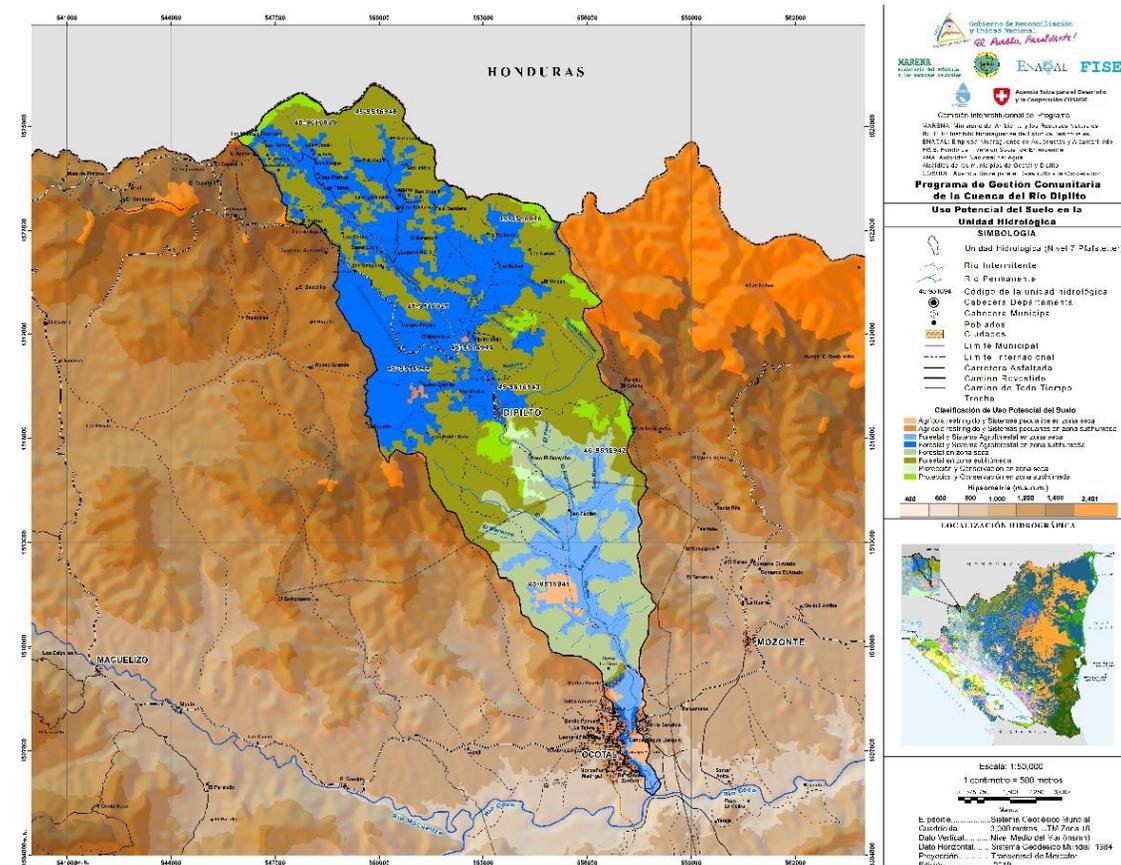


Figura 13.3. Uso potencial de la Tierra de la Cuenca del Río Dipilto.
Fuente: Mapa de Uso Potencial del suelo de Nicaragua, edición 2015



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

13.1.3. Conflicto de Uso

El 52.62% del área ubicada en la parte media y baja de la cuenca, está siendo sobre utilizada, porque el uso actual del suelo, no corresponde al uso potencial del mismo, bajo estas condiciones los daños a las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos son irreversibles. En la parte alta de la cuenca está siendo manejada adecuadamente por áreas donde el suelo es utilizado acorde a su potencial, manteniendo un equilibrio entre el desarrollo de actividades agropecuarias y forestales, y la preservación de los recursos naturales a largo plazo, representando el 45.7%. En la figura 13.4, se representa la distribución areal en relación al conflicto de uso del suelo en la cuenca del Río Dipilto.

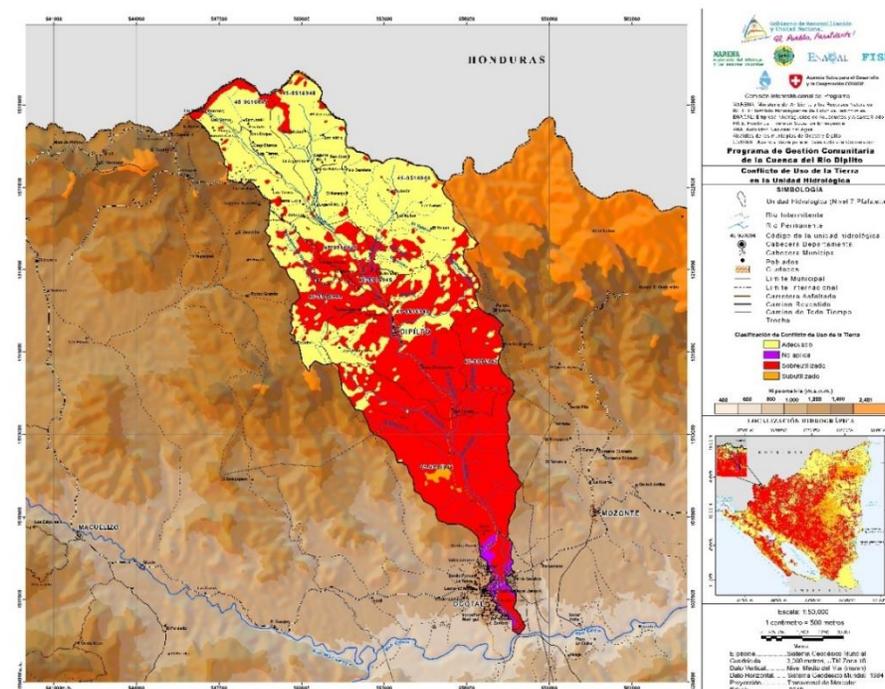


Figura 13.4. Conflicto de Uso de Suelo de la cuenca del Río Dipilto.
Fuente: Mapa de Conflicto de Uso del Suelo de Nicaragua, edición 2015



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

XIV. Hidrología

14.1. Características morfológicas de la cuenca

La morfología de una cuenca está definida por sus características físicas, desempeñando un papel esencial en la respuesta hidrológica. Las principales características morfológicas son: forma, relieve y red hidrográfica, que se describen a continuación.

14.1.1. Parámetros de forma

La forma de una cuenca determina la respuesta hidrológica ante eventos meteorológicos. Los principales factores de forma son:

- **Área.**

La cuenca del Río Dipilto se extiende en una superficie de 95.21 km², con un perímetro de 60.7 km y un ancho promedio de 3.65 km.

- **Factor de forma**

Este es un valor adimensional que relaciona la superficie de la cuenca entre el cuadrado de la longitud del río. El factor de forma entre más bajo que la unidad (1), indica que la cuenca estará menos expuesta a inundaciones.

Para la cuenca del Río Dipilto el factor de forma resultó de 0.14, indicando que es de forma alargada y que estará menos expuesta a inundaciones.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

▪ **Coeficiente de compacidad ó Índice de Gravelius (Kc)**

Es un parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área. El valor de Kc siempre será mayor o igual a 1, y se incrementa con la irregularidad de la forma de la cuenca.

Este factor adimensional constituye un indicativo de la tendencia de avenida en una cuenca. El Coeficiente de compacidad de la cuenca del Río Dipilto es de 1.74, indicando que la cuenca tiene menor tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escorrentía.

14.1.2. Parámetros de relieve de la cuenca

El relieve tiene una incidencia más relevante sobre la escorrentía que la forma de la cuenca. A mayor pendiente corresponde menor tiempo de concentración de las aguas en la red de drenaje. Para describir el relieve de una cuenca existen numerosos parámetros, entre los principales se destacan los siguientes:

1. Polígonos de frecuencias de altitudes

Es la representación gráfica de la relación que existe entre la elevación y el área porcentual a esa elevación, con respecto al área total. La distribución gráfica del porcentaje de superficies ocupadas por diferentes rangos de altitud para la cuenca del Río Dipilto se distingue en la gráfica 14.1, donde se observa que el predominio de elevaciones se encuentra entre las elevaciones de 600 a 1,400 msnm representando un 90.87 % del área total y un 9.13 % superior a los 1,400 msnm.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

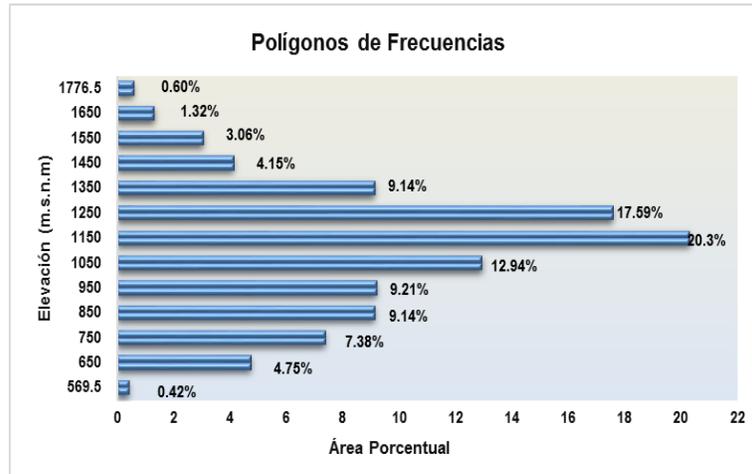
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 14.1. Polígonos de frecuencia de altitudes – Cuenca Río Dipilto.

Fuente: INETER, realizado a partir del Modelo Digital de Elevación de 30 m.

2. Curva Hipsométrica

La curva hipsométrica indica el porcentaje de área acumulada de la cuenca que existe por encima de cierta elevación. En el área de la cuenca, el 25% se encuentra por encima de 1,200 msnm, el 50% por encima de 1,100 msnm y el 75% por encima de los 900 msnm.

De acuerdo a la clasificación propuesta por Strahler¹⁸, la cuenca del Río Dipilto (Gráfica 14.1), se encuentra en fase de equilibrio o madurez, esto con lleva a pocos procesos de actividad erosiva.

¹⁸Curvas hipsométricas-características del ciclo de erosión, 1952, 1964.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

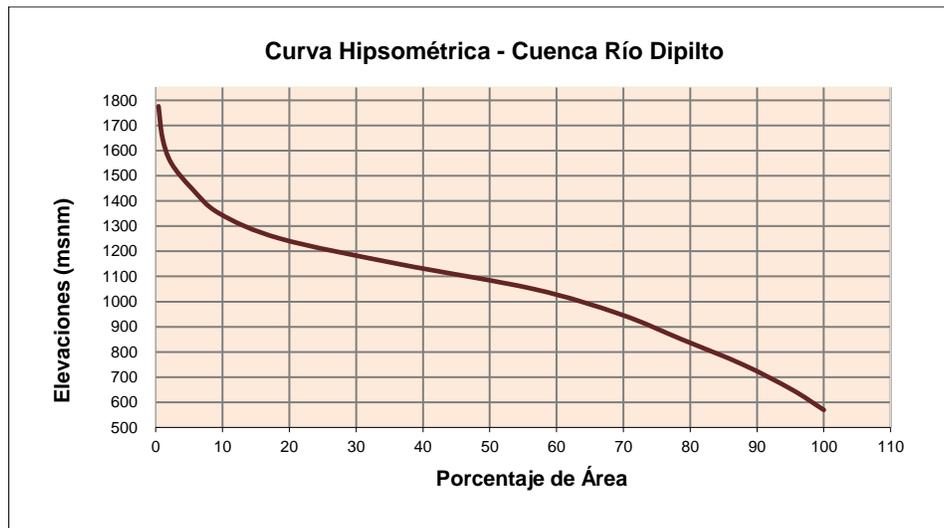
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 14.1. Curva Hipsométrica – Cuenca Río Dipilto.

14.1.3. Pendiente

En el área de estudio predomina un relieve bastante escarpado a muy escarpado, por consiguiente la pendiente media es de 30.2% (HERAS, R.R. 1976)¹⁹, en el cuadro 14.1, se relaciona la pendiente en función del tipo de relieve. Figura 14.1.

Cuadro 14.1. Clasificación del terreno en base a la pendiente

Pendiente %	Tipo de terreno
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
> 50	Muy escarpado

Fuente: Procesos del ciclo hidrológico, Campus Aranda

¹⁹HERAS, R.R. 1976. Hidrología y Recursos Hidráulicos. en Capítulo 1 de Estadística Aplicada en Hidrología.



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

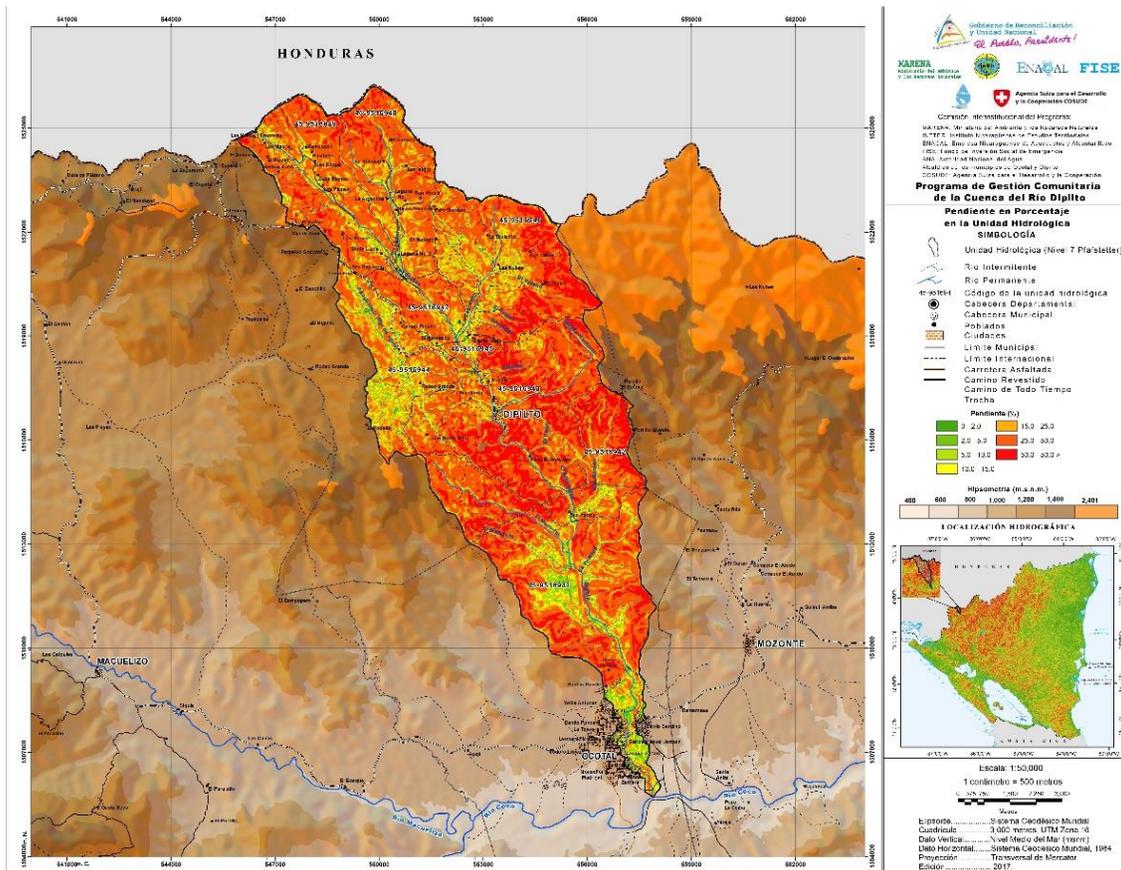


Figura 14.2. Distribución de Pendientes en porcentaje.

Fuente: INETER, realizado a partir del Modelo Digital de Elevación 30m.

14.2. Parámetros de la red hidrográfica

▪ Red de drenaje

El Río Dipilto nace en la parte alta de la unidad hidrológica Las Manos, tiene una longitud de 26.10 km, está conformado por varios afluentes, entre los principales de régimen permanente tenemos: La Laguna, La Cuadrozón, Ojo de Agua.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

▪ **Densidad de drenaje**

Se define como la longitud total de los cauces dentro de una cuenca dividida por el área total de drenaje. Valores altos de drenaje, representan zonas con poca cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionables o impermeables. Por el contrario, valores bajos, indican suelos duros, poco erosionables o muy permeables y coberturas vegetales densas²⁰.

La longitud total de ríos en la cuenca es de 138.80 km, con una densidad de 1.46 km/km², de acuerdo a la clasificación de Strahler (1964), este valor indica que la cuenca se caracteriza por tener un drenaje moderado para evacuar sus aguas al momento de una crecida.

▪ **Perfil del Río Dipilto**

Desde la parte alta hasta la media del Río Dipilto tiene una pendiente de 4.50% donde predominan los procesos erosivos y tiempos de concentración menores a una hora. De la parte media hasta la baja de la cuenca, la pendiente media es de 2.77%, donde procesos erosivos disminuyen; y en la parte baja se depositan los sedimentos.

En la gráfica 14.3, se representa el perfil longitudinal del Río Dipilto desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Río Coco.

²⁰Hidrología, Máximo Villón Bejar, 2002.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

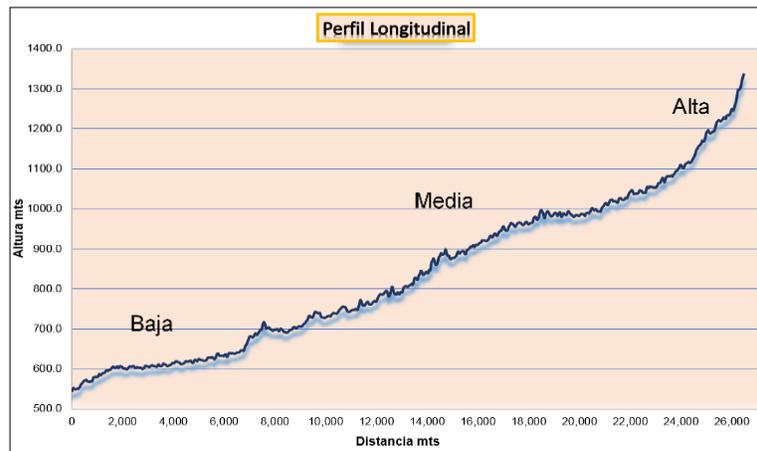
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 14.3. Perfil Longitudinal del Río Dipilto

▪ Tiempo de Concentración (Tc)

Es el tiempo que tarda en llegar una gota de agua del punto más alejado a la salida de la cuenca, esto en dependencia del tipo de drenaje, la pendiente del río, la longitud del río y la intensidad de la lluvia.

Utilizando la fórmula de Basso del PHCA²¹, el tiempo de concentración de la cuenca del Río Dipilto es de 1.77 hrs. (1 h. con 46 min). Este valor nos indica que la cuenca es de respuesta rápida. En el cuadro 14.2, se muestra un resumen de los principales parámetros geomorfológicos calculados para la cuenca del Río Dipilto.

²¹Proyecto Hidrometeorológico Centro Americano



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO			
DOCUMENTO FINAL	FECHA:		
	25	09	2019

Cuadro 14.2. Resumen de los parámetros morfométricos de la cuenca del Río Dipilto.

Parámetros Geomorfológicos		unidad
Área. (km ²)	A	95.21
Perímetro. (km)	P	60.70
Altura Máxima de la cuenca. (msnm)	Hmáx	1,853
Altura Máxima del río. (msnm)	Hmáx	1,200
Altura Mínima. (msnm)	Hmin	539
Longitud del río principal. (km)	L	26.1
Longitud total de ríos. (km)	Li	138.8
Pendiente media. (%)	lc	30.2
Pendiente media del río. (m/m)	lr	0.028
Tiempo de Concentración. (hrs)	Tc	1.77
Densidad de Drenaje. (km/km ²)	Dd	1.46
Factor Forma.	Ff	0.14
Coeficiente de Compacidad.	Kc	1.74
Extensión media del escurrimiento superficial.	Es	0.17

14.3. Características de las Unidades Hidrológicas

a) Delimitación hidrográfica

Para la delimitación de las unidades hidrológicas se aplicó la metodología de Pfafstetter, creada en Brasil por el Dr. Otto Pfafstetter en el año 1989 y difundida por la Dra. Kristine Verdin a partir del año 1997, a través del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

La metodología selecciona al río principal para delimitar, clasificar y codificar una cuenca, intercuenca y cuenca interna. De acuerdo a lo anterior, la cuenca del Río Dipilto clasifica en nivel 6 con código 45-951694, a su vez el nivel 6, se ha subdividido en 9 unidades quedando codificada en nivel 7, las que se indican en el cuadro 14.3 y en la figura 14.3 la distribución de las unidades hidrográficas.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

Cuadro 14.3. Unidades Hidrográficas de la cuenca del Río Dipilto.

Nivel 6	Unidades Hidrográficas Nivel 7	Código Pfafstetter
Dipilto	Ocotal	45 - 9516941
	San Ramón	45 - 9516942
	Dipilto	45 - 9516943
	Ojo de Agua	45 - 9516944
	El Manteado	45 - 9516945
	La Cuadrozón	45 - 9516946
	Las Calabaceras	45 - 9516947
	La Laguna	45 - 9516948
Las Manos	45 - 9516949	

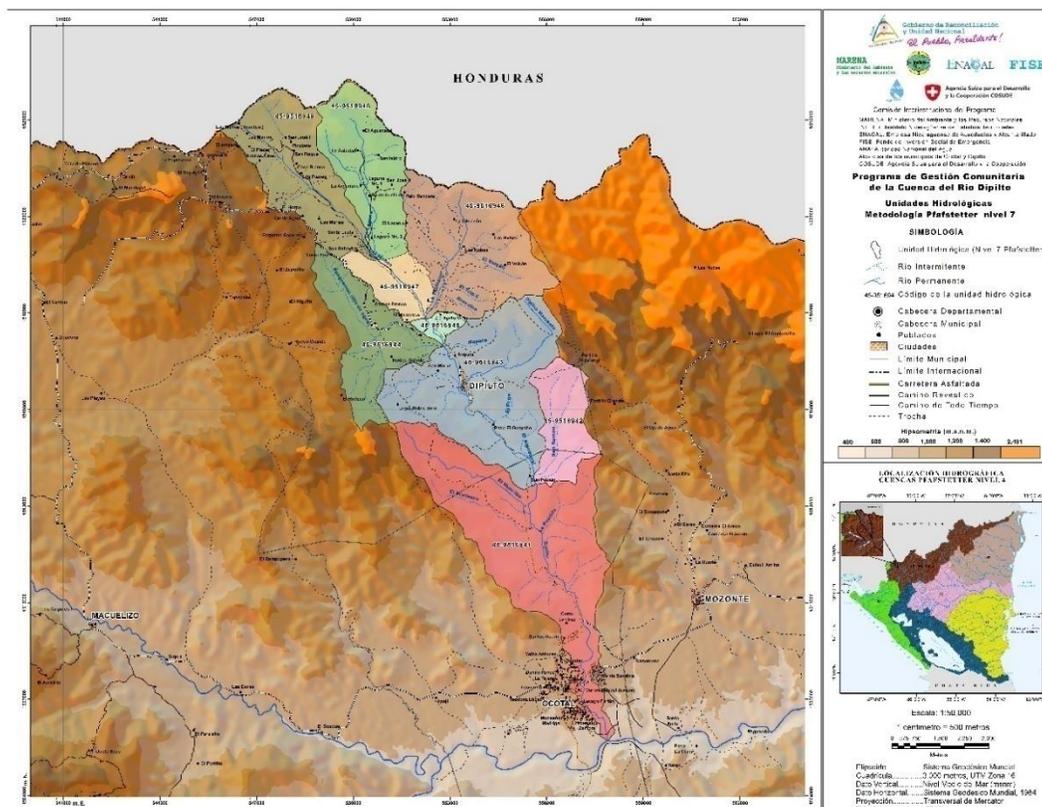


Figura 14.3. Unidades hidrológicas de la cuenca del Río Dipilto



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

La caracterización de las unidades hidrológicas que conforman la cuenca del Río Dipilto, considerando los principales parámetros morfológicos, se describe a continuación

- **Unidad hidrológica Las Manos (45-9516949)**

Esta unidad se encuentra en la parte alta de la cuenca, donde se origina la naciente de del río principal Dipilto. Tiene un área de drenaje de 10.88 km², que corresponde a 11.43% del área total de la cuenca. De acuerdo a su factor de forma de 0.29, la unidad hidrológica tiene forma alargada.

La longitud del río principal es de 6.09 km, el drenaje está compuesta por ríos de régimen intermitentes de cortos recorridos, que solo aportan caudal en el período lluvioso, teniendo una densidad de drenaje es de 1.09 km/km², el tiempo de concentración es de 0.52 hr (31 min), con un índice de Gravelius de 1.43.

- **Unidad hidrológica La Laguna (45-9516948)**

La superficie es de 9.39 km², equivalente al 9.86% del área total de la cuenca; la naciente o cabecera se encuentra en la parte alta de la Reserva Natural de la Cordillera Dipilto, a una elevación de 1,280 msnm. La unidad hidrológica tiene un factor de forma de 0.40, con un índice de Gravelius de 1.33. La longitud del río principal es de 4.85 km, su densidad de drenaje es de 1.10 km/km², y el tiempo de concentración es de 0.35 hr (21 min).



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

- **Unidad hidrológica Las Calabaceras (45-9516947)**

Se caracteriza por ser una intercuenca, debido que transita a través del río principal el drenaje que aporta de las unidades tributarias ubicada aguas arriba Las Manos y La laguna, y a su vez permite el drenaje hacia la unidad hidrológica El Manteado, así mismo aporta su propio caudal. El área de drenaje es de 3.61 km², equivalente el 3.80% del área total de la cuenca.

- **Unidad hidrológica La Cuadrozón (45-9516946)**

Esta unidad hidrológica es muy importante, es una de las que tiene mayor área de drenaje, y por ende la de mayor aportación de caudal hacia el río La Cuadrozón. La superficie es de 14.03 km², equivalente al 14.74% del área de la cuenca.

De acuerdo al índice de Gravelius de 1.30 km/km², la unidad es de forma redonda, con un factor de forma de 0.6. La longitud del río principal es de 4.55 km, con una densidad de drenaje es de 1.48 km/km² y tiempo de concentración de 0.27 h (16 min).

En esta unidad hidrológica predominan las mayores elevaciones de la cuenca, como cordilleras y cerros de gran altura entre los que sobresalen cerros como El Volcán alcanza una elevación de 1,867 msnm y Las Nubes con 1,800 msnm.

- **Unidad hidrológica El Manteado (45-9516945)**

La superficie de drenaje de esta unidad es menor de 0.94 km², representa un porcentaje mínimo de 1% del área total de la cuenca. La longitud del río principal es de 1.14 km,



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

esta unidad es una intercuenca y transitan las aguas provenientes de las unidades hidrológicas Las Calabaceras y La Cuadrozón.

- **Unidad hidrológica Ojo de Agua (45-9516944)**

La superficie de drenaje es de 8.74 km², equivalente al 9.2% del área total de la cuenca, el río principal nace a una elevación de 1,204 msnm, la longitud del río es de 5.88 km.

La red de drenaje está compuesta por tributarios de régimen intermitentes de cortos recorridos, ya que estos tipos de ríos aportan solo durante el período lluvioso, esta unidad tiene una densidad de drenaje de 3.66 km/km², un tiempo de concentración de 0.45 h (27 min), con factor de forma de 0.25 y coeficiente de Gravelius de 1.69.

- **Unidad hidrológica Dipilto (45-9516943)**

Se encuentra localizada en la parte media de la cuenca, con un área de drenaje de 18.81 km², representando el 19.75% del área total, el índice de forma es de 0.44, cuenca de forma oval redonda, una densidad de drenaje de 1.70 km/km², el tiempo de concentración es de 0.54 hr (32 min).

El relieve se caracteriza por tener elevaciones entre los 700 a 1,700 msnm, encontrándose El Cerro Mojón del Matasanito, con una elevación de 1,681 msnm.

- **Unidad de la hidrológica San Ramón (45-9516942)**

Es un afluente del Río Dipilto, con superficie de drenaje es de 5.44 km², equivalente el 5.71% del área total de la cuenca. La longitud del río principal es de 3.66 km, con una



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

densidad de drenaje es de 1.35 km/km^2 , con un tiempo de concentración de 0.21 h (12 min). El factor de forma es de 0.41 y coeficiente de Gravelius de 1.43 km/km^2 .

- **Unidad hidrológica Ocotal (45-9516941)**

Esta unidad drena todas sus aguas provenientes de la parte alta y media de la cuenca a través del Río Dipilto hacia el Río Coco, ubicada en la parte baja de la cuenca y tiene una superficie de drenaje es de 23.36 km^2 , equivalente al 24.5% del área total, tiene un factor de forma de 0.24, indicando que su forma es alargada, su densidad de drenaje es moderado, con un coeficiente de 1.50 km/km^2 .

Tiene un relieve montañoso caracterizándose por tener cerros con elevaciones mayores de los 1,000 msnm, entre los que sobresalen La Coquimba con 1,458 msnm, Cuchilla La Cuadra 1,304 msnm y Cuchilla Las Mercedes con 1,385 msnm, Cerro Guansapo con 1,051 msnm.

En el cuadro 7.8, se detalla un resumen de los principales parámetros morfológicos de las unidades hidrológicas tributarias de la cuenca del Río Dipilto.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

Cuadro 14.3. Unidades hidrológicas que conforman la cuenca del Río Dipilto.

Nombre de las Unidades Hidrológicas	Código PHCA	Código PFASFETTER	A Km ²	P Km	L Km	Li Km	Hmax m	Hmin m	Dd Km/Km ²	Kc	Ff	Smedia m/m	Tc Hrs	Coefficiente de Gravelius (Km/Km ²)
Ocotal	45	9516941	23.36	32.60	9.82	35.15	720	539	1.50	237248	0.24	0.018	0.94	1.89
San Ramón	45	9516942	5.44	11.90	3.66	7.33	1200	720	1.35	33149	0.41	0.131	0.21	1.43
Dipilto	45	9516943	18.81	21.01	6.51	32.03	940	720	1.70	116154	0.44	0.034	0.54	1.36
Apagumuz	45	9516944	8.74	17.82	5.88	32.03	1204	940	3.66	91020	0.25	0.045	0.45	1.69
El Manteado	45	9516945	0.94	4.43	1.14	1.14	960	940	1.21	28230	0.72	0.018	0.18	1.28
La Tablazón	45	9516946	14.03	17.44	4.55	20.8	1400	960	1.48	47992	0.68	0.097	0.27	1.30
Las Calabaceras	45	9516947	3.61	8.78	2.54	2.54	1000	960	0.70	66389	0.56	0.016	0.35	1.29
La Laguna	45	9516948	9.39	14.53	4.85	10.36	1280	1000	1.10	66208	0.40	0.058	0.35	1.33
Las Manos	45	9516949	10.88	16.90	6.09	11.89	1200	1000	1.09	110226	0.29	0.033	0.52	1.43

A = Área de la cuenca Li = Long. Total de ríos Tc = Tiempo de concentración (PHCA) Ff = Factor forma
P = Perímetro de la cuenca Hmax = Altura máxima Dd = Densidad de drenaje Smedia = Pendiente media del cauce
L = Longitud del río principal Hmin = Altura mínima Kc = Coeficiente de compacidad

XV. MEDIO HIDROGEOLÓGICO

15.1. Características hidrodinámicas

a) Profundidad del agua

En la cuenca del Río Dipilto, los pozos son escasos debido a la presencia de las formaciones intrusivas, que se caracterizan por tener porosidad de nula a baja, limitando el almacenamiento de agua subterránea. El agua infiltrada se mueve por permeabilidad secundaria a través de fracturas, permitiendo que las fluctuaciones de los niveles de agua en los pozos existente estén bajo la dinámica del medio geológico.

La hidrodinámica de las aguas subterráneas, se obtuvo con las mediciones realizadas desde el año 2016 a 2019. En el cuadro 15.1, se muestran los niveles estáticos del agua (NEA) por año en la figura 15.1 ubicación de estos.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Cuadro 15.1 Niveles estáticos del agua (NEA) en m

Variación (m)	Años			
	2016	2017	2018	2019
Mínimos	0.65	0.28	0.21	1.53
Promedios	2.84	3.19	1.87	4.92
Máximos	5.03	10.08	5.34	8.66

Se encontraron 7 pozos excavados ubicados en el Municipio de Dipilto, las profundidades de agua subterránea varían dependiendo de las precipitaciones presentes por año. Se observa que en el año 2018 la menor profundidad con 0.21 m y la mayor en el 2017 con 10.08 m.

b) Dirección de flujo

De acuerdo a las unidades hidrológicas en la cuenca se determinaron los manantiales que descargan flujo subterráneo a cada una de estas, figura 15.2.

- 18 manantiales descargan al Río Las Manos con dirección de flujo Noreste, Noroeste y Oeste hacia al río.
- 14 manantiales descargan al Río La Laguna con dirección de flujo Norte, Noreste, Este, Noroeste y Oeste hacia el río.
- 22 manantiales descargan al Río La Cuadrozón con dirección de flujo Norte, Noreste, Este y Sureste.
- 2 manantiales descargan al Río Apaguamuz (Ojo de Agua) con dirección de flujo Noreste y Este hacia el río.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

- Ciudad Dipilto descargan 2 manantiales.
- Embalse Ojo de Agua se encuentra fuera de la cuenca, pero abastece 4 comunidades dentro de la cuenca: Ojo de Agua, Buenos Aires, Loma Fría y El Horno.

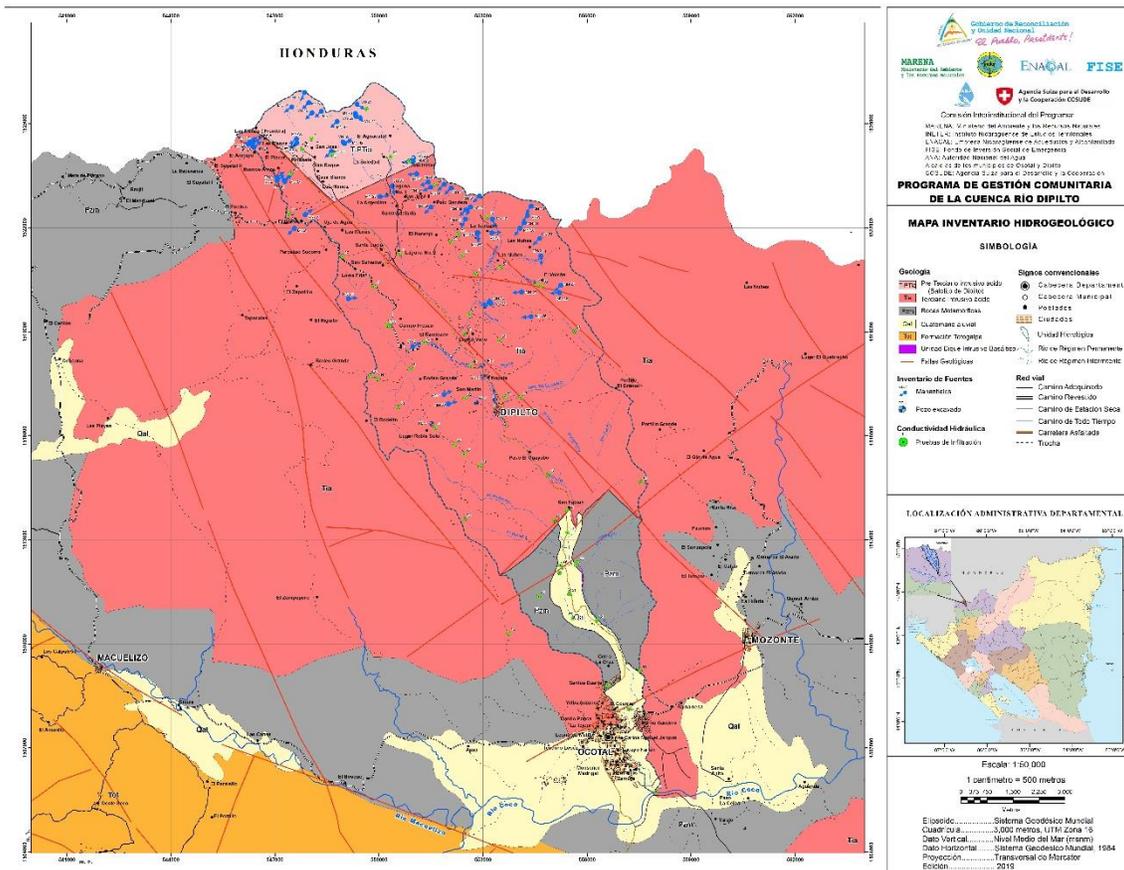


Figura 15.2. Inventario hidrogeológico en la cuenca Dipilto



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

c) Parámetros Hidráulicos

▪ Conductividad

La caracterización hidráulica se realizó a partir de las pruebas de infiltración realizadas en los diferentes tipos de suelos y en la determinación de las características geológicas del área de estudio. Con las pruebas de infiltración realizadas en los diferentes tipos de suelos se obtuvieron valores de conductividad entre los rangos de 0.0014 a 2.58 m/d²², con un promedio de 0.40 m/d para la cuenca Dipilto, Figura 14.3.

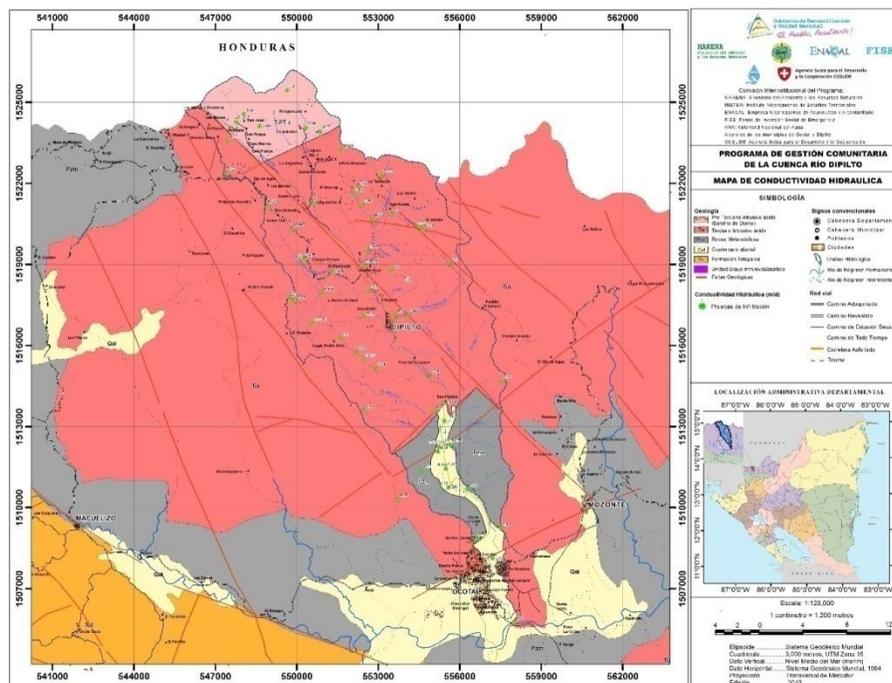


Figura 15.3. Valores de conductividad Hidráulica de la cuenca Dipilto

²² metros/día



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

▪ Transmisividad

De acuerdo a las características de las formaciones geológicas, se determinaron para la Unidad del Batolito transmisividades de 3 a 5 m²/d, en la unidad del terciario intrusivo ácido y paleozoico metamórficos valores desde 0 a 3 m²/d. En los coluviales y terrazas del cuaternario se determinaron transmisividades desde los 3 a 5 m²/d.

▪ Caudales

Se obtuvo caudales de manantiales desde los años 2016 a 2019 en m³/d, en el cuadro 15.10, se observan las variaciones en los flujos mínimos entre los años 2016 y 2017 con 2.40 m³/d y máximo en 2018 con 1,635.12 m³/d.

Cuadro 15.2. Caudales medidos en Manantiales

Caudales de manantiales en m³/d				
Variación	2016	2017	2018	2019
Mínimos	2.40	2.40	8.18	5.79
Promedios	22.17	48.22	177.79	98.40
Máximos	68.13	129.60	1635.12	553.34

15.2. Zonas de Recarga

Con la información de los órdenes de suelos, formaciones geológicas y aplicación del método de Gunter Schosinsky, se determinaron 8 zonas de recarga en donde se ejecutaron 39 pruebas de infiltración de acuerdo a la agrupación de suelos, según texturas similares y características específicas como pendiente, orden de suelo, uso y cobertura vegetal etc., figura 15.4.



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

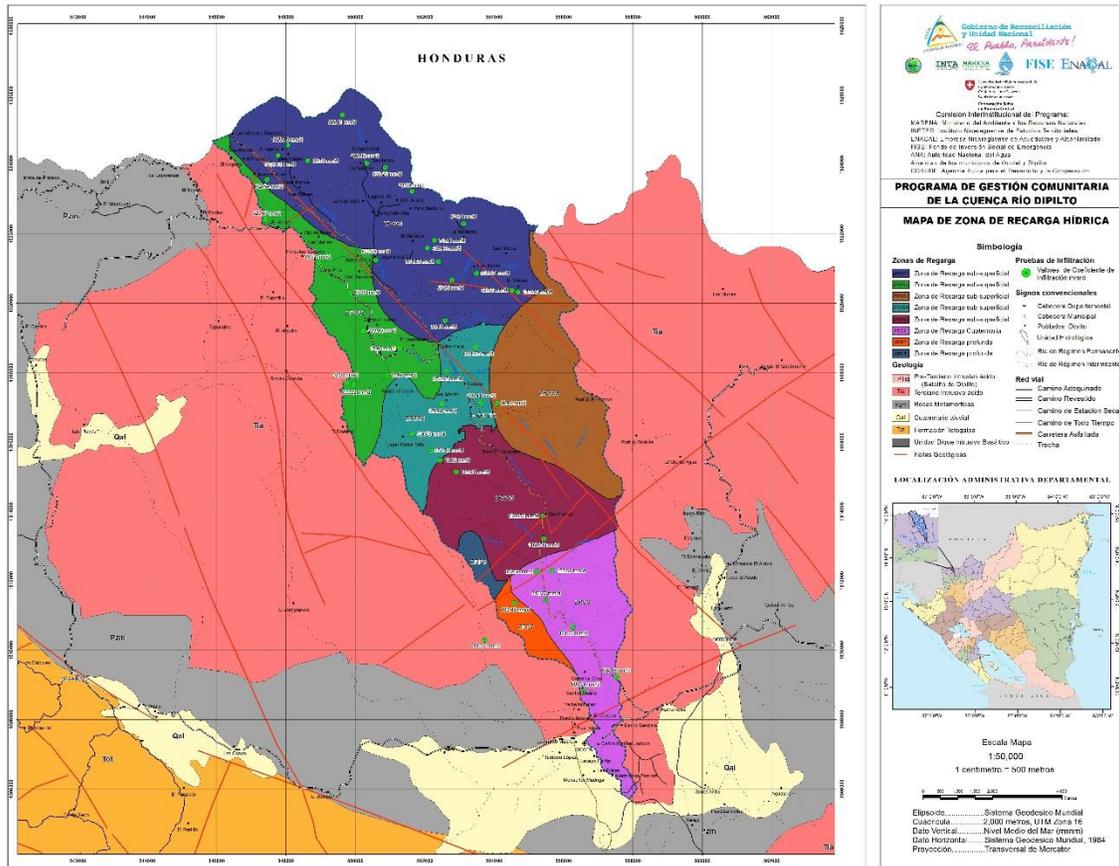


Figura 15.4. Mapa de recarga hídrica en la cuenca del Río Dipilto.

Con el método del balance hídrico de suelos se cuantificó la infiltración por zonas de recarga que generaría la precipitación. La infiltración estimada y textura tipo del suelo para cada zona, se muestra a continuación:



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Cuadro 15.3. Infiltraciones por zonas de recarga en la cuenca del Río Dipilto

ZDR	A(km ²)	Mínimo (mm/d)	Medio (mm/d)	Máximo (mm/d)	Textura tipo	MMCA
1	31.01	1.40	629.08	1256.75	Arenoso	1.522
2	12.59	1.40	260.74	520.07	Franco arenoso	0.566
3	13.57	36.44	572.20	1107.96	Franco arenoso	0.379
4	9.22	104.73	652.99	1201.25	Arenoso – Franco arenoso	0.629
5	14.27	13.62	591.19	1168.75	Franco arcilloso	0.213
6	11.56	64.94	1323.65	2582.35	Arenoso – Franco arenoso	0.203
7	1.93	281.02	472.44	663.85	Franco arenoso	0.220
8	1.06	20.00	35.96	51.92	Arenoso	0.040

El volumen promedio que infiltra en la zona de recarga uno (ZDR1) es de 1.522 MMCA, cuadro 15.3. Esta zona es la de mayor precipitación media, oscilando desde los 1,400 a 1,800 mm. Las zonas de recarga 1, 2 y 4 captan el 61% del volumen en el medio fracturado y se estima que permanece circulación de 1 a 4 MMCA.

La Zona de Recarga ocho (ZDR8) fue calculada mediante Geología, debido a que en dicha zona no se realizaron pruebas de infiltración por lo accidentado e inaccesible del terreno por lo cual se asignó un valor del 5% de infiltración para el tipo de formación geológica presente: Tia: Terciario Intrusivo, Ptm: Metamórfico. Este porcentaje fue obtenido del proyecto de Aprovechamiento de agua Subterránea del Acuífero de Managua (JICA, 1998), lo que genera un valor de recarga de 0.040 MMCA.

La componente flujo subsuperficial, el cual drena al cauce principal de forma de recarga lateral, según los resultados en la determinación de la textura tipo donde se realizaron las pruebas de infiltración, es una característica en estos medios hidrogeológicos por encontrarse el basamento a pocos centímetros del perfil del suelo.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

XVI. USO Y DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO

La preservación de las fuentes de agua es vital para mantener y garantizar la estabilidad del ecosistema en una cuenca, más aún cuando estas fuentes se utilizan para los distintos usos, siendo el de mayor importancia el abastecimiento para consumo humano.

Para conocer los diferentes usos y consumo del recurso hídrico en la cuenca del Río Dipilto se inventariaron las fuentes hídricas a fin de determinar los volúmenes demandados y su distribución espacial, igualmente se utilizó la información de la base de datos de los censos agropecuario y poblacional del Instituto Nacional de Infraestructura y Desarrollo (INIDE).

16.1 Demanda actual del recurso

Del inventario realizado en el área de estudio, se contabilizaron 69 fuentes hidrogeológicas, clasificándose en 62 Manantiales (MN) y 7 Pozos excavados (PE). Información detalla de inventarios se adjunta en el inciso de Anexos.

Los principales usos y demanda del recurso hídrico en la cuenca, son los siguientes:

a) Uso doméstico

La población de la cuenca del Río Dipilto, se caracteriza por estar dividida en dos grupos poblacionales: **Rural** que se encuentra en la parte alta y media de la cuenca, perteneciente al municipio de Dipilto y **Urbano** ubicado en la parte baja, el cual pertenece al municipio de Ocotal.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Las principales fuentes de abastecimiento en el poblado rural de la cuenca son manantiales y quebradas, compuesta por 23 sitios de extracción organizados cada uno por un Comité de Agua potable y Saneamiento (CAPS), y para el poblado urbano la principal fuente abastecedora es el Río Dipilto.

Debido que no se tiene información de los consumos de agua de la población, ésta se estimó utilizando una dotación de acuerdo al rango de población descrita en las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua, del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA), (NTON 09 003-99) del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA).

- **Sector Rural**

El sector rural de la Cuenca del Río Dipilto tiene un promedio de 6,663 habitantes, el agua proveniente de manantiales para abastecer a esta población es transportada por gravedad con mangueras o tuberías (PVC) hacia las pilas de captación. Para determinar la cantidad de agua que demanda la población, se utilizó una dotación de agua de 95 lt/hab/día, resultando una demanda a nivel mensual de **18,989.55 m³** equivalente a **0.23 MMCA**.

- **Sector Urbano**

Para el poblado urbano Ocotal, existe un sistema de abastecimiento de agua potable, que abastece a un tercio de la población que corresponde a 15,021 de 45,064 habitantes, debido a esto la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), utiliza mecanismos y estrategias para abastecer a 43 barrios de la zona urbana de la Ciudad de Ocotal.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

ENACAL actualmente extrae un caudal de **73 l/s** del Río Dipilto, que corresponde a un volumen de **6,307.2 m³/día**, debido que la capacidad de la planta de abastecimiento es limitada, además que esta tiene 22 años de funcionamiento, sobrepasando su período de diseño, de manera que la demanda ha sobrepasado la capacidad de esta con el crecimiento de la población y expansión de la Ciudad de Ocotal. Para poder satisfacer las necesidades de la población actual, considerando una dotación de 170 lt/hab/día, se requiere un volumen de **233,018 m³/mes**, equivalente a **2.80 MMCA**.

b) Uso público

De acuerdo a las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), se consideran las demandas de uso público como el 7% de la demanda doméstica diaria. La demanda para consumo público considerando el 7% del consumo diario, se determinó de **17,460.53 m³/mes**, equivalente a **0.21 MMCA**.

c) Uso Pecuario

De acuerdo al censo de CENAGRO²³ 2013, para los municipios de Dipilto y Ocotal existen 5 tipos de actividad pecuaria relevante, clasificándose como: Ganado Bovino, Porcino, Aves de Corral, Apicultura y otros tipos. En el cuadro 16,1, se muestran la cantidad y los tipos de actividades pecuarias que existen en estos municipios.

²³ IV Censo Nacional Agropecuario CENAGRO, Departamento de nueva Segovia y sus municipios, mayo 2013.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Cuadro 16.1. Tipos de actividad pecuaria por municipios

Actividad pecuaria en los Municipios	Clase de Actividad Pecuaria				
	Ganado Bovino	Ganado Porcino	Aves (Corral)	Apícola	Otros Tipos
Dipilto	1,311	83	10,180	19	408
Ocotal	2,692	28	1,830	4	----

Para la cuenca del Río Dipilto se estimó la población pecuaria, según el área de cada municipio que integra a la unidad en estudio, los cuales se muestran los resultados en el cuadro 16.2.

Cuadro 16.2. Población Pecuaria en la cuenca del Río Dipilto.

Actividad pecuaria en la cuenca	Población Pecuaria				
	Ganado Bovino	Ganado Porcino	Aves (Corral)	Apícola	Otros Tipos
Dipilto	928	59	7,208	13	289
Ocotal	654	7	445	---	---
Total	1,582	66	7,653	13	289

La demanda pecuaria en la cuenca, se estimó en **4,432 m³/mes**, correspondiendo a una demanda anual de **53,187 m³**. En el cuadro 16.3, se muestra las demandas por sectores.

Cuadro 16.3. Demanda de uso Pecuario en la cuenca del Río Dipilto.

Tipo	Población	Demanda m ³ /mes	Demanda m ³ /año
Bovino	1,582	4,331	51,969
Porcino	66	30	361
Aves	7,653	58	698
Otros Tipos	289	13	158
Total		4,432	53,187



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

d) Uso riego

Debido a que, en la cuenca las actividades agrícolas predominantes son el café, musáceas y cítricos, estos se ubican en la parte alta de la cuenca, donde las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de estos cultivos, es por esto que los agricultores aprovechan estas condiciones para satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo. Por lo antes mencionado, el uso del riego en la cuenca es mínimo.

e) Uso Industrial

Para este tipo de uso, el recurso agua se ocupa para lavado del café, esta actividad se realiza cada 3 meses en el año. La demanda en 186.3 m³/mes en 3 meses con 558.9 m³, equivalente a **0.0067 MMCA**.

16.1.1 Extracciones de agua subterránea

Durante el inventario de las fuentes de agua subterránea se recopiló las extracciones en manantiales y pozos, se calculó en base a una tasa de 95 lt/día/hab. Donde en el sector rural de la cuenca se tiene un promedio de 6,663 habitantes. Las extracciones se calcularon para manantiales y pozos.

Donde en los manantiales las extracciones mínimas son de 0.48 m³/d para 5 habitantes y máximas de 508.80 m³/d para 1,415 habitantes. En los pozos las extracciones mínimas son 0.38 m³/d y máximas 18.53 m³/d, para un total de extracciones en manantiales y pozos de **1,235.44 m³/d** equivalente a **0.45 MMCA**.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

16.2 Proyección de la demanda de agua para consumo

A fin de determinar la proyección de la demanda del recurso hídrico para los sectores urbano y rural, se estimó la población futura para los años 2020, 2040 y 2060, utilizando una tasa de crecimiento²⁴ de 1.4% para el sector rural y 1.6% para el urbano. En el cuadro 16.4 se muestra la cantidad agua requerida para satisfacer las necesidades de la población futura.

Cuadro 16.4. Demanda de agua para satisfacer a la población futura

DEMANDA DE AGUA - CONSUMO HUMANO				
Año	Municipio	Población Futura	Demanda m ³ /mes	Demanda MMCA
2020	Dipilto Rural	5,242	15,147.20	0.18
	Ocotal Urbano	47,262	244,383.93	2.93
2040	Dipilto Rural	6,922	20,001.70	0.24
	Ocotal Urbano	64,921	373,214.60	4.48
2060	Dipilto Rural	9,141	26,413.68	0.32
	Ocotal Urbano	89,178	512,662.03	6.15

XVII. CALIDAD DEL AGUA

Para conocer la calidad química y el tipo hidroquímico de las aguas superficiales y subterráneas en la cuenca Río Dipilto, se realizó una campaña de 30 muestras de agua en Manatales, afluentes y corriente principal del Río Dipilto. Los datos para el análisis de la calidad del agua, fueron obtenidos a través de dos campañas:

²⁴ Tasa de crecimiento obtenida del INIDE, 2005



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

- a) Campaña realizada por el CIRA/UNAN-Managua: ejecutada entre el 01/12/2017 y 06/12/2017. Esta fue ejecutada por el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (CIRA/UNAN-MANAGUA)

- b) Campaña realizada por el INETER: Giras de muestreo en la red establecida para el control y seguimiento de la calidad del agua. Ejecutadas en los meses: noviembre/2017, agosto/2018, septiembre/2018, octubre/2018 y abril/2019. Dichas campañas son parte del monitoreo de la red establecida en la cuenca Río Dipilto.

De las campañas anteriores, se extrajo el dato de Oxígeno Disuelto para conocer el grado de contenido de oxígeno en las muestras de aguas. Dicho parámetro fue medido a través de sonda multiparamétricas marca Hanna Instruments. Entre las fuentes de aguas visitadas están: 8 Pilas , 6 Pozos excavados y 37 Manantiales.

17.1 Sitios de muestreos

Los sitios de muestreo fueron definidos previamente por personal técnico del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) vinculados con el proyecto, quienes dieron acompañamiento a docentes y especialistas del CIRA/UNAN-Managua para la toma de muestras. El cuadro 16.1 muestra los sitios muestreados y la figura 16.1 muestra la distribución de los sitios.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Cuadro 17.1. Sitos de muestreo para Calidad de Agua.

Sample ID	Puntos de muestreo	X	Y
1	Río La Laguna	1520688	550740
2	Finca La Argentina	1522953	550227
3	Río La Cuadrozón	1518785	552199
4	La Laguna N° 1	1523560	550994
5	Río Dipilto en Nopata	1518255	552650
6	Afluente Ojo de Agua	1517998	552689
7	Río Dipilto en La Cabaña	1512247	555700
8	Finca San Isidro	1523980	550915
9	Río Mozonte en puente	1508426	558847
10	Fuente de Agua Viva Las Manos N° 2	1525820	547802
11	Teodora García	1525556	547917
12	Bella Aurora	1525254	548008
13	Finca La Fuente	1525544	549440
14	Finca Casa Blanca	1524071	548671
15	San Agustín	1516805	551351
16	La Cuadrozón	1522558	552578
17	El Esfuerzo	1518597	551043
18	Las Nubes	1522864	552827
19	Los Planes	1522405	547952
20	Fuente de Agua Viva Sector N° 1	1525436	547392
21	Alto Pino	1521931	547493
22	Regalo de Dios N° 2	1521671	547786
23	Las Nubes 2	1522578	554323
24	El Cimarrón	1519447	554302
25	Dipilto Nuevo (Finca Esperanza)	1522174	553294
26	Finca Los Cipreses	1519957	549206
27	El Volcán Finca San Ramón	1521642	554561
28	El Volcán	1521076	554853



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

17.2 Tipos de análisis de muestras de agua

17.2.1 Parámetros físicos-químicos

▪ Potencial de Hidrógeno (pH)

Conocer el potencial de Hidrógeno del agua es importante para determinar su uso. El pH en las aguas puras es neutral, al mezclarse con sustancias atmosféricas, del suelo, plantas y rocas puede pasar a alcalina o pasar a ácida. El pH en aguas naturales oscila entre 6.5 y 8.7. La norma regional CAPRE recomienda un rango entre 6.5 y 8.5 unidades de pH.

El valor de pH en las muestras de agua de la cuenca del Río Dipilto varió entre 8.24 y 6.30 unidades, con promedio de 7.61; lo que la define como aguas desde alcalinas hasta ligeramente ácidas, en su generalidad son valores que se consideran normales para aguas naturales, lo que las hace aptas para consumo humano. Cabe mencionar que únicamente La Nube 2-Finca Linda Vista se determinó un valor de pH un poco por debajo del límite inferior del rango referido por la norma CAPRE (Figura 17.2).

Es importante mencionar que durante la medición de campo, los rangos de pH resultaron entre 8.18 y 5.97, un promedio de 7.39 unidades. El valor mínimo que se midió en campo, resultó ser el más bajo en la medición, según resultados de laboratorio fue en La Nube 2 - Finca Linda Vista.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

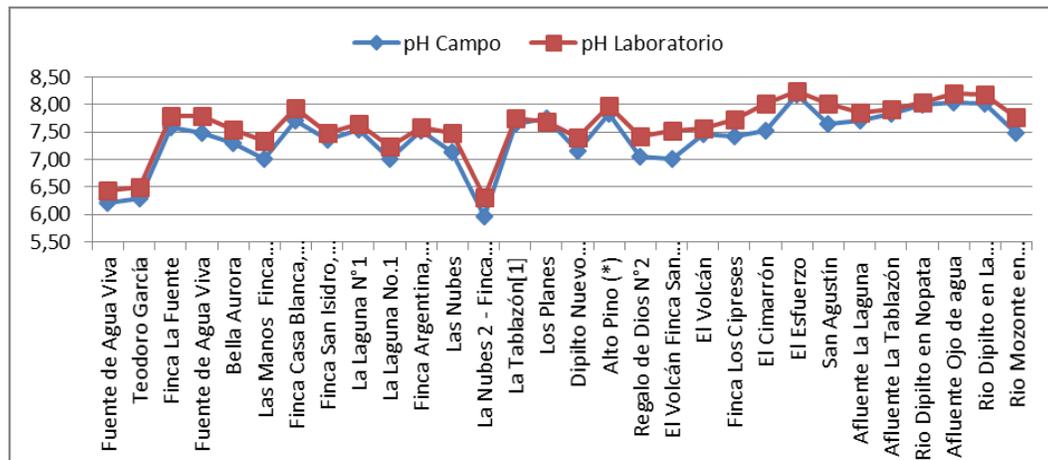


Figura 17.2: pH de campo y de laboratorio

• Conductividad Eléctrica (CE)

La Conductividad Eléctrica depende de las sustancias disueltas en el agua. La norma CAPRE recomienda una conductividad máxima de $400 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Según se aprecia en el figura 17.3, todos los valores son menores al recomendado.

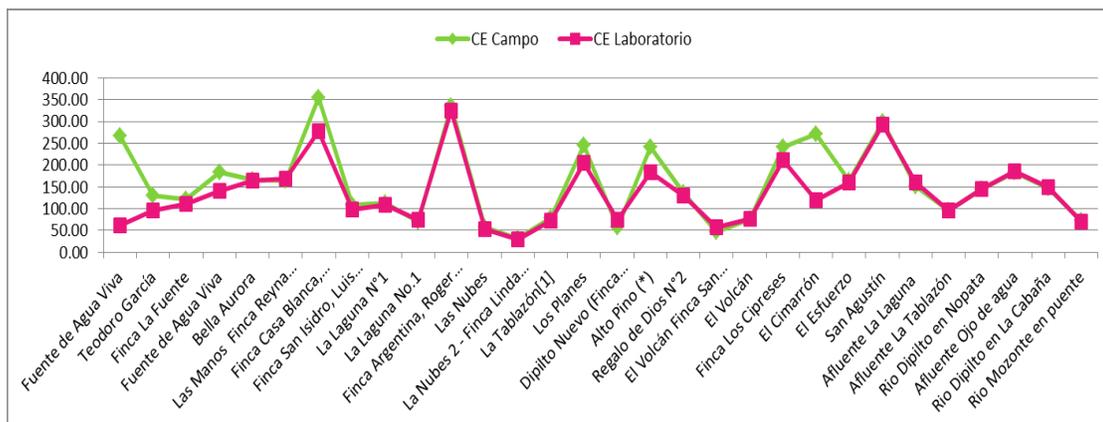


Figura 17.1. Conductividad Eléctrica de campo y laboratorio



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

▪ Temperatura del agua (°C)

Las aguas subterráneas en la cuenca del Río Dipilto tienen temperatura poco variable. Al agrupar los valores temperatura de las muestras de agua según el dato de elevación, se observa que existe una relación inversamente proporcional de temperatura/elevación.

En las zonas de mayor elevación, la temperatura varía entre 18°C y 19°C y a medida que se desciende (menos elevación), la temperatura aumenta hasta casi los 23°C. Con lo anterior se observa que no existe presencia de aguas termales producto de actividad de geotérmica en la zona de estudio. Figura 17.4

Adicional, estas aguas están dentro del rango de temperatura de 18°C y 30°C, según lo establecido por las Normas CAPRE; lo que sugiere ser aguas para consumo humano respecto a la temperatura.

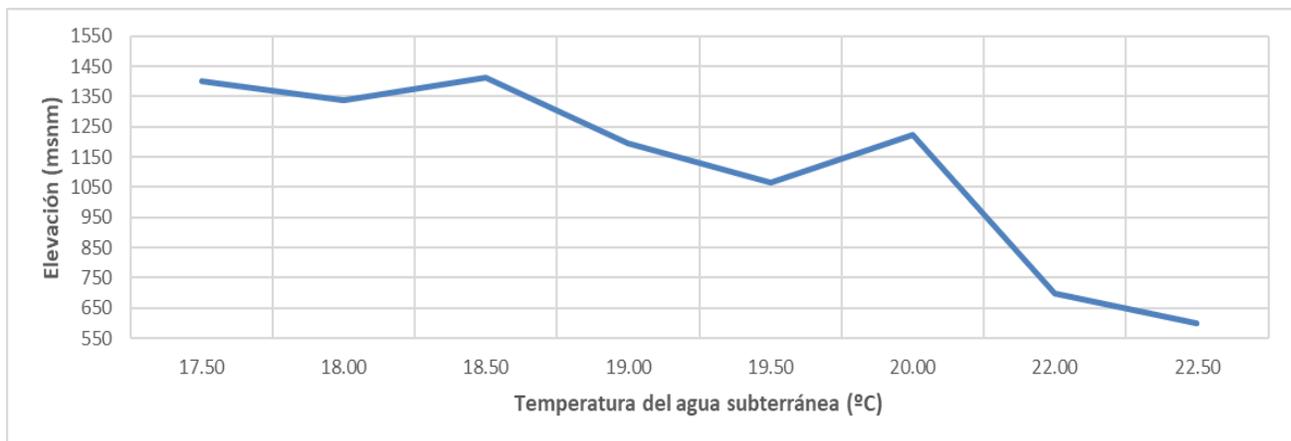


Figura 17.1. Relación temperatura/elevación



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

▪ Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Los sólidos disueltos totales, SDT, son compuestos inorgánicos que se encuentran en el agua, como sales, metales pesados y algunos rastros de compuestos orgánicos que se disuelven en el agua.

Los sólidos disueltos pueden producir agua dura, que deja depósitos y películas en los accesorios e interior de tuberías y calderas de agua caliente. Los jabones y detergentes no producen tanta espuma con agua dura como con agua blanda. Además, altas cantidades de SDT pueden manchar los accesorios del hogar, corroer las tuberías y dar un sabor metálico al agua o a los alimentos. El agua dura hace que los filtros de agua se desgasten antes, debido a la cantidad de minerales en el agua.

Agrupando las muestras según el valor de SDT, se observó que las aguas subterráneas son aguas que presentan grado de dureza de blanda a duras. Por otro lado, las muestras tomadas en ríos son aguas en su mayoría duras. Cuadro 17.2. Basado en la Norma CAPRE, los sitios con SDT más elevados se ubican por debajo del valor máximo admisible (1,000 mg/l). Los resultados son 896.02 mg/l y 451.29 mg/l muestreados en el Río Dipilto (La Cabaña) y en el Río Mozonte respectivamente.

Cuadro 17.2: Grado de dureza

mg/l	Grado de dureza *	Manantial	Río
0-50	Blanda	4	
50-100	Algo dura	10	3
100-200	Dura	10	1
+120	Muy dura	-	2

*Custodio y Llamas, 1996



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

▪ Oxígeno Disuelto (OD)

El análisis de Oxígeno Disuelto (OD) consiste en medir la cantidad de oxígeno que está disuelto en un líquido. Sirve para indicar el grado de contaminación en el agua o bien que pueda albergar vida vegetal o animal. Por lo general, niveles altos de oxígeno disuelto indican una mejor calidad. En cambio, si los niveles son muy bajos, la supervivencia de cualquier organismo se encuentra en riesgo. Los niveles de oxígeno disuelto pueden variar de 7 y 12 partes por millón.

Este parámetro se obtuvo de las campañas realizadas por el INETER. En la figura 17.5, se observa que el valor máximo de 9.07 ppm, fue muestreado en el manantial ubicado en el Cambalache-Las manos, Finca Bella Aurora. Por otro lado, los manantiales que presentaron valores de 0.17 ppm están ubicados en los sitios Loma Fría-Finca Los Cipreses, El triángulo, Las Manos y Laguna # 1.

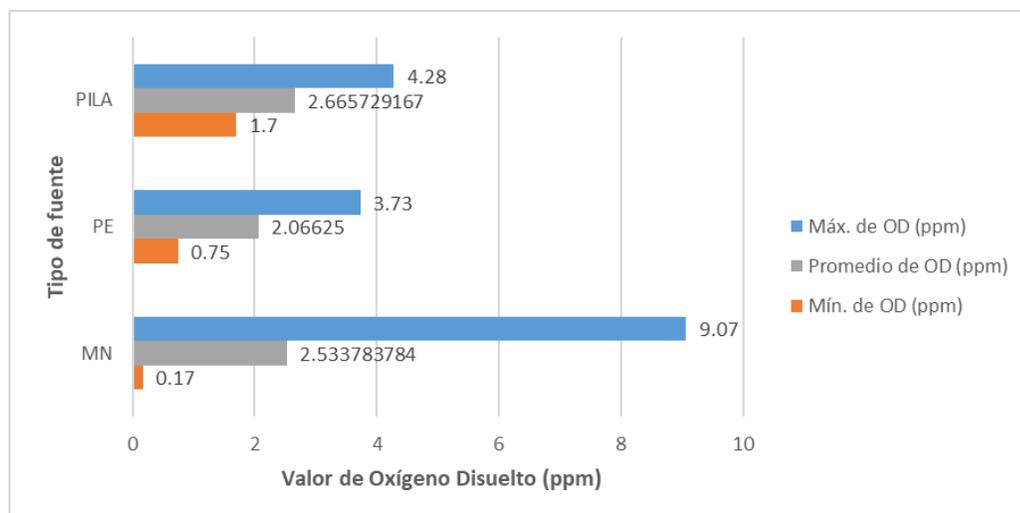


Figura 17.1 Valores máximos y mínimos del Oxígeno Disuelto.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

▪ Cationes

Las normas CAPRE, establecen valores recomendados y máximos admisibles para los iones desglosados en el cuadro 17.3.

Cuadro 17.1. Parámetros físico-químicos

Ion	Valor Recomendado (mg/L)	Valor máximo admisible
Sulfatos (SO ₄)	25	250
Calcio (Ca)	-	100
Magnesio (Mg)	30	50
Sodio (Na)	25	200
Potasio (K)	-	10

La concentración de sulfatos es baja, en rango entre 6.49 – 3.17 mg/L y promedio de 4.68 mg/L, lo cual las hace aguas aptas para consumo humano.

El contenido de calcio en las muestras varió entre 30.95 -1.20 mg/L, con un promedio de 11.99 mg/L, mucho menor que el valor máximo admisible por las normas.

Los valores de Magnesio oscilaron entre 9.87-1.20 mg/L, resultando un promedio de 3.79 mg/L. Como se observa estos no superan el valor recomendado por la norma. La concentración de Sodio en las muestras de agua variaron entre 18.30 y 2.78 mg/L. El promedio obtenido fue de 9.63 mg/L. El rango no supera lo recomendado por las normas.

El ion Potasio se encontró en rango entre 3.73-0.56 mg/L. El promedio fue de 1.85 mg/L. Esta concentración cumple con la norma CAPRE.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

▪ Sustancias no deseadas

Los iones se indican en el cuadro 17.3, se clasifican como sustancias no deseadas por las Normas CAPRE, 1994.

Cuadro 17.3: Parámetros de sustancias no deseadas

Ion	Valor Recomendado (mg/L)	Valor máximo admisible (mg/L)
Nitratos (NO ₃)	25	50
Nitritos (NO ₂)		Valor máximo admisible 0,1 ó 3,0
Amonio (NH ₄)	0,05	0,5
Hierro (Fe)		0,3
Manganeso (Mn)	0,1	0,5
Fluoruro (F)	0,7	1,5 (2)

El rango de Nitratos osciló entre 44.30 y 0.25 mg/L, con un promedio de 6.99 mg/L. La mayor concentración se encontró en el manantial Finca Argentina de Roger Peralta Mantilla. Este valor sobrepasa el valor recomendado por las normas CAPRE, pero es un poco menor que el valor máximo admisible, sin embargo es importante tomarlo en consideración debido a que en concentraciones de 50 mg/L puede tener efectos adversos en la salud de los lactantes, ya que provoca hemoglobinemia, enfermedad conocida también como *síndrome del niño azul*. Esta concentración de nitratos puede estar asociada con la presencia de materia orgánica vegetal y/o animal, dado que es una fuente de acceso libre.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Figura 17.6.: Sitio- Finca la Argentina. Río Abierto

Las concentraciones de Nitritos están muy por debajo del valor recomendado por las Normas CAPRE. El rango varía entre 0.043–0.003 mg/L, con promedio de 0.014 mg/L.

El Amonio se encontró entre 0,09 y <0,0003 (límite de detección del método), con promedio de 0.03 g/L. El valor alto de 0.09 mg/l, se encuentra por encima de la norma recomendada para agua de consumo humano. Esta concentración se determinó en el sitio Regalo de Dios N°2, comunidad Ojo de Agua.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Figura 17.7: Sitio – Captación en Regalo de Dios N° 2 Nótese la materia orgánica.

En cuanto al Hierro total, de manera casi generalizada presentó un contenido alto en las muestras de agua, ya que de 30 sitios solamente cinco (5) cumplen con el valor recomendado por las normas CAPRE: Fuente de Agua Viva- Las Manos Sector No. 2, Teodoro García-El Cambalache, Las Nubes 2-Finca Linda Vista, Alto Pino- Buenos Aires y El Cimarrón- Dipilto Viejo.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Figura 17.1. Fuente de Agua Viva



Figura 17.2. Fuente Alto Pino



Figura 17.3 Fuente El Cimarrón. No hay aporte de sedimentos



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Los sitios con concentraciones altas de hierro (mayores que la norma) se debe a dos factores importantes: el primero es que en general son fuentes desprotegidas y ocurre mucho transporte de sedimentos hacia ellas y con ello, Hierro asociado y el segundo, es que se desarrollan sobre suelos derivados de rocas (Figura 17.11).



Figura 17.4. Regalo de Dios N° 2, aporte de hierro de las rocas.

Cabe mencionar que las concentraciones altas de Hierro no causan problemas a la salud, pero confieren mal sabor y color desagradable a la vista, el cual puede removerse por filtración.



Figura 17.1: El Volcán. Suelos derivados de minerales de Hierro



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

La Figura 17.13 muestra la distribución de las concentraciones de Hierro Total en agua.

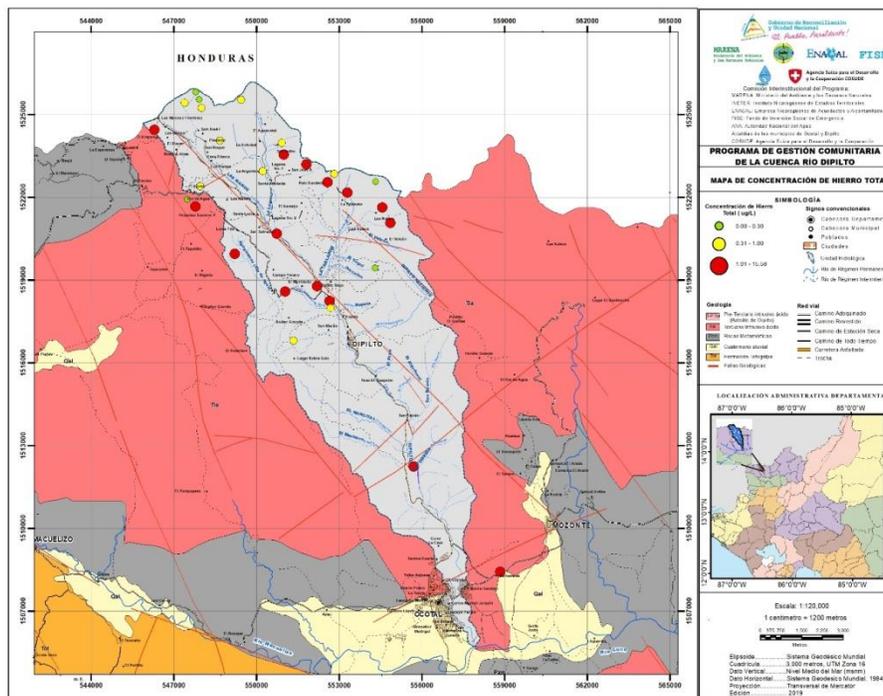


Figura 17.2: Mapa de concentración de hierro total

17.2.2 Tipo Hidroquímico

Las muestras analizadas tanto superficial como subterránea definen un tipo de agua principalmente bicarbonatadas-cálcicas y/o magnésicas. El agua de Finca La Argentina se localiza en el límite de las aguas cloruradas cálcicas, debido a que el porcentaje de equivalente del ion cloro es casi similar al bicarbonatado. Esto sucede cuando es agua recién infiltrada o mezcla de agua de lluvia. Situación similar se obtiene en Finca Linda Vista y Las Nubes 2.



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

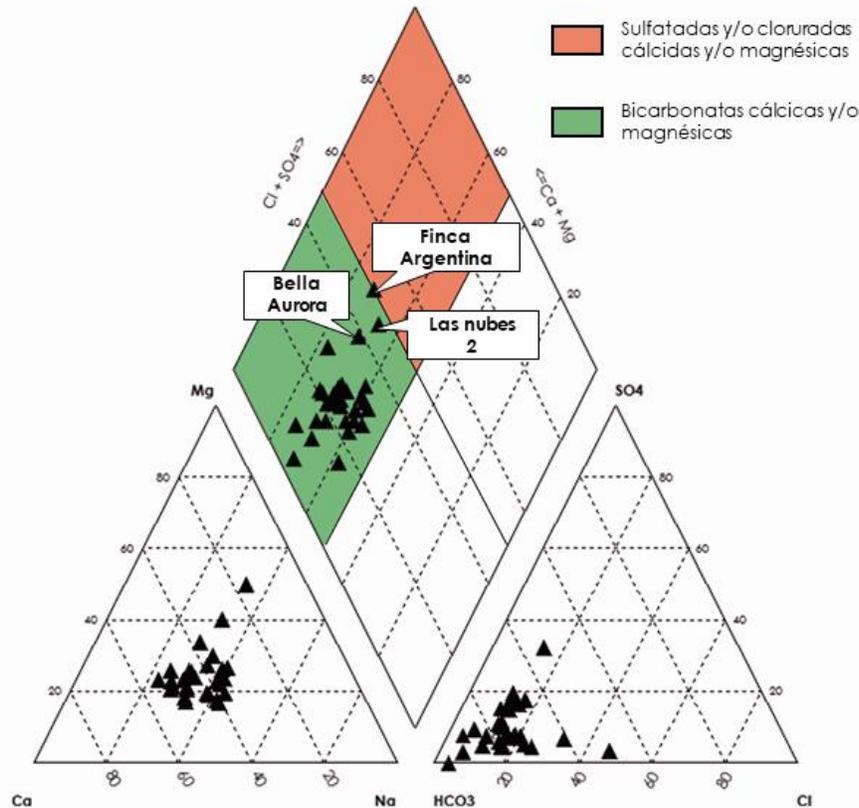


Figura 17.3. Tipo Hidroquímico del Agua

Con la determinación del tipo de agua de cada muestra y su distribución espacial, se generó el Mapa Hidrogeoquímico de la cuenca en estudio. Se observa que la mayoría del area de la cuenca presenta agua Bicarbontada Cálcica. Las aguas bicarbonatadas cálcicas-sódicas se localizan en el sector este y las aguas bicarbonatadas magnésicas en el sector sur. Figura 17.15.



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

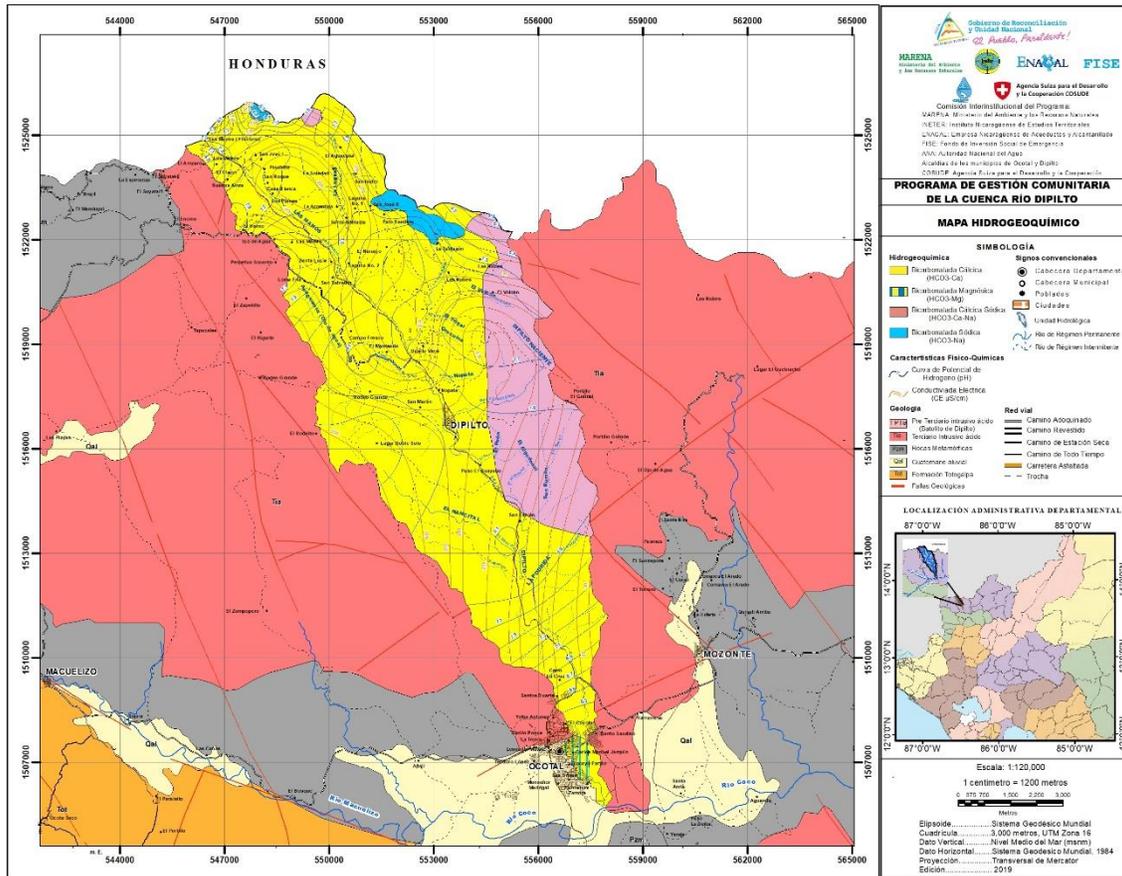


Figura 17.4. Mapa Hidrogeológico

17.2.3 Calidad del Agua para Riego

La Clasificación del agua para riego se realiza en base a la relación de adsorción de Sodio (RAS) y la Conductividad Eléctrica (CE). El RAS representa el riesgo de salinización del suelo. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

Donde: Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} se expresan en **meq/L**.

Si el Na^+ respecto de los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} es alta en las aguas existe riesgo de degradación del suelo con lo cual se reduce la permeabilidad.

El RAS para las agua de la cuenca del Río Dipilto osciló entre 1,00 y 0,35, con promedio de 0,63. La CE presentó un rango entre 325,00 y 29,60 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y promedio de 136.61 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

De las 30 muestras de los sitios visitados; la mayoría (25 muestras) presentan la clasificación de C1-S1; es decir aguas aptas para todo tipo de cultivo. En general las aguas con esta clase pueden usarse para la mayor parte de los cultivos en casi todos los suelos, con muy poco peligro de que desarrolle salinidad. Es preciso algún lavado, que se logra normalmente con el riego; excepto en suelos de muy baja permeabilidad.

Los 5 sitios restantes: Finca La Argentina, Finca Casa Blanca, San Agustín, Fuente agua viva y el Cimarrón presentaron CE (campo) mayores de 250 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y por ende se clasificaron como C2-S1, siendo aptas para la mayoría de los cultivos. Las aguas pertenecientes la clase C2 son aguas que pueden usarse con grado moderado de lavado. Sin excesivo control de la salinidad se pueden cultivar en las mayoría de los casos, las plantas moderadamente tolerantes a las sales.

Para todos los casos analizados, la clase S1 indican que son aguas que se puede usar en la mayoría de los suelos con escasas posibilidad de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable.



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

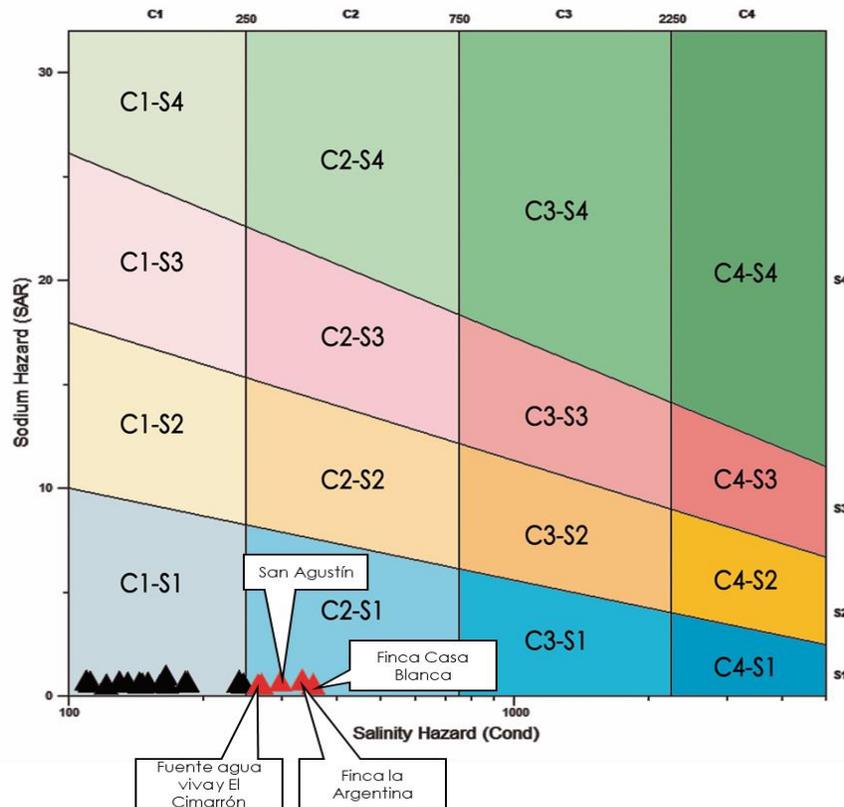


Figura 17.5. Calidad de agua para riego

17.3 Calidad microbiológica del agua

Como indicadores de contaminación microbiológica se analizaron las variables: coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Los coliformes totales son indicadores de presencia de contaminación pero no identifica su origen, por tal razón se ha considerado su presencia únicamente como un indicador de sanidad del agua.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Los coliformes fecales también denominados coliformes termotolerantes, llamados así porque soportan temperaturas mayores a 45°C (Carrillo, E. y Lozano, A. 2009), en los análisis de agua para consumo humano la presencia de estos microorganismos se considera un buen indicador de contaminación de origen fecal.

Escherichia coli, es una bacteria que pertenece a la familia Enterobacteriaceae, es un huésped constante del intestino del hombre y de los animales de sangre caliente que pueden causar infecciones gastrointestinales. La presencia de *E. coli* es un indicador de contaminación reciente por heces fecales (OMS, 2006).

Para aguas de **Tipo 1** la Norma solamente hace referencia para los coliformes totales y establece como promedio mensual menor de 2,000 NMP/100 ml y menor de 10,000 NMP/100 ml para la **categoría 1-A y 1-B** respectivamente. En la figura 16.16 se observa que de los 30 sitios de muestreo, el 60% de ellos admiten tratamiento con desinfección simple, en tanto para los sitios restantes se requiere de la aplicación de un tratamiento avanzado. Los sitios Finca Los Cipreses y Laguna No. 1 salen del rango de esta clasificación por su alto contenido de Coliformes totales



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

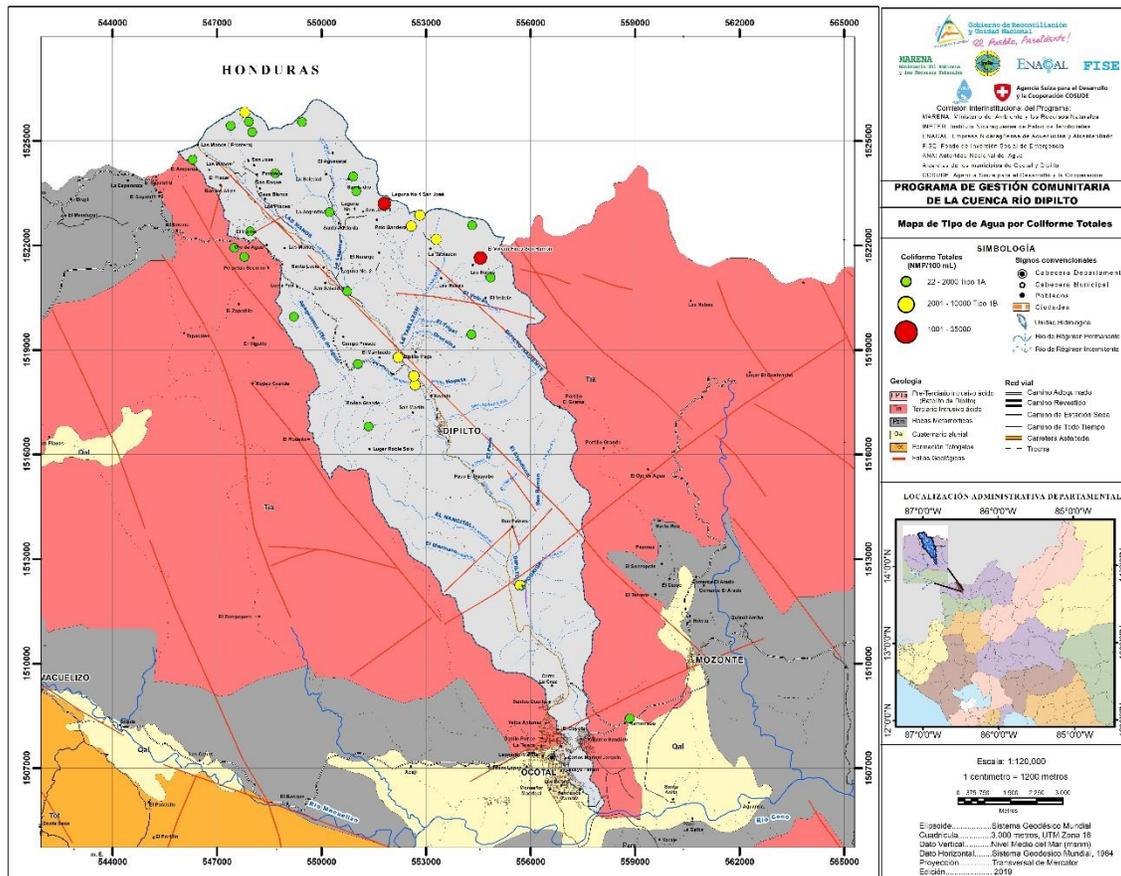


Figura 17.17 Tipo de Agua por Coliformes Totales.

Los resultados de las muestras no cumplen con los criterios según las normas NTON-05-007-98 para Aguas destinadas para uso agropecuario. Las aguas de **Tipo 2-A**, específicamente establece criterios para aguas destinadas para el riego de vegetales a excepción de las muestras codificadas como: MB-1663 (Teodoro García), MB-1674 (San Agustín), MB-1696 (Las Nubes 2-Finca Linda Vista), donde los valores reportados se encuentran por debajo de lo establecido.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

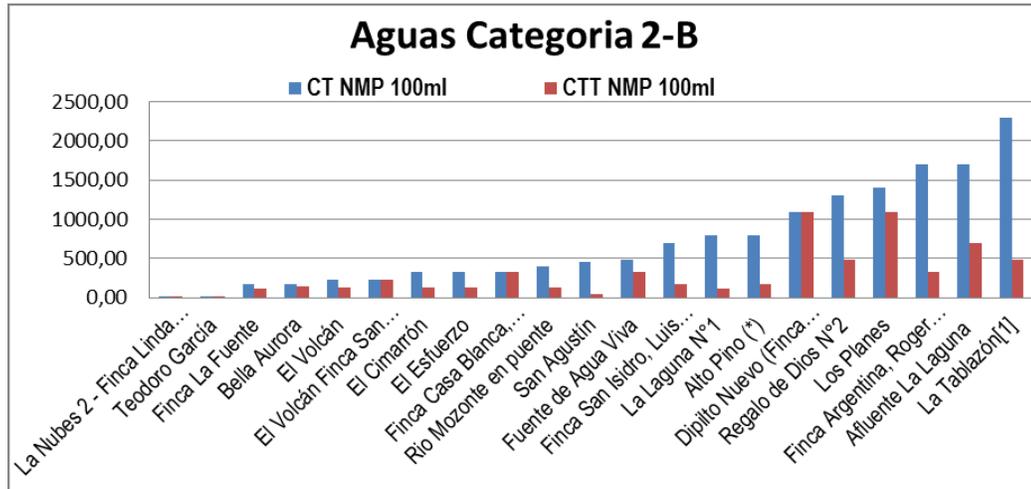


Figura 17.6: Aguas categoría 2-B, para riego

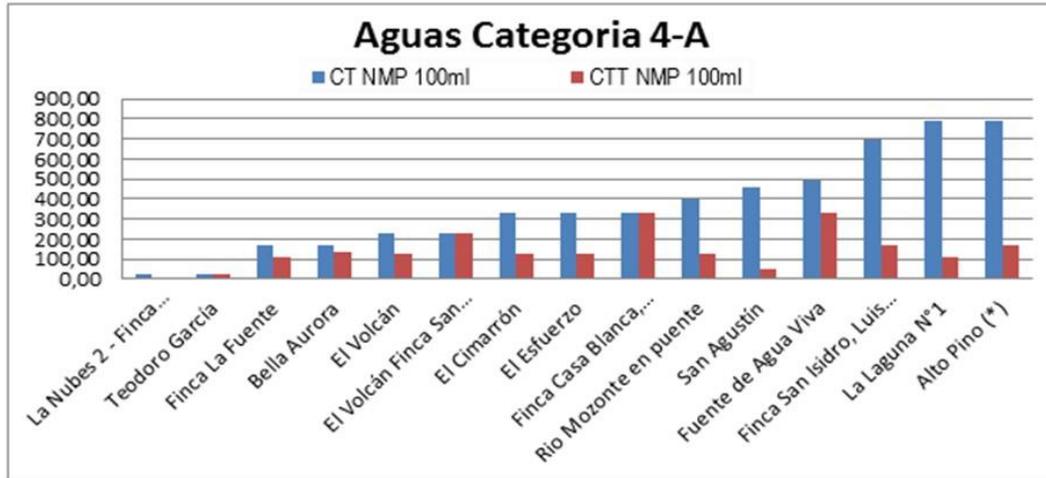


Figura 17.7: Aguas categoría 4-A, para contacto humano total



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

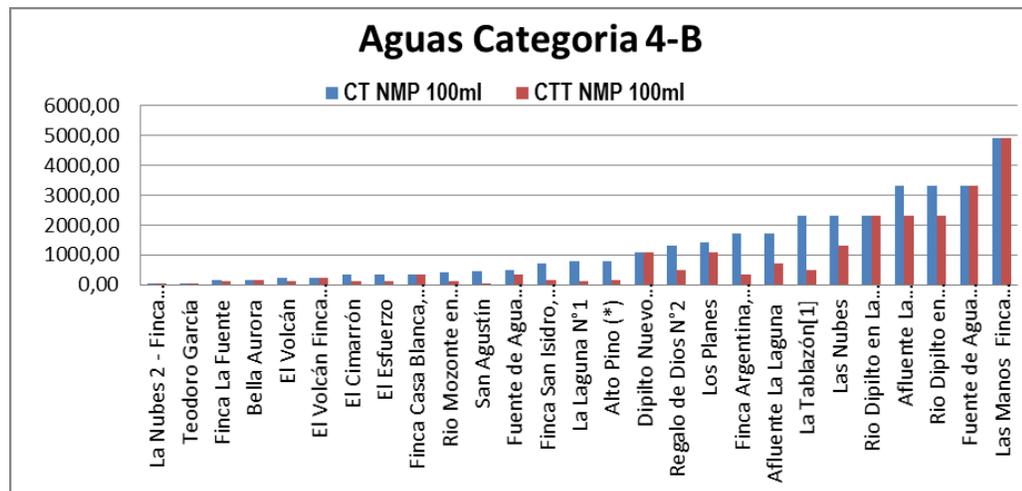


Figura 17.8. Aguas categoría 4-B, para contacto humano parcial

Para aguas Tipo 4, agua para contacto humano total, los puntos de muestreo que cumplen con este criterio son las muestras codificadas como: MB-1656 (La Laguna N° 1), MB-1660 (Finca San Isidro), MB-1661 (Río Mozonte en puente), MB-1663 (Teodoro García), MB-1664 (Bella Aurora), MB-1665 (Finca La Fuente), MB-1674 (San Agustín), MB-1676 (El Esfuerzo), MB-1696 (Las Nubes 2-Finca Linda Vista), MB-1697 (El Cimarrón).

La presencia de coliformes totales, termotolerantes y Escherichia coli en en los sitios muestreados es indicador de que las fuentes están siendo contaminadas por materia en descomposición. La presencia de E. coli en todos los puntos estudiados indican una contaminación de origen fecal. Aguas destinada para consumo humano no debe haber presencia de E.coli ya que constituye una prueba concluyente de una contaminación reciente. Desde el punto de vista bacteriológico, la calidad del agua puede variar de un momento a otro por ejemplo el agua de lluvia puede aumentar en



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

gran medida la contaminación microbiana y es durante la época lluviosa donde surgen los brotes de enfermedades transmitidas a través del agua.

Las normas CAPRE, establece criterios de aceptación para aguas de consumo humano, en los cuales la muestra debe reportar ausencia tanto de coliformes totales como de coliformes fecales o termotolerantes y para el caso de *Escherichia coli* la norma no hace mención, sin embargo, la literatura refiere que es el indicador más preciso de contaminación de origen fecal.

17.4 Metales

Los metales y metaloides son sustancias naturales que se han formado por meteorización de minerales, sin embargo, la actividad humana puede aumentar sus concentraciones en el medio ambiente (Duruibe, Ogwuegbu, & Egwurugwu, 2007).

Una vez presentes en los ecosistemas acuáticos y si están presentes en partículas en suspensión, pueden sedimentar y acumularse en los sedimentos de los lechos de los ríos o lagos. Cuando ocurren cambios en las condiciones físico-químicas (pH, oxígeno disuelto) o por transformación biológica, estos pueden redisolverse.

Los metales y metaloides conforman el grupo de contaminantes ambientales más peligrosos, debido a que no son biodegradables y a su potencial de bioacumulación en los organismos vivos. Se destacan por su toxicidad y mayor presencia en el medio ambiente; Plomo (Pb), Arsénico (As), cromo (Cr) y Cadmio (Cd) (Lenntech, 2007). La contaminación por arsénico en el agua subterránea y superficial, es un serio problema ambiental y de salud pública a nivel mundial debido al poder carcinógeno y neurotóxico del elemento cuando alcanza determinadas concentraciones. En



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO			
DOCUMENTO FINAL	FECHA:		
	25	09	2019

Nicaragua, la contaminación por arsénico presente en los recursos hídricos es causada por fuentes geogénicas como las identificadas en el sector Noroeste del Valle de Sébaco (Altamirano., 2005) y en la parte noroeste el Municipio de La Paz Centro.

El Cadmio, es uno de los elementos que más se encuentran en las aguas superficiales de ríos, quebradas y que han sido contaminados por desechos agrícolas. Defoliantes elaborados a base de Cadmio son muy utilizados en Nicaragua, los residuos llegan a los cuerpos de agua por escorrentía.

El Plomo en Nicaragua se encuentran raras veces en las aguas subterráneas, su mayor presencia se da en ríos. El origen es antropogénico, en cambio el Zinc es común encontrarlo en altas concentraciones en las aguas subterráneas y superficiales no es toxico para la salud.

17.4.1 Arsénico total en aguas

Las muestras analizadas en el municipio de Dipilto departamento de Nueva Segovia, presentaron concentraciones detectables de Arsénico, las que estuvieron en el rango desde 1,17 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Laguna No 1 San José) hasta 13,63 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Regalo de Dios No 2). El Arsénico está presente en el 70% de las muestras analizadas (21 fuentes) y únicamente 2 sitios exceden el límite nacional adoptado por el país para agua de consumo humano 10 $\mu\text{g l}^{-1}$ (CAPRE, 1994, OMS, 2011), Afluente ojo de agua con (11,91 $\mu\text{g l}^{-1}$) y Regalo de Dios No 2 (13,62 $\mu\text{g l}^{-1}$). El otro 30% de las fuentes estudiadas reportaron concentraciones menores que el límite de detección del método de ensaya (0,99 $\mu\text{g l}^{-1}$).



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO			
DOCUMENTO FINAL	FECHA:		
	25	09	2019

Todos los ríos muestreados reportaron concentraciones de Arsénico en el rango de $2.31 \mu\text{g l}^{-1}$ Río Mozonte a $9.76 \mu\text{g l}^{-1}$ Río El Esfuerzo. Según Smedley y Kinniburgh, 2002 considera que los valores de fondo de contenido de Arsénico en ríos son relativamente bajos, en general, inferiores a $0.8 \mu\text{g l}^{-1}$ aunque pueden variar dependiendo de factores como recarga (superficial y subterránea), litología de la cuenca, drenaje de zonas mineralizadas y clima, probablemente muchas de estos factores están influyendo en la presencia de Arsénico en la Cuenca Dipilto. Gráfico 17.20.

Igualmente se detectó arsénico en 15 manantiales de los 24 analizados, probablemente, tengan su origen ligado a procesos geoquímicos naturales. Los numerosos casos de “contaminación” natural de aguas subterráneas por arsénico que existen en el mundo están relacionados con ambientes geológicos muy diferentes: metasedimentos con filones mineralizados, formaciones volcánicas, formaciones volcano-sedimentarias, distritos mineros, sistemas hidrotermales actuales, cuencas aluviales terciarias y cuaternarias, etc. (Smedley y Kinniburgh, 2002).

El Arsénico en Dipilto está asociado a algún termalismo residual que ascendió a través de las fallas en la Formación del Batolito. Nótese que el contenido alto está asociado al parte agua izquierdo de la microcuenca. Los resultados se muestran en las figuras 17.20 y 17.21.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

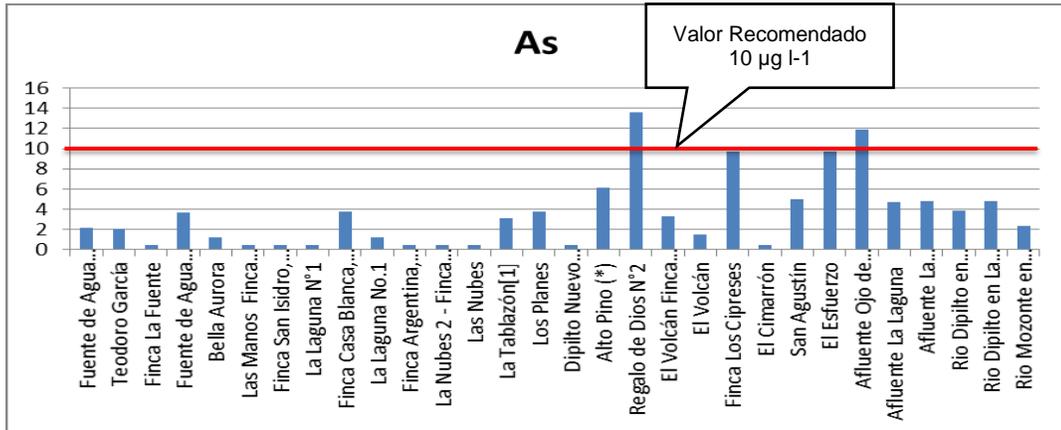


Figura 17.1. Concentración de Arsénico en el agua.

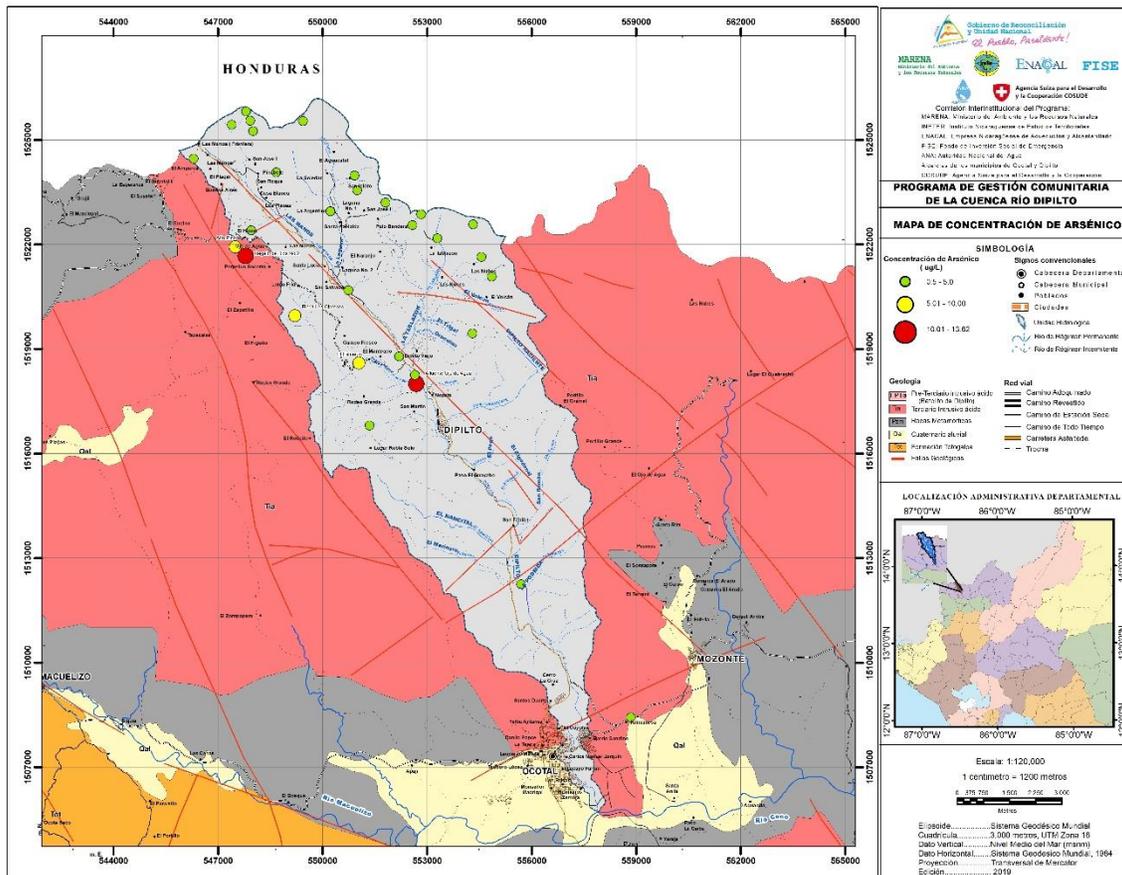


Figura 17.2. Concentración de Arsénico.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

17.4.2 Zinc total en aguas

El 100% de las muestras analizadas en la cuenca del Municipio de Diplito presentaron concentraciones de zinc total menores que el límite de detección del método de ensayo ($35.95 \mu\text{g l}^{-1}$). Se consideran aptas para consumo humano ($3,000 \mu\text{g l}^{-1}$: OMS, 2011).

17.4.3 Cadmio total en aguas

El cadmio total analizado en las aguas superficiales y subterráneas del presente estudio, reportaron concentraciones menores que el límite de detección del método ($0,15 \mu\text{g l}^{-1}$), en el 87% de las muestras analizadas, detectándose únicamente en cuatro sitios, Río Esfuerzo ($0,36 \mu\text{g l}^{-1}$), Fuente de Agua Viva sector No 2 ($0,21 \mu\text{g l}^{-1}$), Finca Los Cipreses, ($0,17 \mu\text{g l}^{-1}$) y El Volcán Finca San Ramón ($0,23 \mu\text{g l}^{-1}$). Ninguno supera el valor límite establecido para agua de consumo humano ($3 \mu\text{g l}^{-1}$; OMS 2011).

Probablemente el origen de este elemento se deban al uso de desechos agrícolas, defoliantes elaborados a base de cadmio, estos son muy utilizados en nuestro país, los que por escorrentías están llegando a los diferentes cuerpos de agua.

17.4.4 Plomo total en aguas

Las concentraciones de plomo encontradas en los 30 puntos analizados fueron menores que el límite de detección del método. ($0,84 \mu\text{g l}^{-1}$) en el 87 % de las muestras analizadas, similar a las detectadas en cadmio pero en sitios diferentes.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

El Plomo fue identificado en cuatro ríos y dos manantiales, este elemento raras veces se detecta en aguas subterráneas, se encuentra más en las aguas superficiales como las encontradas en el presente estudio, producto de la contaminación antropogénica. Ninguno supera el valor límite establecido para agua de consumo humano (10 µg l⁻¹; OMS, 2011).

17.5 Plaguicidas Organoclorados y Organofosforados

Los plaguicidas organoclorados y organofosforados analizados en las muestras de agua se encontraron por debajo de los valores guíaso criterios de calidad de agua establecidos por Normativa Ambiental - Norma para la Clasificación de los Recursos Hídricos de INAA (Cuadro 17.6).

Los insecticidas organoclorados debido a que son insolubles en agua, la mayoría son depositados por gravedad en los sedimentos, por lo que no se descarta su aplicación. Estos no fueron detectados en las muestras de agua colectadas en época lluviosas.

A pesar de la preferente solubilidad de los plaguicidas organofosforados en medio acuoso, pero debido a su fácil degradación por oxidación e hidrólisis no permite que estos compuestos sean detectados en el agua.

Para estudios posteriores se recomienda el análisis de Cipermetrina ya que en Nicaragua el uso de este agroquímico se ha ido ampliando, en la medida en que los demás plaguicidas se le ha ido atribuyendo alta persistencia, bioacumulación y carcinogénesis.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Este Insecticida del grupo de los piretroides se ha desarrollado artificialmente para controlar las poblaciones de insectos plagas, en agricultura, salud pública y ganadería. La Cipermetrina en mezcla, es utilizada en aspersiones a todos los vehículos y contenedores que ingresan al país por los distintos puertos y puestos fronterizos de Nicaragua para el control de vectores

XVIII. BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico se elaboró hasta el punto de control hidrológico La Cabaña (sitio de aforo), ubicado en las coordenadas WGS 84-UTM. Longitud: 555543 y Latitud 1512372; aguas arriba de la obra de captación de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), correspondiente a un área de 80.37 km²; representando el 84% del área total de la cuenca (95.21 km²).

18.1 Cálculo de variables de la ecuación de Balance Hídrico

a) Precipitación areal (P)

Considerando la distribución espacial de la lluvia, la precipitación media anual hasta el sitio de control, resultó de **1,415.34 mm/año**. Los mayores acumulados se presentan en septiembre con **212.48 mm** y junio con **204.52 mm**, y en el período seco las precipitaciones disminuyen notablemente, los valores mínimos se presentan en febrero con **33.45 mm** y marzo **34.66 mm**. Gráfica 18.1.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

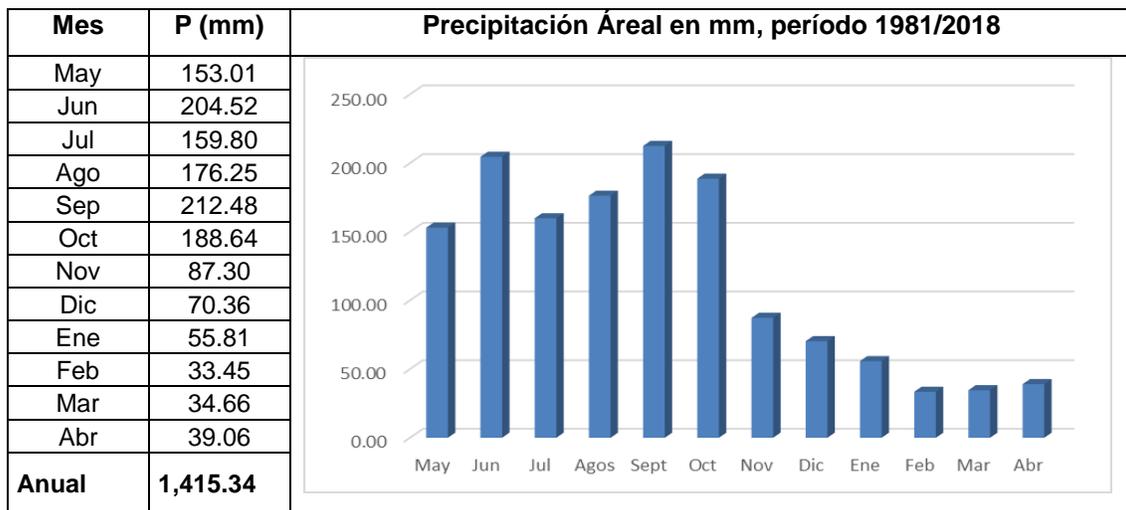
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 18.1. Distribución de la precipitación área en la cuenca del Río Dipilto

b) Evapotranspiración Real (ETR)

Para estimar la evapotranspiración real, se utilizaron los valores de ETo calculados en el inciso **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y los coeficientes de desarrollo del cultivo (K_c), que considera los efectos de las pérdidas de agua de los diferentes cultivos.

Para estimar los valores de K_c se usaron los valores de referencia de la FAO²⁵, edición 56²⁶ y el mapa de uso de cobertura y usos de la tierra edición 2015. En el siguiente cuadro se indican los valores de K_c utilizados.

²⁵ Food and Agriculture Organization

²⁶ Evapotranspiración del cultivo



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

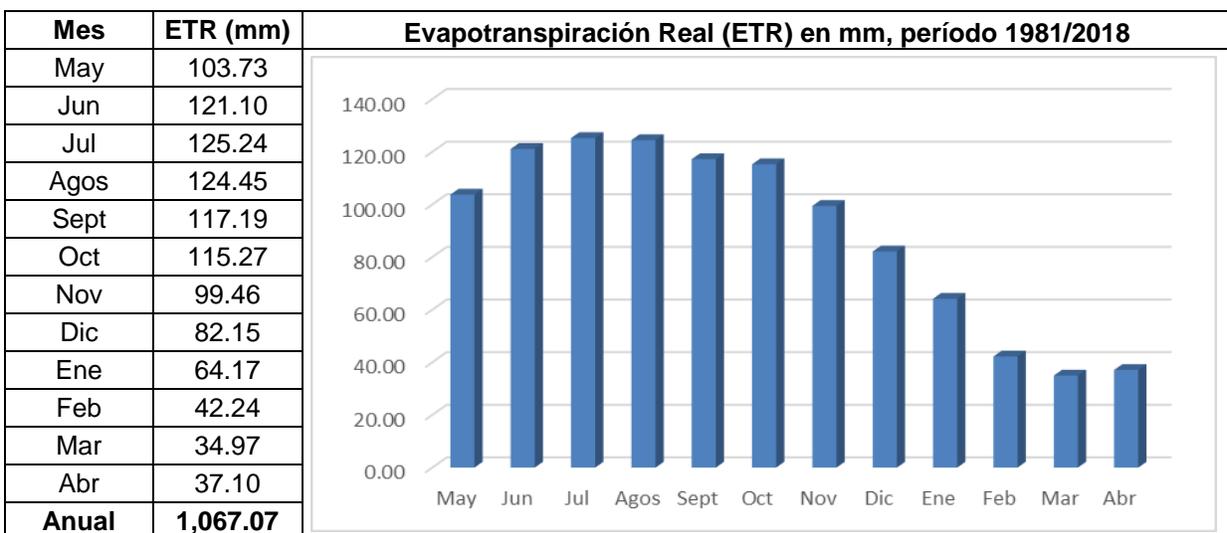
FECHA:

25 09 2019

Cuadro 18.1 Coeficientes de K_c , para los usos de suelo de la Cuenca Dipilto.

Tipos de Uso de Suelo Cuenca Dipilto	K_c	Tipos de Uso de Suelo Cuenca Dipilto	K_c
Bosque de Conífero Denso	1	Cultivo Permanente	0.95
Bosque de Conífero Ralo	1	Pastos	0.85
Bosque Latifoliados Denso	1	Tacotal	0.80
Bosque Latifoliados Ralo	1	Suelo sin vegetación	1.0
Ciudades, Poblados	1	Vegetación Arbustiva	0.9

Los valores de ETR se estimaron a través del modelo de precipitación - aportación de Témez, el cual se basa en la humedad antecedente del suelo. El promedio anual de pérdidas por ETR en la cuenca es de **1,067.07 mm/año**. Los valores máximos se presentan en julio con **125.24 mm** y agosto **124.45 mm**, así mismo los valores mínimos se registran en marzo con **34.97 mm** y abril **37.10 mm**. Gráfico 18.2.



Gráfica 18.2 Distribución de la Evapotranspiración Real



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

c) Escorrentía (E)

Debido a que no se tiene un registro consistente de datos de caudales que representen el comportamiento del régimen del Río Dipilto, estos se estimaron a través de simulación hidrológica por el modelo de Témez, utilizando el programa Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas (CHAC-CEDEX), considerándose un área de aportación de **80.37 km²** (Figura 18.1), que corresponde hasta el sitio de control hidrológico en la estación hidrométrica La Cabaña. Para la simulación se seleccionó el período de 1981 al 2018, estableciéndose en años hidrológicos de mayo-abril.

En el cuadro 18.2, se indican los resultados de los caudales simulados para cada una de las unidades hidrológicas y en la gráfica 18.3 se representa el comportamiento de los caudales en el transcurso del año para cada una de las unidades hidrológicas. Para las unidades El Manteado (45-9516945) y La Calabacera (45-9516947), se determinó una sola aportación, debido que estas tienen áreas relativamente pequeñas.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

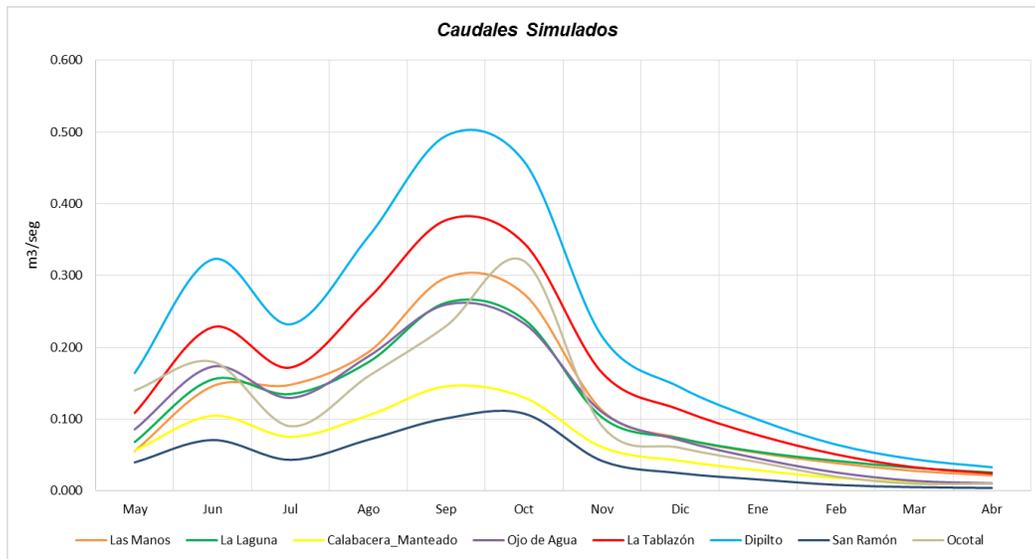
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 18.3. Comportamiento de los caudales simulados de las unidades hidrológicas.

Las variaciones temporales de los caudales medios mensuales están influenciadas por distintos factores, entre ellos el área, permeabilidad del suelo, intensidad de la lluvia, uso de la tierra y la pendiente del terreno. En el gráfico 18.3 se observa que entre junio a octubre se presentan los mayores caudales de las unidades, teniendo una recesión en julio, que coinciden con el inicio del período de canícula, desde noviembre los caudales comienzan a descender progresivamente hasta alcanzar su caudal de estiaje, correspondiente al período seco.

En la gráfica 18.4, se muestra el comportamiento del hidrograma del Río Dipilto, durante el período lluvioso (mayo-octubre) la escorrentía superficial, aporta el 64% de la escorrentía total, no así en el período seco (noviembre - abril), donde el 89% de la aportación es producto del flujo base.



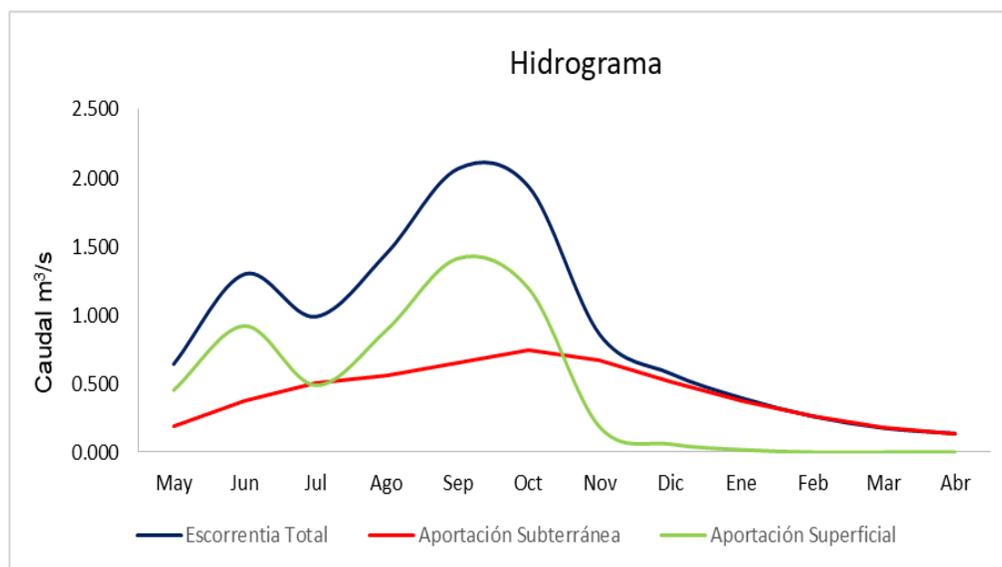
Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019



Gráfica 18.4. Comportamiento de los caudales simulados de la cuenca del Río Dipilto

La aportación estimada en la cuenca hasta el sitio de control hidrológico ubicado en la estación La Cabaña es de **28.46 MMCA**. Los meses de mayor aportación corresponden a septiembre **5.36 MMC** y octubre **5.19 MMC**, y los meses donde la aportación es menor son en marzo **0.47 MMC** y abril **0.36 MMC**. Cuadro 18.3 se muestran las aportaciones estimada para cuenca del Río Dipilto hasta el sitio de control y para toda el área.

Cuadro 18.3. Aportación en Millones de Metros Cúbicos (MMC)

Aportación MMC	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Aportación sitio de control (80.37 km²)	1.72	3.37	2.65	3.89	5.36	5.19	2.22	1.54	1.06	0.63	0.47	0.36	28.46
Aportación Cuenca Dipilto (90.21 km²)	1.92	3.58	2.74	4.07	5.62	5.64	2.32	1.61	1.11	0.65	0.48	0.36	30.11



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

d) Retornos

Parte del agua que se distribuye a través de las líneas de conducción de un sistema de agua potable, se pierde por fugas. Estas pérdidas se pueden expresar como un porcentaje del consumo diario.

Para el área de estudio solamente se consideró el 15 % como retorno de las pérdidas del sistema de abastecimiento para el sector rural correspondiente a Dipilto, según el Departamento de Planificación de ENACAL-1998 siendo este **5,470.2 m³/mes** equivalente a de **0.065 MMCA**.

18.1.1 Relación Precipitación – Aportación

De los resultados obtenidos de la simulación con el modelo de Témez, que permite determinar la relación de **Precipitación – Aportación**, a través del programa CHAC; se generó un mapa de escorrentía media anual, que representa las áreas donde se producen las mayores escorrentías (Figura 18.2). En la gráfica 18.5, se representa la correlación entre los datos de precipitación y escorrentía generados por el modelo de Témez, de la correlación lineal se obtuvo la ecuación.

$$E = (0.6765 \times P) - 604.29 \quad ; \quad \text{coeficiente } R^2 = 0.93$$

Dónde:

E = Escorrentía (mm/año)

P = Precipitación Anual (mm)



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

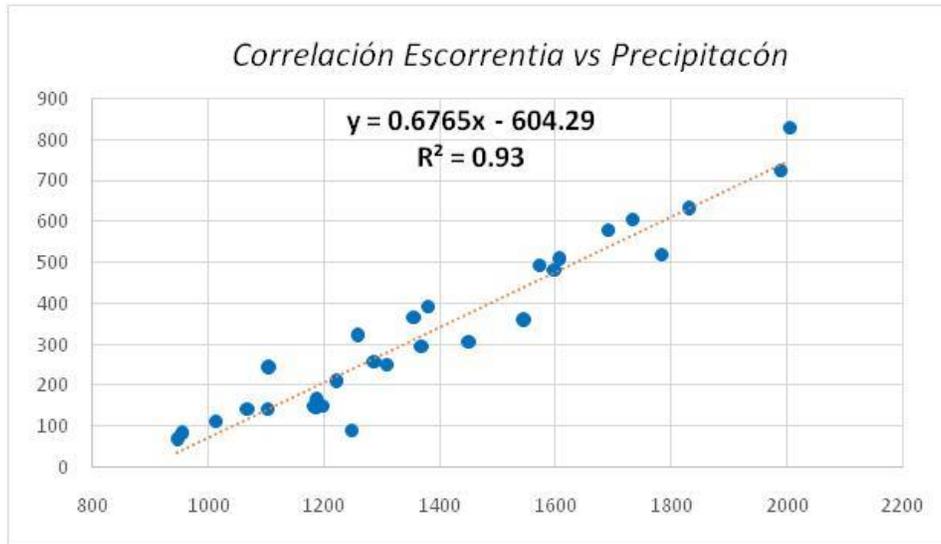
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 18.5. Correlación Escorrentía vs Precipitación

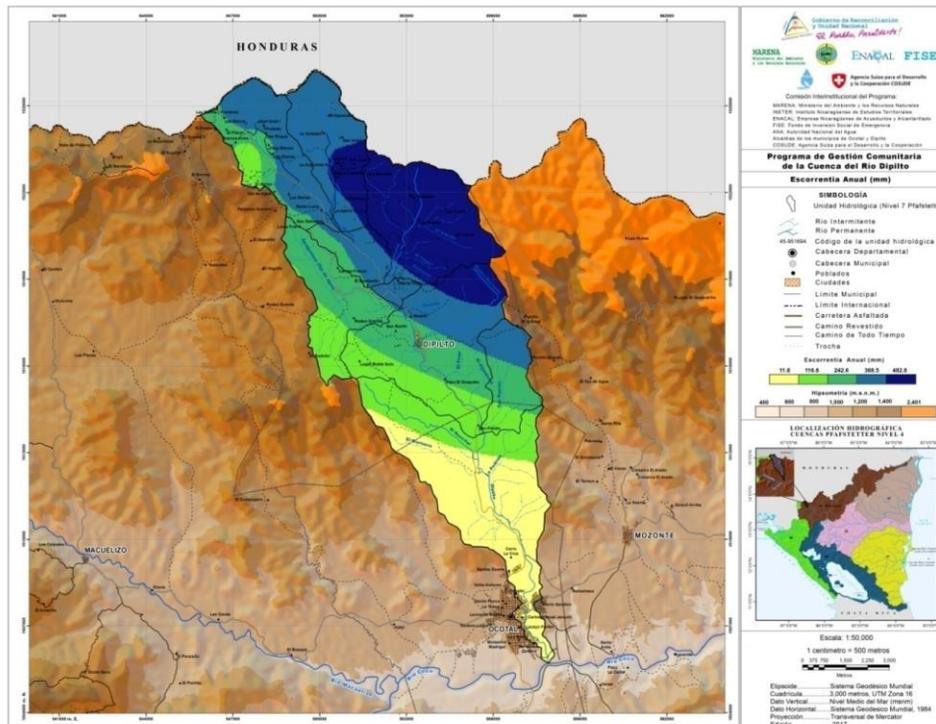


Figura 18.2. Escorrentía media anual, período 1981 a 2018.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

De acuerdo a la figura 18.2, los mayores rangos de escorrentía media anual, se presentan en las unidades hidrológicas Las Manos, La Laguna y La Cuadrozón, con rangos entre **368.5 a 482.8 mm/año**; la unidad hidrológica que genera menor escorrentía es la unidad de Ocotal con rangos entre los **11.6 y 116.6 mm/año**.

18.1.2 Resultado del Balance Hídrico

Determinada todas las variables de la ecuación **6.6**, descrita en el capítulo **6.9**; se ha realizado balance hídrico, los resultados se indican en el cuadro 18.4, así mismo se adjuntan los resultados de la serie de cada variable en anexo.

Cuadro 18.4. Resultados de Balance Hídrico Cuenca Río Dipilto

Mes	P (mm)	ETR (mm)	E (mm)	Pi (mm)	Uc (mm)	R (mm)	±Δ
May	153.01	103.73	15.10	6.33	0.33	0.07	27.57
Jun	204.52	121.10	29.72	12.19	0.33	0.07	41.24
Jul	159.80	125.24	16.28	16.68	0.33	0.07	1.35
Agos	176.25	124.45	29.76	18.62	0.33	0.07	3.16
Sept	212.48	117.19	45.59	21.09	0.33	0.07	28.34
Oct	188.64	115.27	39.78	24.76	0.33	0.07	8.56
Nov	87.30	99.46	5.93	21.76	0.33	0.07	-40.11
Dic	70.36	82.15	1.97	17.15	0.33	0.07	-31.17
Ene	55.81	64.17	0.60	12.57	0.33	0.07	-21.81
Feb	33.45	42.24	0.00	7.90	0.33	0.07	-16.96
Mar	34.66	34.97	0.00	5.89	0.33	0.07	-6.47
Abr	39.06	37.10	0.00	4.43	0.33	0.07	-2.74
Anual	1415.34	1067.07	184.74	169.37	4.00	0.82	-9.02

P: Precipitación, R: Retornos, E: Escorrentía, ETR: Evapotranspiración Real, Pi: infiltración, Uc: Demandas, ±Δ: Cambio en el almacenamiento.

Los valores negativos en el cambio de almacenamiento, indica que en la cuenca existe una disminución en los caudales, sin embargo, no significa que no exista agua subterránea que este aportando superficialmente a la cuenca. Esto se origina en los meses donde la evapotranspiración real es mayor a la precipitación (período seco). Es



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

importante señalar que la precipitación es la única entrada en el sistema del cual el 75 % se pierde por evapotranspiración.

Se debe de tomar en cuenta que los resultados presentados, son promedios anuales de un período de 37 años (1981 al 2018), y que los valores por año pueden variar el comportamiento del recurso hídrico, también dependerá de las condiciones climáticas que se presenten en la cuenca.

XIX. CAUDAL ECOLÓGICO

Para determinar el caudal ecológico en el Río Dipilto, se utilizaron caudales simulados a nivel medio mensual para el período comprendido de 1981 a 2018 para el sitio de control hidrológico La Cabaña, ya que no se cuenta con un registro histórico de caudales medidos. En el cuadro 19.1 se muestran los resultados de los caudales ecológicos recomendados para el Río Dipilto. De acuerdo a la metodología del método de **Tennant** se consideró como época seca los meses de noviembre a mayo, y época lluviosa de junio a octubre.

Cuadro 19.1 Resultados de caudales ecológicos (m³/s), Método de Tennant

Período (1981/2018)	Caudal medio Annual	Caudal maximo Mensual	Caudal mínimo Mensual	Caudal medio mensual	Epoca	Caudal de Reserva Ecológica				
						mínimo	Aceptable	Bueno	Excelente	Excepcional
						10%	10% - 30%	20% - 40%	30% - 50%	40% - 60%
Mayo	0.899	2.800	0.020	0.643	lluvioso	0.090	0.270	0.360	0.450	0.540
Junio	0.899	5.380	0.130	1.299	lluvioso	0.090	0.270	0.360	0.450	0.540
Julio	0.899	4.000	0.140	0.989	lluvioso	0.090	0.270	0.360	0.450	0.540
Agosto	0.899	7.980	0.150	1.452	lluvioso	0.090	0.270	0.360	0.450	0.540
Septiembre	0.899	8.020	0.110	2.068	lluvioso	0.090	0.270	0.360	0.450	0.540
Octubre	0.899	10.570	0.220	1.937	lluvioso	0.090	0.270	0.360	0.450	0.540
Noviembre	0.899	3.290	0.140	0.858	seco	0.090	0.090	0.180	0.270	0.360
Diciembre	0.899	1.640	0.140	0.574	seco	0.090	0.090	0.180	0.270	0.360
Enero	0.899	1.030	0.090	0.395	seco	0.090	0.090	0.180	0.270	0.360
Febrero	0.899	0.690	0.050	0.262	seco	0.090	0.090	0.180	0.270	0.360
Marzo	0.899	0.460	0.040	0.177	seco	0.090	0.090	0.180	0.270	0.360
Abril	0.899	0.330	0.030	0.137	seco	0.090	0.090	0.180	0.270	0.360



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

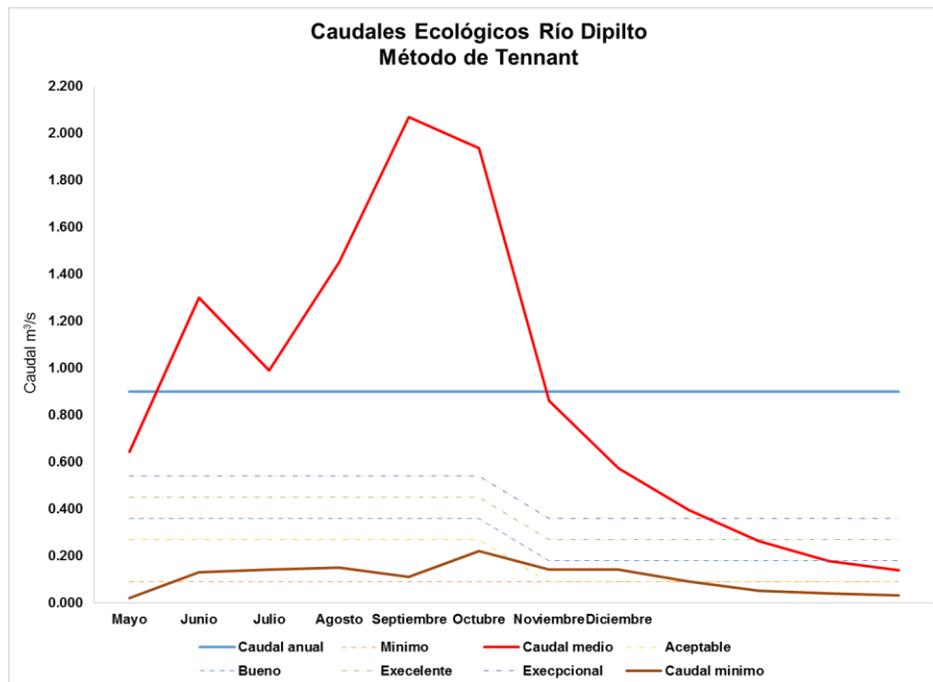
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 19.1. Representación gráfica de los caudales ecológicos en el Río Dipilto, según los criterios propuestos en el método de Tennant.

De los resultados obtenidos con el método Tennant (Gráfica 19.1) el criterio mínimo, aceptable y bueno resultaron ser inferiores al caudal medio mensual para la época seca; no así los criterios excelente y excepcional resultaron con valores superiores.

Considerando que las aguas del Río Dipilto son utilizadas para abastecer al poblado actual de la Ciudad de Ocotal, se estimó un caudal ecológico mínimo de **0.090 m³/s**, debido a que se requiere el mayor aprovechamiento del recurso para satisfacer la demanda poblacional.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

XX. DISPONIBILIDAD

La cuenca del Río Dipilto hasta el sitio de control hidrológico en La Cabaña aporta **28.46 MMCA**, hay que considerar que esta aportación se verá reducida, debido a que se contempla el caudal ecológico a fin de preservar el ecosistema en la cuenca, resultando una disponibilidad de **25.62 MMCA**. Cuadro 20.1.

Cuadro 20.1. Aportación hídrica considerando el caudal ecológico.

<i>Mes</i>	<i>Caudal m3/seg</i>	<i>Aportación MMCA</i>	<i>Caudal Ecológico m3/seg</i>	<i>Caudal Disponible m3/seg</i>	<i>Disponibilidad MMCA</i>
<i>Mayo</i>	0.643	1.72	0.090	0.553	1.48
<i>Junio</i>	1.299	3.37	0.090	1.209	3.13
<i>Julio</i>	0.989	2.65	0.090	0.899	2.41
<i>Agosto</i>	1.452	3.89	0.090	1.362	3.65
<i>Septiembre</i>	2.068	5.36	0.090	1.978	5.13
<i>Octubre</i>	1.937	5.19	0.090	1.847	4.95
<i>Noviembre</i>	0.858	2.22	0.090	0.768	1.99
<i>Diciembre</i>	0.574	1.54	0.090	0.484	1.30
<i>Enero</i>	0.395	1.06	0.090	0.305	0.82
<i>Febrero</i>	0.262	0.63	0.090	0.172	0.42
<i>Marzo</i>	0.177	0.47	0.090	0.087	0.23
<i>Abril</i>	0.137	0.36	0.090	0.047	0.12
<i>Aportación Total</i>		28.46		<i>Disponibilidad Total</i>	25.62

En la gráfica 20.1 se observa que la oferta hídrica de la cuenca anual que genera la cuenca satisface la demanda para los diferentes consumos. No así a nivel mensual donde los meses más críticos se reflejan en marzo y abril que reflejan un déficit. Como demanda se consideraron los usos domésticos, públicos y pecuarios.



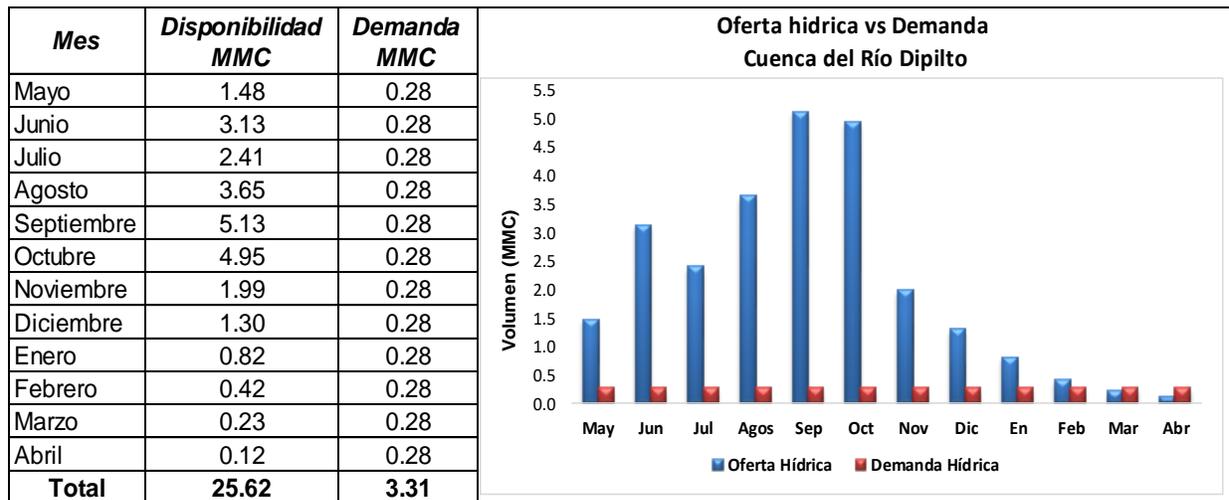
Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019



Gráfica 20.1 Relación oferta - demanda, cuenca del Río Dipilto

XXI. IMPACTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS ANTE FENOMENO ENSO (EVENTO LA NIÑA Y EL NIÑO)

21.1 Análisis de escorrentía ante fenómeno ENSO.

La simulación hidrológica se determinó en relación a los eventos La Niña y El Niño, que con la finalidad de conocer el comportamiento de los caudales cuando se presenten los fenómenos ENSO en la cuenca. Cuadro 21.1.

Cuando se establece el evento El Niño en la cuenca del Río Dipilto, afecta considerablemente los acumulados de precipitación y por ende los caudales, habiendo una reducción del 44 % con respecto al caudal medio anual; caso contrario, cuando se presenta La Niña donde se refleja un incremento considerable en los caudales.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

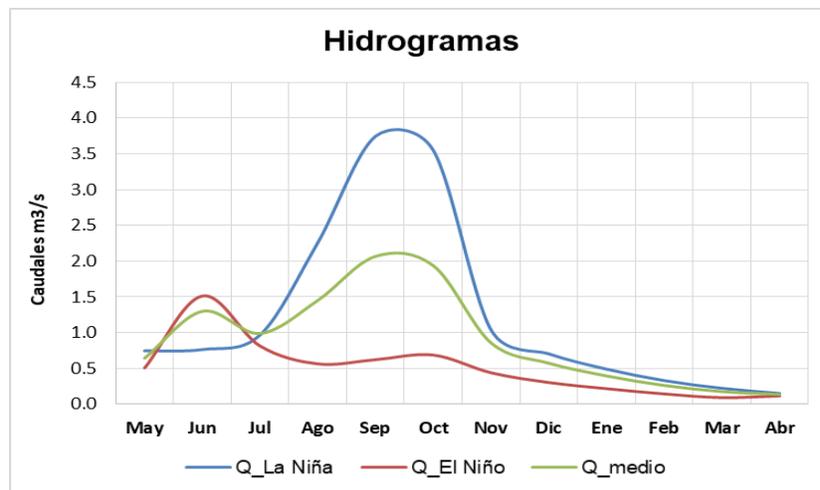
09

2019

Cuadro 21.1. Comportamiento de los caudales ante evento ENSO

Meses	Caudal ante eventos ENSO		Caudal medio m ³ /seg
	La Niña	El Niño	
Mayo	0.745	0.507	0.643
Junio	0.765	1.513	1.299
Julio	0.968	0.814	0.989
Agosto	2.259	0.564	1.452
Septiembre	3.746	0.623	2.068
Octubre	3.550	0.688	1.937
Noviembre	1.039	0.439	0.858
Diciembre	0.705	0.303	0.574
Enero	0.491	0.218	0.395
Febrero	0.330	0.144	0.262
Marzo	0.223	0.093	0.177
Abril	0.151	0.116	0.137
Media Anual	1.248	0.502	0.899

En la gráfica se muestra el comportamiento de los caudales en la cuenca cuando se ve afectada ante eventos ENSO (fenómeno La Niña y El Niño).



Gráfica 21.1. Comportamiento de los caudales ante evento ENSO



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

XXII. CLIMA FUTURO E IMPACTO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS

El análisis estadístico del clima futuro se realiza mediante los promedios decadales, tanto para la línea base utilizada como para las proyecciones de clima futuro, con el objetivo de identificar señales de aumento, disminución, cambio de mes más lluvioso/seco o cálido/frío en las variables meteorológicas de precipitación, temperatura y ETo.

Para la línea base se comparan los primeros 10 años (1981 - 1990) con los 10 años sucesivos (1991 - 2000 y 2001 - 2018); clima futuro se evalúa la línea base (1981- 2018) con los promedios de años 2021 - 2040 (2030) y 2041 - 2060 (2050).

22.1 Análisis Estadístico de la Precipitación (1981-2060)

22.1.1 Línea base Climática 1981 – 2010

Al realizar la comparación por décadas (período de 10 años) en la variable precipitación no se encuentra una señal coherente de cambio en el régimen de lluvia. Los patrones de lluvia mostrados en la gráfica 22.1 obedecen más a la alta variabilidad que tienen las precipitaciones y no al cambio en el período de análisis (disminución, aumento, movimiento de meses más lluviosos o secos), sin embargo, es importante mencionar que la serie que se utilizó en este estudio es de 30 años, que para efectos de cambio climático es apenas la necesaria para los análisis. Sobre todo, por efectos de los valores extremos la precipitación es muy sensible a valores muy atípicos.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

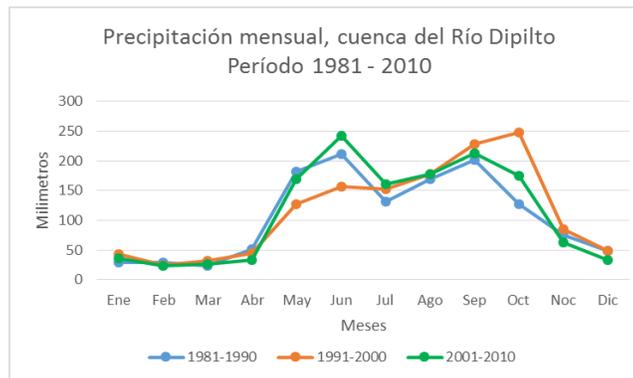
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

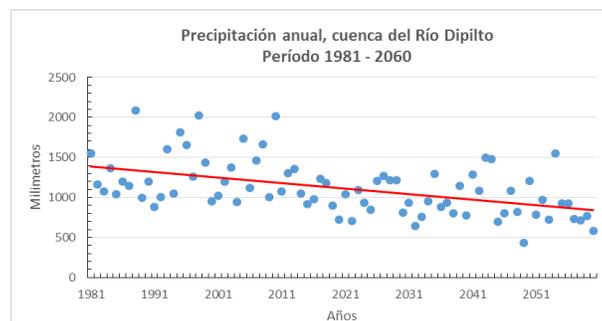
2019



Gráfica 22.1. Comportamiento mensual de la precipitación, período 1981 – 2010.

22.1.2 Tendencia de la precipitación 1981 – 2060

La tendencia de los acumulados de precipitación promedios de la cuenca presenta un marcado descenso a medida que avanzamos en el tiempo, esto quiere decir, que de seguir con las proyecciones del modelo climático INM²⁷ para la ruta representativa de 4.5 watt/m², tendremos cada vez menos precipitaciones tanto a nivel espacial como temporal en la cuenca del Río Dipilto. En la gráfica 22.2 se observa la línea de tendencia y los acumulados anuales de precipitación para el período 1981 – 2060.



Gráfica 22.2. Tendencia de la precipitación anual en la cuenca del Río Dipilto, período 1981 – 2060

²⁷ INM: Instituto Nacional de Meteorología.



ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

22.1.3 Período 2021 – 2040 (2030)

En la figura 22.1 se observa cómo se modifica la distribución espacial de los acumulados de precipitación anuales en la cuenca para el período 2021-2040. En los sectores de Ocotal y Las Cabañas los acumulados de precipitación anual oscilarán entre 600 mm y 800 mm; acumulados entre 800 mm y 1,000 mm se registrarán en Dipilto y Nopata.

En el sector de Dipilto Viejo, Las Calabaceras, Las Marías, Los Planes y Las Manos los acumulados de precipitación serán del orden de 1,000 mm a 1,200 mm. En los sectores La Laguna, La Cuadrozón y Las Nubes los acumulados de precipitación oscilarán entre 1,200 y 1,400; y en los sectores de El Volcán se presentarán mayores acumulados de precipitación con rangos entre 1,400 mm y 1,600 mm.

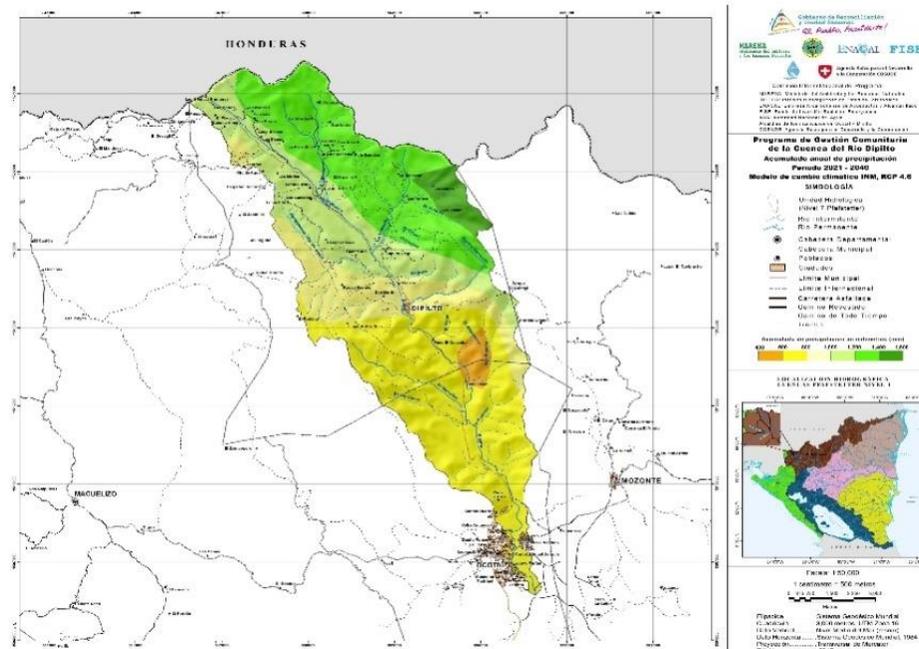


Figura 22.1. Distribución de la precipitación anual, período 2021 - 2040 (2030)



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

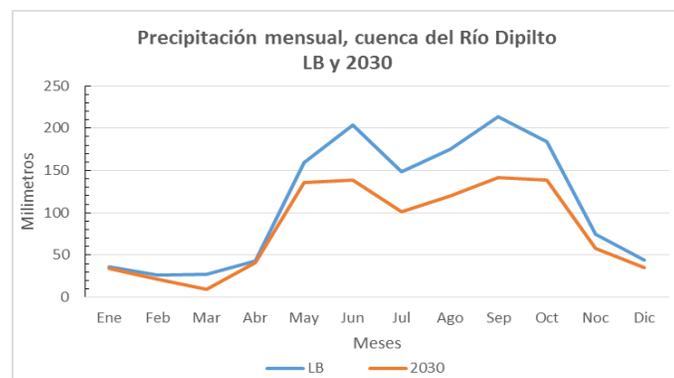
09

2019

En términos de anomalías en los acumulados de precipitación (descenso de acumulados con respecto al período 1981-2010), especialmente las áreas que mayores anomalías negativas presentarán en el período 2021-2040 con respecto a la línea base (1981-2010), es San Fabián con probabilidad en el orden de -40% a -60% de acumulados; le siguen los sectores de Ocotol, Las Cabañas, Dipilto y Nopata oscilarán entre -25% y -40% de los acumulados de precipitación.

La parte alta del área de estudio, en los sectores de Los Planes, Las manos, Ojo de Agua, La Cuadrozón y Las Nubes presentará menores anomalías negativas, es decir menor descenso en los acumulados en la precipitación con rangos entre -15% y -25%.

En el gráfico 22.3 se observa una marcada disminución en los acumulados de precipitación a nivel mensual, sobre todo en el período lluvioso (lluvioso), en el promedio tenemos una reducción de los acumulados de -28%. mes con mayor disminución en el período de análisis, es septiembre con una anomalía negativa de -34%, posteriormente en los meses de junio, julio y agosto con una anomalía negativa en los acumulados de precipitación de -32% con respecto al período 1981 – 2010.



Gráfica 22.3. Acumulados mensuales de precipitación Línea Base vs 2030



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Este período no muestra un cambio en los patrones de lluvia, es decir, siguen dos períodos (seco y lluvioso) bien marcados, además junio y septiembre siguen siendo los meses más lluviosos del primer y segundo subperíodo lluvioso, respectivamente. La Canícula mantiene la duración en días, probablemente se presentarán menores acumulados comparados con la línea base 1981 – 2010.

22.1.4 Período 2041 – 2060 (2050)

Para el acumulado de precipitación promedio del período 2041-2060, los sectores urbanos de Ocotal y San Fabián probablemente presenten acumulados entre 400 mm y 600 mm; los sectores de Las Mercedes, Santa Marta, Las Cabañas y Dipilto tienen rangos de precipitación entre 600 mm y 800 mm. En Nopata y Loma fría las precipitaciones oscilarán entre 800 mm y 1,000 mm, figura 22.2.

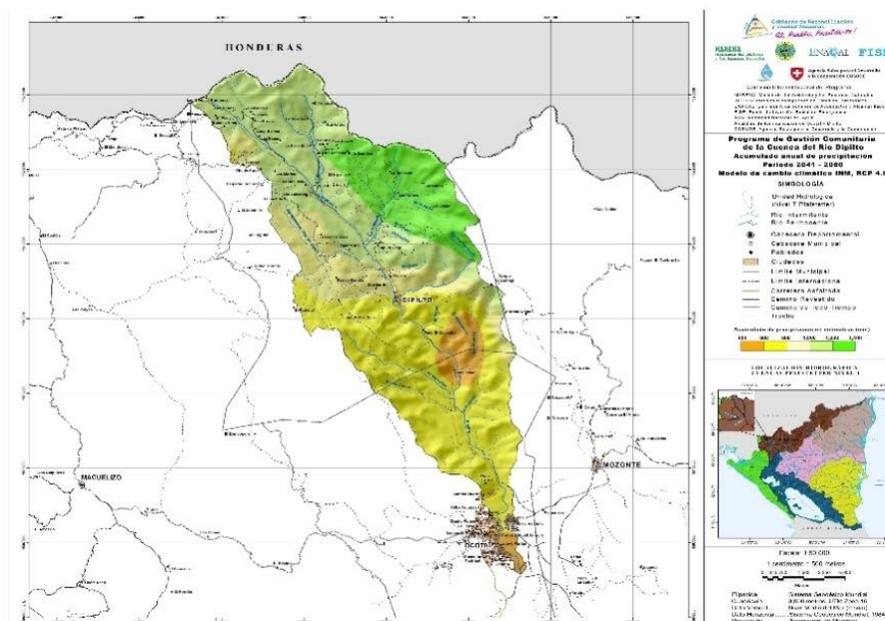


Figura 22.2. Distribución de la precipitación anual, período 2041 - 2060 (2050)



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

Acumulados de precipitación de 1,000 mm a 1,200 mm se registrarán en los sectores de Dipilto Viejo, El Manteado, Los Planes, Las Manos, La Laguna, La Soledad y La Argentina. Los mayores acumulados se observarán, probablemente en La Cuadrozón, Las Nubes y El volcán con rangos entre 1,200 mm y 1,400 mm.

Las mayores anomalías negativas, se observarán probablemente en los sectores de San Fabián y Dipilto en este período, con descensos anuales de los acumulados de precipitación entre -40% y -60%; en Ocotal, Las Cabañas, Nopata, El Horno y Dipilto Viejo las anomalías negativas podrían oscilar entre -25% y -40%.

Según el escenario de clima futuro Los sectores de Los Planes, Las Manos, La Cuadrozón, El Volcán y las Nubes es donde se registrarán los menores descensos en los acumulados de precipitación, en comparación con el período 1981-2010, con anomalías negativas oscilando entre -15% y -25%.

Mes a mes los acumulados de precipitación varían mucho comparándolos con la línea base (1981-2010), probablemente la mayor anomalía negativa presentándose en el mes de agosto con un descenso de -45% en los acumulados, junio con -43% y los meses de mayo y julio con -37%.

El primer subperíodo lluvioso no presenta cambios en su patrón, teniendo junio como el mes más lluvioso del trimestre, sin embargo, en segundo subperíodo lluvioso si presenta un cambio en el mes con mayor acumulado que es octubre con 191 mm el mes con los mayores acumulados del trimestre.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

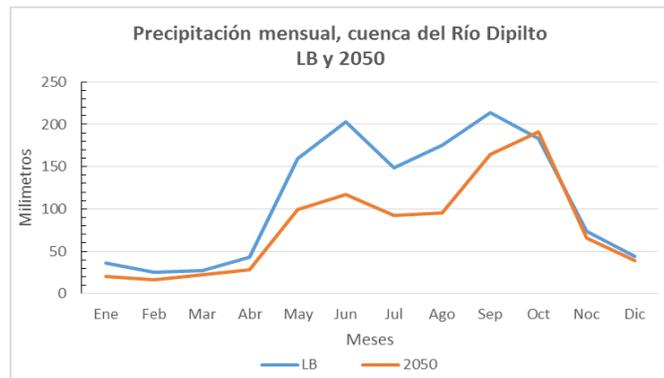
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 22.4 Acumulados mensuales de precipitación Línea Base vs 2050

La Canícula si bien parece preservar la misma temporalidad, se observa como el mes de julio, no tendrá una disminución tan marcada en los acumulados de lluvia con respecto a la línea base, pero si tendrá acumulados muchos menores a los del periodo 1981 – 2010.

22.2 Análisis espacial y temporal de la temperatura (1981 – 2060)

22.2.1 Línea base 1981 – 2010

La variable de temperatura media del aire presenta cambios en el período de línea base, sobre todo en los meses de junio a octubre. Comparando la década de 1981 – 1990 versus décadas 1991-2000 y 2001-2010 (Gráfica 22.5), la temperatura media de la cuenca en promedio para la década de 1991-2000 para los meses antes citados aumento 0.4°C y en la década de 2001 y 2010 aumento a 0.7°C . Los meses donde más aumento la temperatura son julio, agosto y septiembre con una anomalía positiva (ascenso de temperatura media) de 0.6°C .



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

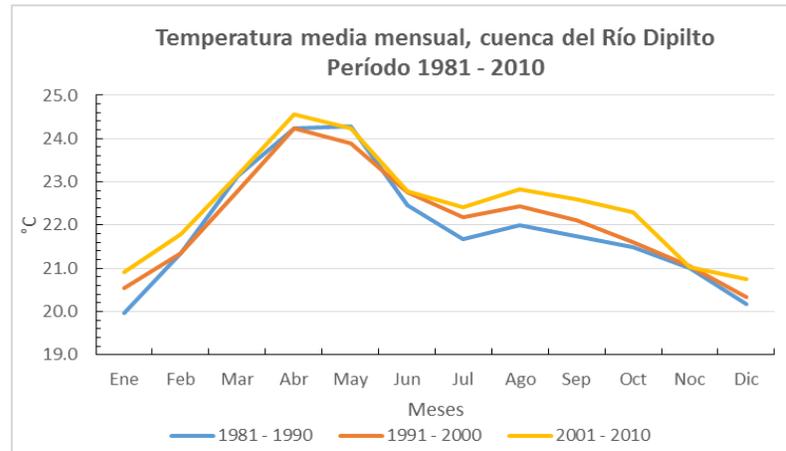
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 22.5 Temperatura media mensual, periodo 1981 - 2010

22.2.2 Tendencia de la temperatura media 1981 - 2060

La tendencia de la temperatura media del aire en la cuenca es ascendente, es decir, la cuenca presentará un aumento en la temperatura anual a medida que analizamos el período, en la gráfica 22.6, se observa la línea de tendencia y la temperatura media anual para el período 1981-2060.

Esta tendencia ascendente también la presentan la temperatura máxima y mínima absoluta del aire en la cuenca del Río Dipilto (gráficas en anexos), esto significa tardes y noches más cálidas en la cuenca a medida en el transcurso de los años.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

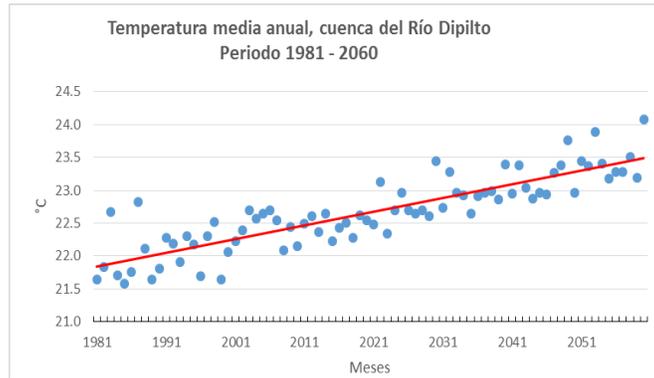
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 22.6 Tendencia de la temperatura media, período 1981 - 2060

Sin embargo, esta tendencia no es uniforme para toda la cuenca, en los sectores con mayor cobertura forestal y sin cambios en el uso de suelo la tendencia será menos marcada.

22.2.3 Período 2021 – 2040 (2030)

La temperatura media más alta a registrarse en la cuenca, según resultados del modelo INM serán en el área urbana de Ocotal, con temperaturas entre 24°C y 26°C.

En los sectores de La Cabaña, San Fabián, Dipilto y Nopata la temperatura media oscilará entre 23°C y 24°C. (Figura 22.3). En Las calabaceras, Los Planes, Santa Lucía, Buenos Aires, La Argentina, La Cuadrozón y San José la temperatura tendrá rangos de 22°C a 23°C; las temperaturas más bajas en la cuenca se presentarán probablemente en los sectores de Las Manos, La Laguna, Las Nubes y el Volcán con rangos de 21°C a 22°C. En promedio la temperatura anual del aire aumentará 0.6°C con respecto a la línea base del estudio (1981-2010).



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

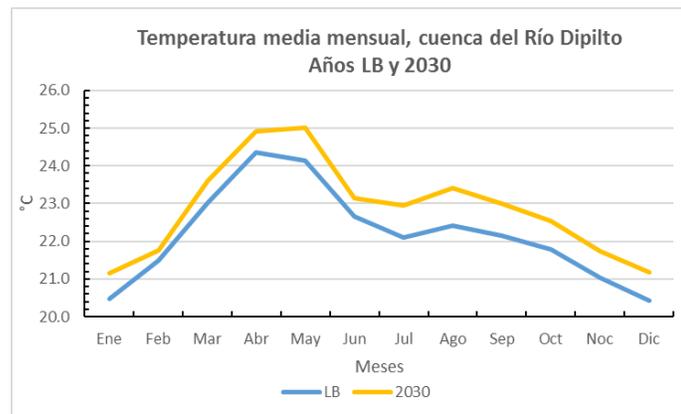
FECHA:

25

09

2019

La temperatura para el 2030 aumenta significativamente en comparación con la línea base (figura 22.7). El mes con mayor aumento de temperatura es agosto con un ascenso de 1°C, lo siguen los meses de mayo y julio con una anomalía positiva de 0.9°C.



Gráfica 22.7 Temperatura media mensual, línea base vs 2030

Para este período de análisis los patrones de temperatura media mensual de la cuenca presentan un cambio en el mes más cálidos del año, siendo este el mes de mayo con 25°C, esto quiere decir que se ha corrido un mes con respecto al mes más cálido de la línea base.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

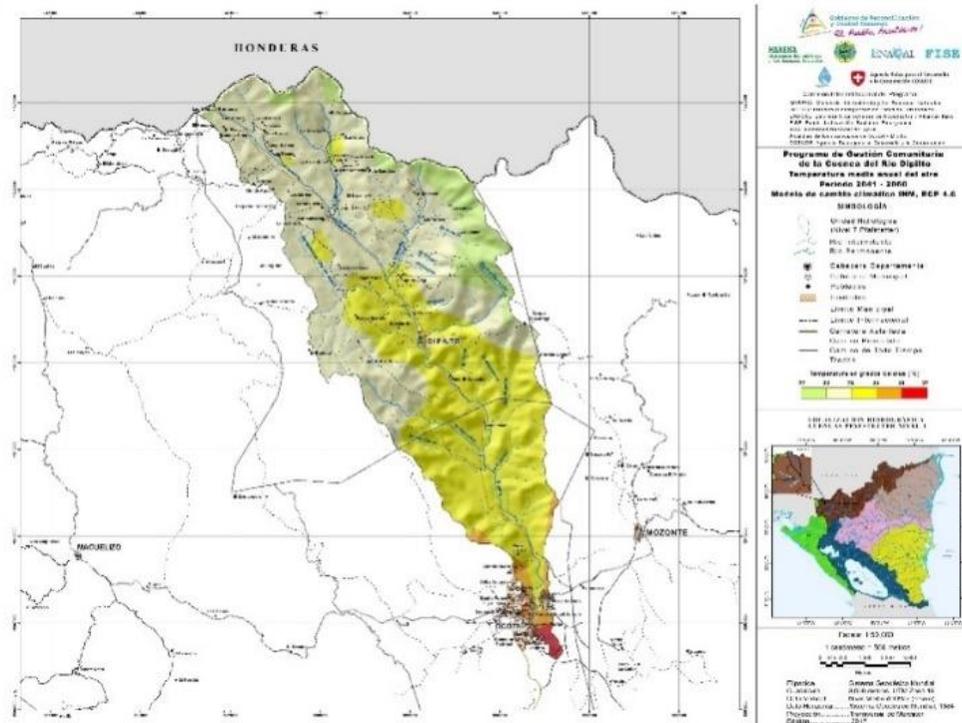


Figura 22.4. Distribución espacial de temperatura media, período 2041 – 2060 (2050)

La temperatura para el período 2041-2060 (2050) seguirá aumentando en toda el área de la cuenca (Figura 22.4). Los meses con mayor aumento de temperatura son enero y agosto con un ascenso de 1.5°C, luego mayo con una anomalía positiva de 1.4°C y los meses de julio, septiembre y diciembre con 1.3°C. En promedio espacial de la cuenca, las anomalías positivas (ascenso de la temperatura) oscilan en valores de 1°C a 1.1°C.

Para este período de análisis el mes más caliente es mayo con 25.5°C. También en este período habrá tardes y noches más cálidas que en el período de la línea base, con una línea de tendencia para la temperatura máxima y mínima absoluta en aumento.



**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

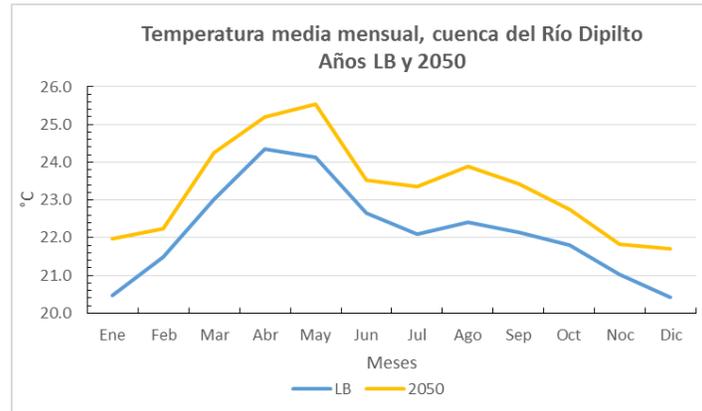
DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019



Gráfica 22.8 Temperatura media mensual, línea base vs 2050

22.3 Análisis del Impacto de clima futuro a los Recursos Hídricos

Con los resultados del análisis estadístico de clima futuro de las variables de precipitación y ETo, se determinó la escorrentía para los períodos 2021/2040 y 2041/2060. En el cuadro 22.1, se presentan la comparación de la escorrentía generada con los escenarios de clima futuro y línea base 1981/2018.

Cuadro 22.1. Aportación total para los escenarios de clima futuro

Mes	Línea Base	Escenarios	
	1981/2018	2021/2040	2041/2060
Mayo	21.44	12.76	7.02
Junio	41.91	14.00	8.11
Julio	32.96	13.20	8.95
Agosto	48.38	21.23	14.72
Septiembre	66.68	20.09	21.65
Octubre	64.54	25.44	50.00
Noviembre	27.68	11.30	17.90
Diciembre	19.12	7.86	10.60
Enero	13.18	5.87	7.36



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

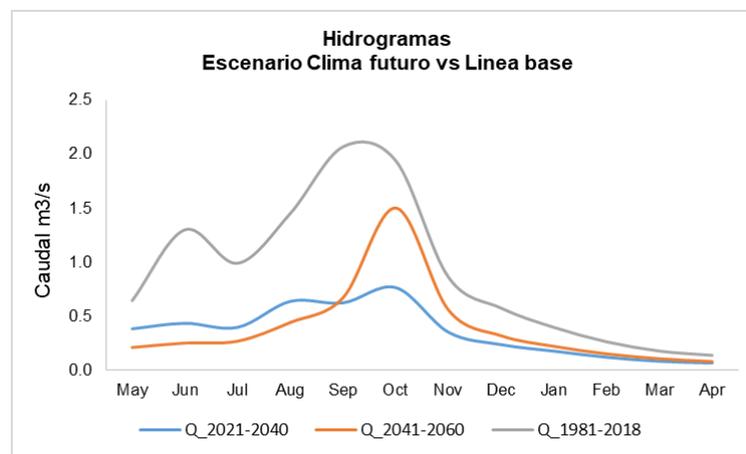
25

09

2019

Febrero	7.90	3.60	4.53
Marzo	5.89	2.75	3.55
Abril	4.43	2.14	2.57
Anual (mm)	354.10	140.25	156.96

Para los escenarios 2021/2040 y 2041/2060 la escorrentía en la cuenca del río Dipilto, presentará un déficit promedio del 42%, equivalente a 148 mm menos con respecto a línea base. En la gráfica 22.9, se evalúa cómo se verán afectados los caudales en la cuenca del río Dipilto ante los escenarios del clima futuro. La tendencia de los caudales promedios presenta un marcado descenso a medida que avanzamos en el tiempo, relacionado a la disminución de los acumulados de precipitaciones en el área.



Gráfica 22.9. Comportamiento de los caudales simulados para los escenarios de clima futuro



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

XXIII. CONCLUSIONES

1. En promedio el acumulado anual de la precipitación en la cuenca es de **1,334.7 mm** (período 1981-2010). En la cuenca se presentan dos períodos, un período seco entre noviembre y abril que representa el **18.8%** de los acumulados, y un período lluvioso entre mayo y octubre, significando el **81.2%** de los acumulados de precipitación.
2. En promedio el período canicular en la cuenca inicia en la segunda decena del mes de julio y finaliza la primera decena de agosto, con una duración promedio de 28 días. En la estación de Ocotal se presenta la mayor duración de la Canícula, con un promedio de 38 días (segunda decena de julio a la segunda de agosto); en la estación Los Planes inicia en la segunda de julio y finaliza en la segunda de agosto (31 días); en Dipilto la tercera de junio y finaliza la primera de agosto (20 días).
3. En la cuenca hay un promedio de 123 días con precipitaciones (igual o mayor a 1mm). En período lluvioso hay 88 días y 35 en el período seco.
4. La precipitación máxima diaria en la cuenca es de **352 mm**, registrada durante la influencia del huracán Mitch en la estación de Ocotal, un segundo máximo se presentó en mayo de 1983 con **104 mm**.
5. La temperatura media del aire registrada en la cuenca es de **22.2°C**, el mes más cálido es abril con **24.3°C** y el mes más frío es diciembre con **20.4°C**. La estación de Ocotal, debido a ubicarse en la parte más baja de la cuenca presenta la



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

temperatura media más alta de la cuenca con **24.3°C**; la estación de Los Planes registra un valor de **21.4°C** y Dipilto **22.2°C**.

6. De acuerdo a la clasificación climática de Köppen se encuentran 4 tipos de clima en la cuenca: **Clima Seco y Árido (BS₁)**, **Clima caliente y Subhúmedo (Aw₀ y Aw₂)**, y **Clima Templado Lluvioso [(A) Cam]**.
7. Durante el evento El Niño, el período lluvioso tiene un marcado contraste, el primer subperíodo se caracteriza por tener un acumulado de precipitación muy cercano al promedio normal, pero no bien distribuidas; en el segundo subperíodo los valores descienden muy por debajo del promedio normal, reduciéndose en un 30% el acumulado de los tres meses (siendo octubre el mes con los mayores déficits).
8. El evento La Niña tiene un efecto contrario a El Niño en los acumulados de precipitación; durante La Niña el primer subperíodo lluvioso se caracteriza por disminución en sus acumulados (en promedio una reducción de -20%), mientras en el segundo subperíodo genera superávit de precipitación con aumento en los acumulados de 55% en promedio.
9. La Canícula en eventos EL Niño extiende el número de días a 40, en promedio para la cuenca, iniciando la primera decena de julio y finalizando en la segunda de agosto. En los eventos La Niña se reducen los días de la canícula a tan solo 16 días, iniciando la tercera de julio y finalizando en la primera de agosto.
10. La tormentas tropicales y huracanes que han afectado a la cuenca en el período 1981 a 2010, son la tormenta tropical Alleta (1982), huracán Joan (1988),



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

tormenta tropical Bret (1993), tormenta tropical Gert (1993), huracán Cesar (1996) y huracán Mitch (1998); siendo este último el que produjo la mayor intensidad de precipitación y daño causado en la cuenca.

11. Para el período 1981-2010 los acumulados anuales de precipitación en la cuenca no presentan una señal clara de cambio en sus patrones mensuales, si en su tendencia, con una pequeña tendencia ascendente. La temperatura media si presenta un cambio en su patrón mensual, con los meses de junio a octubre calentándose más a medida que avanzamos en los años, es decir que aumenta el valor medio de estos meses década a década. La tendencia de la temperatura media aumenta de igual forma en los 30 años analizados.

12. El período 2021-2040 (2030) los acumulados anuales de precipitación presentarán, probablemente, un descenso tanto en su distribución espacial como temporal. A nivel mensual los acumulados se reducirán en **-28%** durante el período lluvioso, el mes más afectado será septiembre, posteriormente los meses de junio, julio y agosto. Los valores de temperatura media aumentarán para este período, el mayor ascenso registrándose en agosto con **1°C**.

13. Mensualmente los acumulados de precipitación disminuirán en el período 2041 - 2060 (2050), siendo el mes de junio donde se presenten los mayores descensos con **-43%**, seguido de mayo y julio con **-37%**. La temperatura media del aire aumentará para este período, los meses con mayor aumento serán enero y agosto con **1.5°C**, luego el mes de mayo con un aumento de **1.4°C** en comparación con el promedio 1981-2010.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

14. La tendencia de los acumulados de precipitación para el período 2011 a 2060 es descendente, esto quiere decir que tendremos menor cantidad de acumulados de lluvia en la cuenca. La tendencia de la temperatura media del aire (también máxima y mínima) y de la evapotranspiración para el mismo período muestra una marcada tendencia ascendente, es decir tendremos tardes y noches más cálidas para ese período.

15. Del levantamiento geológico realizado en el área de estudio, se reconocieron cuatro unidades litoestratigráficas, correspondientes a una secuencia producida por eventos volcánicos sucesivos a partir de varios puntos efusivos, cuya composición varía desde roca granitos, en la parte basal, hasta sedimentos aluviales, Estas unidades son: Unidad de Metamórfica, Unidad Batolito de Dipilto, Unidad Granito, Unidad Dique Intrusivo, Unidad Cuaternaria.

16. A través del mapeo geomorfológico de Ocotal y Dipilto, se clasificó el relieve local en dos unidades geomorfológicas, Unidad de Origen Denudacional y Unidad de Origen Estructuras.

17. Se ejecutaron 59 pruebas de infiltración en 8 zonas de recarga, ver mapa de recarga hídrica. Las zonas 1, 2, 3 y 4 son las de mayores aportes al medio fracturado con un valor de **3.096 MMC**. La recarga en la cuenca, en el medio fracturado, oscila desde 1 a 4 MMC.

18. En la ejecución de las pruebas de infiltración se identificaron por el método de las calicatas y los tipos de los suelos. Se identificó la textura tipo en la parte alta de la cuenca es arcillo arenoso y en la parte baja arenoso.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

19. Con respecto a los parámetros hidráulicos en la cuenca del Río Dipilto, en ausencia de pruebas de bombeo en los pozos perforados, las transmisividades se determinaron de la caracterización geológica, las cuales varían de nula a baja de 0 a 10 m²/d.
20. La aplicación del modelo de Témez ha permitido estimar los caudales de la cuenca del Río Dipilto a partir de las series de datos mensuales de precipitación y evapotranspiración, resultando para el período 1981/2018 un caudal medio de **0.899 m³/s** y una aportación anual de **28.46 MMCA**
21. Las aportaciones mínimas de la cuenca se dan finalizando el periodo de estiaje en los meses de marzo y abril, con aportaciones de **0.473** y **0.356 MMCA** respectivamente; y los meses donde se presentan las mayores aportaciones son septiembre y octubre con **5.34** y **5.19 MMCA**
22. Los resultados del modelo de precipitación - aportación de Témez, muestran que la mayor aportación en el período seco en la cuenca del río Dipilto es de origen subterráneo, siendo este del **89%** contra el **11%** de origen superficial.
23. Con los resultados de la simulación se determinó que las unidades Las Manos (45-951694), La Laguna (45-9516948), La Tablazón (45-9516946) y Dipilto (45-9516943); aportan el **69 %** del caudal del Río principal. Debido a esto se tiene que tener mayor vigilancia en estas unidades.
24. Cuando se presenta el evento El Niño afecta con mayor severidad la cantidad de escurrimiento, reduciendo su caudal medio en un **44%**, originando un déficit de **12.72 MMCA** y cuando se presenta el evento La Niña la escorrentía aumenta en



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

un 39%, presentando un excedente de **10.16 MMCA**, con respecto a la media del registro histórico 1981/2018.

25. Para el escenario futuro (2021/2040), el volumen de escorrentía tendrá un déficit del 60% (**17.20 MMCA**), con respecto a la línea base 1981/2018.

26. Para el escenario futuro (2041/2060), el volumen de escorrentía tendrá un déficit del 56% (**15.86 MMCA**), con respecto a la línea base 1981/2018.

27. La disponibilidad hídrica en la cuenca Río Dipilto para un área efectiva de 80.37 km², considerada hasta el sitio de control hidrológico La Cabaña, es de 25.62 MMCA.

28. El caudal ecológico determinado con la metodología de Tennant resultó de **0.090 m³/s**.

29. La oferta hídrica disponible satisface la demanda actual de la cuenca. Los meses más críticos se reflejan en los meses de estiaje (marzo-abril), donde de haber una sobre explotación del recurso hídrico en la cuenca, quedaría solo disponible la demanda ambiental (caudal ecológico).

30. Se cuenta con 20 datos de niveles de agua en pozos excavados y 93 datos extracciones en manantiales desde 2016 a 2019.

31. En pozos excavados se obtuvo niveles estáticos del agua mínimo de 0.21 m y máximo de 10.08 m.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO			
DOCUMENTO FINAL	FECHA:		
	25	09	2019

32. El Embalse Ojo de Agua se encuentra fuera de la cuenca, este abastece cuatro comunidades del área de estudio (Loma Fría, Ojo de Agua, El Horno y Buenos Aires).
33. De los 62 manantiales inventariados se calculó los caudales. Donde los mínimos fueron de **0.008 MMCA** y máximo de **0.065 MMCA**
34. Se calculó un caudal para uso potable de **0.23 MMCA**, industrial de **0.0067 MMCA** y ganadería de **0.05 MMCA** para un total de **0.38 MMCA**
35. Se calculó las extracciones por tipo de fuente manantiales y pozos excavados; donde en los manantiales se extrae **0.44 MMCA** y pozos excavados **0.01 MMCA**, para un total en extracción de **0.45 MMCA**
36. Se calculó el retorno por fugas en tubería para sector rural con **0.065 MMCA**.
37. En la parte alta de la cuenca, principalmente para los poblados rurales, la mayor demanda de agua para consumo potable se sustenta de los manantiales, con una demanda de **0.23 MMCA**



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

De los resultados físico-químicos

1. La mayoría de los sitios muestreados contienen bajas concentraciones de minerales disueltos. Valores de pH, conductividad eléctrica y SDT por debajo de la norma para consumo humano.
2. De las sustancias clasificadas como no deseadas, solamente en la Finca Argentina de Roger Peralta Mantilla los Nitratos presentaron la máxima concentración (44.30 mg/l), sin embargo, no exceden la norma.
3. El Amonio con un valor de 0.09 mg/l, supera la norma recomendada para agua potable en el sitio Regalo de Dios N°2, comunidad Ojo de Agua.
4. El Hierro total solo cumple con la norma en los sitios Fuente de Agua Viva - Las Manos Sector No. 2, Teodoro García – El Cambalache, Las Nubes 2 – Finca Linda Vista, Alto Pino – Buenos Aires y El Cimarrón – Dipilto Viejo. En los sitios El Volcán Finca San Ramón (15.58 mg/L), Rio Dipilto en Nopata (9.45 mg/L), el Hierro total supera la norma siendo mayor en correspondencia a la roca y suelo.
5. En general las aguas del sitio en estudio son principalmente bicarbonatadas - cálcicas y/o magnéticas. El agua de Finca La Argentina se localiza en el límite de las aguas bicarbonatadas cálcicas tendiendo a cloruradas sódicas, son indicadoras de aguas recién infiltradas o mezcla de agua de lluvia, semejante al tipo hidroquímico de los sitios Finca Linda Vista y Bella Aurora.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

De los resultados microbiológicos:

1. En los 30 sitios de estudio se encontró crecimiento de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* que sobrepasan los límites establecidos para aguas de consumo humano, de los cuales, el 60% de ellos admiten tratamiento con desinfección simple, en cambio, para los sitios restantes se requiere de tratamiento avanzado.
2. Solamente los sitios Teodoro García, San Agustín y Las Nubes 2- Finca Linda Vista cumplen con el criterio establecido para aguas de Tipo 2-A destinadas al riego de vegetales. Sin embargo, en su generalidad el agua de todos los sitios muestreados se clasificaron de Tipo 2-B, las cuales pueden ser utilizadas para el riego de todo tipo de cultivo.
3. Todos los sitios muestreados son de categoría 4-B, es decir, aguas aptas para el contacto humano parcial.

De los resultados de metales pesados:

1. Únicamente dos sitios de muestro exceden la concentración máxima establecida para aguas de consumo humano ($10 \mu\text{g l}^{-1}$) por la OMS, sin embargo, es preocupante también que en la Finca Los Cipreses y El Esfuerzo se cuantificaron concentraciones muy cercanas a estos valores con $9,71 \mu\text{g l}^{-1}$ y $9,76 \mu\text{g l}^{-1}$ respectivamente.
2. El Zinc, Cadmio y Plomo, se encuentran por debajo de los valores máximos establecidos para aguas de consumo humano según la OMS.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

De los resultados de plaguicidas Organoclorados y Organofosforados:

1. Los insecticidas organoclorados debido a que son insolubles en agua, la mayoría son depositados por gravedad en los sedimentos, por lo que no se descarta su aplicación. Estos no fueron detectados en las muestras de agua colectadas en época lluviasas.
2. A pesar de la preferente solubilidad de los plaguicidas organofosforados en medio acuoso, pero debido a su fácil degradación por oxidación e hidrólisis no permite que estos compuestos sean detectados en el agua.
3. Los plaguicidas organoclorados y organofosforados analizados en agua, en los puntos seleccionados se encuentran por debajo de los valores guíaso criterios de calidad de agua establecidos por Normativa Ambiental, Norma para Clasificación de los Recursos Hídricos de INAA.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

XXIV. RECOMENDACIÓN

1. Se propone la instalación de cuatro estaciones meteorológicas telemétricas, que registren las variables de temperatura, velocidad y dirección de viento, humedad relativa y precipitación, se sugiere ubicación:

- a) Sector Noreste de la cuenca, Finca La Soledad.
- b) Automatizar la estación meteorológica pluviométría por una automatizada, con los registros de precipitación, temperatura, humedad relativa y velocidad y dirección del viento.
- c) Instalar una estación meteorológica en el poblado de Dipilto.

Con el objetivo de recopilación información donde tenemos particularidades climáticas como Brisas de ladera, vientos Valle arriba y Valle abajo; también para apoyo a los sistemas de alerta ante incendios forestales, deslizamiento e inundaciones. Además, que estos datos sirvan para fines de investigación científica meteorológica y climática e hidrológica enfatizando en la mejora a futuro de los análisis en balances hídricos.

2. Vigilar y tomar medidas adaptativas de mitigación sobre en el sector de la unidad hidrológica La Cuadrozón, ya que es donde se presentan mayores acumulados de precipitación y por consiguiente las mayores aportes de escorrentía.
3. Ampliar la cobertura de sitio para realizar las pruebas de infiltración en las zonas de recarga y obtener un mejor comportamiento de esta.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

4. Los resultados de los caudales simulados, tienen que ser calibrados y validados cuando se cuente con un registro continuo de aforos, por lo que se tiene que realizar mediciones continuas en los periodos seco y lluvioso.
5. Considerando los escenarios climáticos y el crecimiento poblacional, se propone realizar estudios en cuencas aledañas al área de estudio, a fin de contar con fuentes alternativas para satisfacer las necesidades hídricas de la población futura.
6. Mejorar la estructura del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Ocotal, con el fin de tener un uso racional del recurso hídrico.
7. Realizar tratamiento de remoción de Hierro total en los 15 sitios detectados.
8. Mantener un monitoreo y seguimiento en la cuenca del Río Dipilto en los puntos estudiados
9. Implementar medidas higiénicas-sanitarias inmediatas para evitar la contaminación de origen fecal en las fuentes de agua de los sitios muestreados en cuenca del Río Dipilto.
10. Realizar estudios en otras fuentes, pozos perforados y excavados, ya que existe la posibilidad de la presencia de arsénico en las aguas subterráneas.
11. Para estudios posteriores se recomienda el análisis de Cipermetrina ya que en Nicaragua el uso de este agroquímico se ha ido ampliando, en la medida en que



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

los demás plaguicidas se le ha ido atribuyendo alta persistencia, bioacumulación y carcinogénesis

XXV. BIBLIOGRAFÍA

- A. W. WOOD¹, L. R. LEUNG, V. SRIDHAR and D. P. LETTENMAIER. 2004. Hydrologic implications of dynamical and statistical approaches to downscaling climate model outputs.
- Alexanderson. 1986. Standard Normal Homogeneity Test.
- Altamirano, M., 2005 Contaminación Natural por Arsénico en las aguas subterráneas de la subcuenca suroeste Valle de Sébaco-Matagalpa
- American Public Health Association (APHA). (2012), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22 nd. Edition Washington: APHA
- Carrillo, E. & Losano. (2008). Validación de Detección de Coliformes Totales y Fecales en Agua Potable utilizando Agar Chromocult. Tesis de grado no publicada, Universidad Javeriana, Bogotá D.C. Recuperada el 31 de julio del 2012 de CAPRE. (1994). Normas de calidad de Agua para Consumo Humano. Costa Rica.
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas –CEDEX. 2013. “Manual del usuario CHAC” (cálculo hidrometeorológico de aportaciones y crecidas). Madrid. <http://www.cedex.es/>
- Comisión Nacional de Registro y Control de Sustancias Tóxicas. (13 de marzo de 2014). Prohibición y restricción a la importación de sustancias tóxicas conforme resolución 01-2014 CT/027/2014. Managua.
- Custodio y Llamas. Hidrología Subterránea. 1994
- Dr. Enriqueta García. 1983. Edición 1998. Clasificación climática de Köppen modificado.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

- Duruibe, J., Ogwuegbu, M., & Egwurugwu, J. (2007). Contaminación de Metales Pesados y Efectos Biotóxicos Humanos
- Garayar, J. 1971. Geología y Depósitos Minerales de una parte de las Mesas de Estelí, Cordillera Norte y Montañas de Dipilto. Catastro e Inventario de Recursos Naturales. Informe 10. Managua.
- Gerencia de Ingeniería/Departamento de Planificación-Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. 1998. Memoria de Diseño del Sistema de Agua Potable
- Hodgson, G. 1971. Geología y anotaciones mineralógicas de la Planicie del Noroeste y de la Pre-cordillera Occidental. Catastro e Inventario de Recursos Naturales. Informe 13. Managua.
- Hodgson, G. 2000. Introducción al léxico estratigráfica de Nicaragua.
- INAA, 2001. Normas Técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización de agua. Normas NTOM 09003-99
- INAA. (1999). Normativa Ambiental. Norma para la Clasificación de los Recursos Hídricos. Managua: Editora de Arte, S.A.
- INETER. Dirección General de Meteorología. 1998. Las lluvias del siglo en Nicaragua.
- Ing. José Guijarro. 2006. Paquete Climatol, AEMET.
- Instituto Nacional de Información de desarrollo – INIDE y Ministerio Agropecuario y Forestal MAGFOR. 2010. IV Censo Nacional Agropecuario-CENAGRO. Departamento de Nueva Segovia y sus municipios.
- Instituto Nacional de Información de desarrollo – INIDE. 2008 -. Cifras municipales.
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados –INAA. Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99).



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

- Jesús García Sánchez – José Antonio Maza, Morfología de Ríos- Manual de ingeniería de ríos capítulo 11
- Lenntech. (2007). Recuperado el 1 de Diciembre de 2016, de <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/uc> htm
- Lillo J; “Peligros geoquímicos, arsénico de origen natural en las aguas”,2005
- Máximo Villón Béjar, 2002. Hidrología.
- Meteorology Education and Training - MetEd. 2017. Brisas de Valle y Montaña - <http://www.meted.ucar.edu>.
- Navarro, S. 2012. Tipos de Suelos en Nicaragua, química y formación de suelos. Universidad Nacional de Nicaragua. UNI.
- Norma para la Clasificación de los Recursos Hídricos NTON-05-007-98
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura –FAO. Edición No 56. Evapotranspiración del cultivo.
- Organización Mundial de la Salud (OMS 2006) Guías para la Calidad del Agua Potable
- Ramírez, J. A., & Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. Arch Prev Riesgos Labor; 4(2), 67-75.
- Schosinsky N, G.2006. Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos.
- SGC & INETER, 2005. Estudio Geológico de Riesgos Naturales de la Ciudad de Ocotal y Alrededores, Norte de Nicaragua, Departamento de Nueva Segovia.
- SGC& INETER, 2005. Estudio Geológico de Riesgos Naturales de la Ciudad de Ocotal y Alrededores, Norte de Nicaragua, Departamento de Nueva Segovia.
- Sibson, R. 1981. A brief description of natural neighbor interpolation.
- Sorg, D.Ziegler.F. Fallis, P. Husbsher, K. &Happich,I., Baader,J., Trujillo.2009. Guía para la reducción de pérdidas de agua.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO: BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO	
DOCUMENTO FINAL	FECHA:
	25 09 2019

- The National Research Council (NRC).1997.Canada.
- World Health Organization (W.H.O), 2011 Guidelines for drinking-Water Quality, fourth edition Geneva 27 Switzerland: W.H.



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

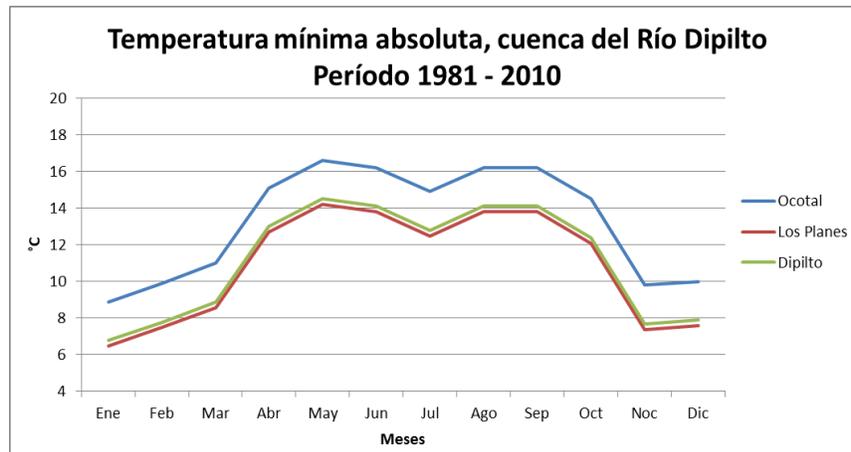
FECHA:

25

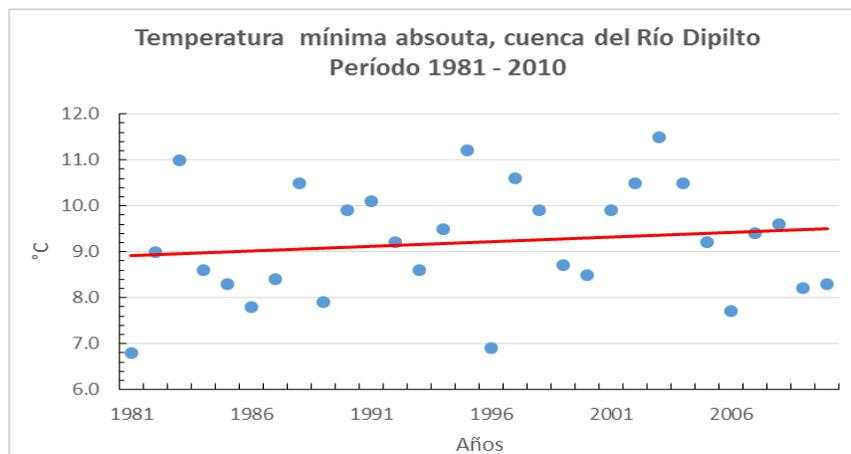
09

2019

3. Temperatura mínima absoluta mensual en las estaciones meteorológicas



4. Tendencia de la Temperatura mínima absoluta





Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

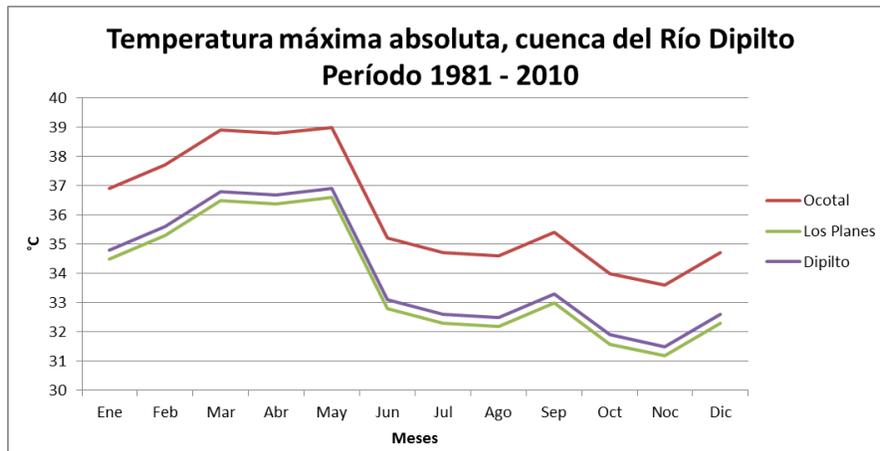
FECHA:

25

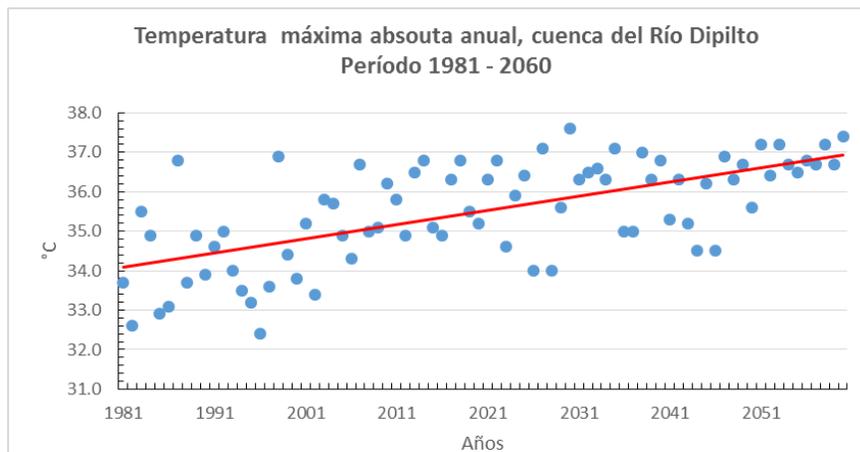
09

2019

5. Temperatura máxima absoluta mensual.



6. Tendencia de la Temperatura máxima absoluta.





Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

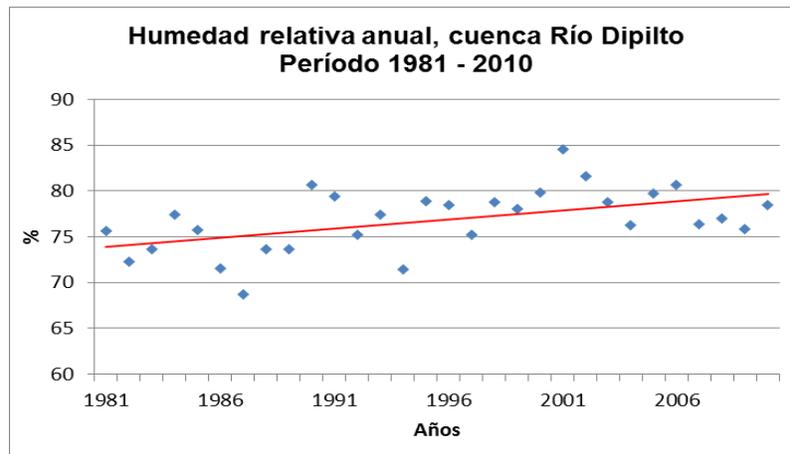
FECHA:

25

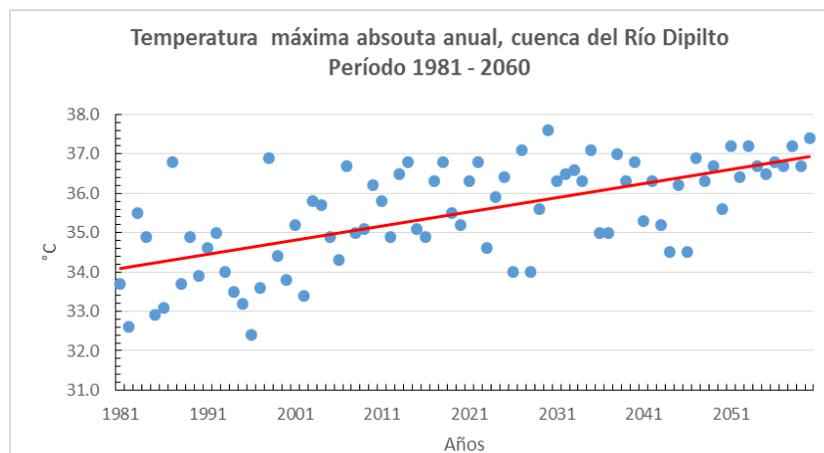
09

2019

7. Tendencia de la Humedad relativa



8. Tendencia de la temperatura máxima absoluta 1981 – 2060





Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

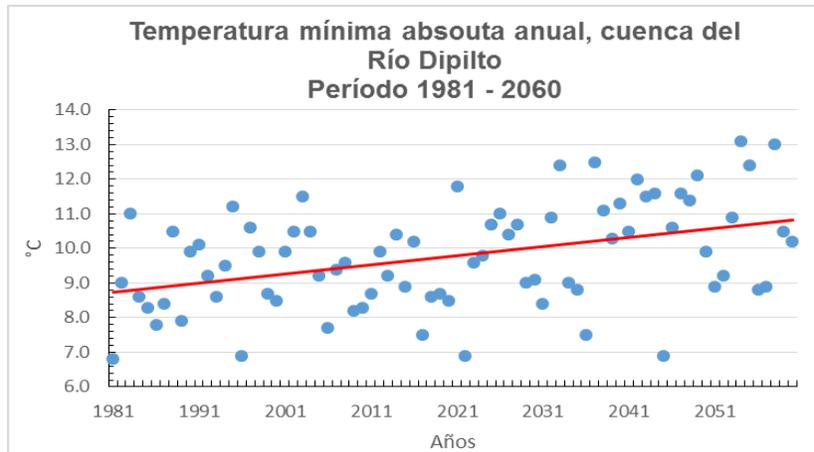
FECHA:

25

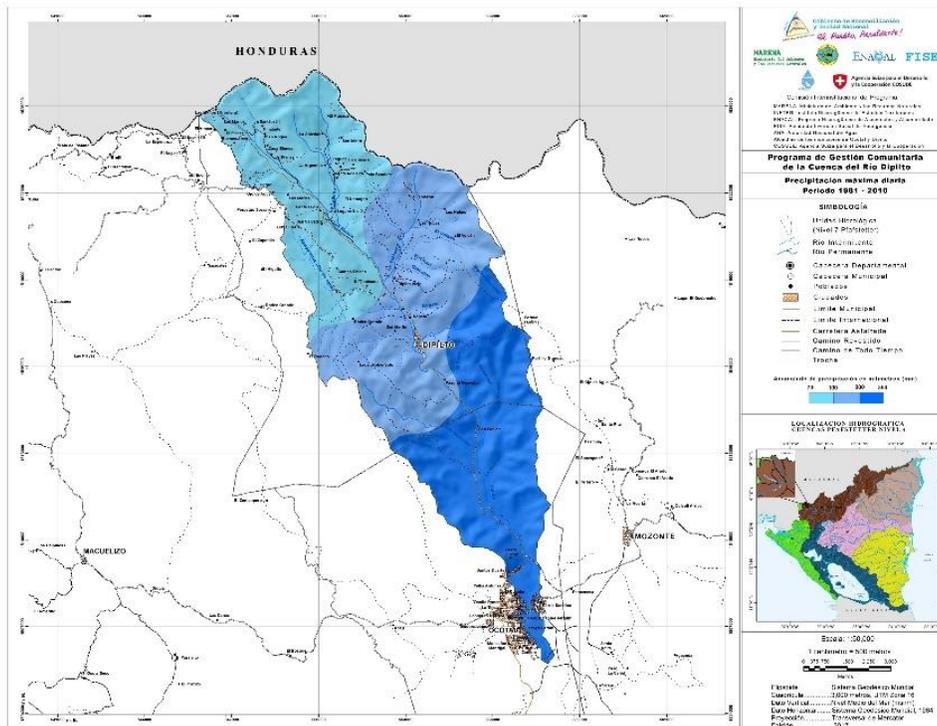
09

2019

9. Tendencia de la temperatura mínima absoluta 1981 – 2060.



10. Distribución espacial de la precipitación máxima diaria.





Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

11. Trayectoria de tormentas tropicales y huracanes.





Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

12. Caudales simulados -Periodo 1981/2018

Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual
1981/82	1.560	4.810	1.040	3.330	1.680	0.960	0.630	0.430	0.270	0.180	0.140	0.080	1.259
1982/83	1.700	2.590	0.810	0.550	0.590	0.410	0.270	0.190	0.120	0.100	0.040	0.030	0.617
1983/84	0.260	2.140	0.550	0.420	0.320	0.480	0.310	0.210	0.140	0.090	0.070	0.040	0.419
1984/85	0.020	0.410	0.860	1.270	5.600	1.120	0.730	0.480	0.320	0.220	0.150	0.090	0.939
1985/86	0.520	0.280	0.440	0.280	0.220	0.730	0.340	0.230	0.170	0.110	0.070	0.040	0.286
1986/87	2.140	1.840	0.960	0.630	1.050	0.770	0.610	0.400	0.280	0.190	0.120	0.070	0.755
1987/88	0.180	1.020	2.600	1.940	1.300	0.720	0.480	0.330	0.230	0.160	0.090	0.330	0.782
1988/89	1.310	1.460	1.000	5.060	8.020	4.680	1.350	0.940	0.630	0.420	0.280	0.190	2.112
1989/90	0.140	0.430	0.250	0.330	1.340	0.560	0.560	0.360	0.280	0.190	0.120	0.080	0.387
1990/91	0.290	0.200	0.140	0.440	0.220	0.470	3.290	0.950	0.880	0.490	0.330	0.230	0.661
1991/92	0.180	0.260	0.200	0.150	0.110	0.220	0.140	0.350	0.200	0.130	0.070	0.050	0.172
1992/93	0.060	0.710	0.850	0.430	1.150	0.470	0.300	0.200	0.140	0.100	0.050	0.050	0.376
1993/94	2.170	1.070	1.040	3.160	3.540	1.450	0.860	0.830	0.750	0.470	0.310	0.210	1.322
1994/95	0.250	0.210	0.300	0.210	0.290	0.360	0.350	0.250	0.160	0.110	0.080	0.240	0.234
1995/96	0.170	1.370	0.490	5.440	3.020	4.400	1.220	0.860	0.590	0.390	0.270	0.190	1.534
1996/97	0.160	0.130	2.480	3.330	1.290	4.780	2.750	1.020	0.700	0.470	0.320	0.210	1.470
1997/98	0.150	1.900	0.680	0.410	1.020	2.440	1.330	0.700	0.470	0.310	0.230	0.160	0.817
1998/99	0.250	0.320	0.430	1.190	3.190	10.570	2.200	1.460	1.030	0.690	0.460	0.300	1.841
1999/00	0.200	0.190	1.040	0.590	4.470	2.880	0.950	0.660	0.440	0.290	0.200	0.140	1.004
2000/01	0.080	0.170	0.330	0.270	1.700	0.640	0.440	0.300	0.210	0.130	0.090	0.050	0.368
2001/02	0.850	0.330	0.260	0.410	1.040	0.520	0.370	0.240	0.160	0.110	0.070	0.040	0.367
2002/03	0.780	3.100	1.090	0.630	0.420	0.440	0.290	0.200	0.330	0.190	0.130	0.090	0.641
2003/04	0.940	2.110	0.850	0.590	2.590	1.320	0.960	0.610	0.400	0.270	0.190	0.130	0.913
2004/05	0.100	0.270	0.250	0.300	0.230	0.390	0.350	0.240	0.170	0.110	0.070	0.030	0.209
2005/06	0.620	5.380	4.000	2.860	1.950	1.700	0.950	0.650	0.460	0.310	0.210	0.150	1.603
2006/07	0.090	2.240	1.200	0.750	0.610	0.500	0.370	0.250	0.170	0.120	0.070	0.040	0.534
2007/08	0.040	0.190	0.150	1.470	5.780	3.540	1.290	0.830	0.610	0.420	0.290	0.190	1.233
2008/09	0.310	0.610	1.240	0.920	2.950	6.500	1.050	0.700	0.460	0.320	0.210	0.150	1.285
2009/10	0.190	1.500	0.790	0.660	0.420	0.300	0.220	0.140	0.090	0.050	0.040	0.210	0.384
2010/11	2.380	1.910	2.340	7.980	7.080	1.500	0.980	0.660	0.430	0.290	0.200	0.150	2.158
2011/12	2.800	1.480	2.940	1.320	3.440	3.050	1.050	0.750	0.550	0.380	0.260	0.180	1.517
2012/13	0.930	1.570	0.810	0.880	0.590	1.270	0.560	0.380	0.280	0.190	0.130	0.100	0.641



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

2013/14	0.300	0.570	0.540	0.500	2.480	1.500	0.750	0.770	0.510	0.350	0.250	0.160	0.723
2014/15	0.100	0.180	0.260	0.350	0.570	1.670	0.890	0.540	0.350	0.240	0.160	0.120	0.453
2015/16	0.090	2.620	0.690	0.440	0.580	1.250	0.620	0.430	0.280	0.190	0.120	0.090	0.617
2016/17	0.240	0.710	0.790	2.860	0.940	3.030	0.870	1.050	0.580	0.390	0.300	0.220	0.998
2017/18	1.250	1.800	1.900	1.360	4.710	4.070	1.080	1.640	0.790	0.540	0.350	0.250	1.645
Caudal medio m³/s	0.643	1.299	0.989	1.452	2.068	1.937	0.858	0.574	0.395	0.262	0.177	0.137	0.899
Escorrentía mm	21.437	41.909	32.957	48.377	66.681	64.544	27.683	19.122	13.177	7.899	5.891	4.428	354.10
Aportación MMC	1.723	3.368	2.649	3.888	5.359	5.187	2.225	1.537	1.059	0.635	0.473	0.356	28.46



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

13. Evapotranspiración Real Período 1981 al 2010

Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual
1981/82	151.27	130.48	140.69	146.97	125.50	116.87	73.15	72.39	26.38	38.59	12.00	62.93	1097.20
1982/83	118.90	140.75	134.54	130.64	115.02	100.87	39.47	42.44	14.23	7.09	0.07	26.56	870.58
1983/84	117.41	124.19	140.33	117.70	100.56	98.70	104.65	51.02	16.12	12.10	71.18	70.03	1023.98
1984/85	77.99	125.04	135.10	137.76	119.85	121.24	102.20	56.28	17.47	34.61	9.01	51.88	988.42
1985/86	124.17	123.57	114.58	101.19	100.63	103.50	100.56	82.35	35.98	7.18	4.78	6.68	905.17
1986/87	127.38	127.33	129.25	131.32	120.99	127.59	99.93	77.13	70.47	6.99	38.60	15.49	1072.47
1987/88	119.05	125.63	122.90	141.50	133.49	98.60	44.91	59.33	66.21	41.11	56.98	119.91	1129.63
1988/89	147.02	137.60	139.33	131.45	128.91	117.03	114.13	106.22	76.81	35.84	30.41	33.31	1198.06
1989/90	71.16	123.86	110.75	118.56	113.78	121.17	106.17	58.34	84.49	54.69	40.92	50.53	1054.41
1990/91	120.38	109.15	67.43	121.86	87.66	101.21	103.36	97.35	101.27	82.22	27.59	6.43	1025.91
1991/92	96.23	113.15	107.86	80.46	69.48	99.19	87.53	79.99	79.93	47.30	13.33	14.77	889.23
1992/93	108.41	121.50	136.77	121.42	123.30	112.46	39.13	60.74	53.46	23.83	46.34	93.11	1040.46
1993/94	122.12	133.07	140.29	132.41	134.07	120.25	112.52	109.20	103.56	85.86	22.00	45.08	1260.43
1994/95	116.26	101.14	121.83	95.46	113.70	116.79	103.23	92.39	40.69	49.19	72.17	130.03	1152.89
1995/96	84.26	125.89	136.47	135.06	125.49	122.53	107.04	104.06	104.63	30.72	28.14	40.39	1144.67
1996/97	104.16	51.50	114.19	137.29	133.55	123.16	112.69	105.63	103.47	75.71	41.13	18.14	1120.60
1997/98	41.97	127.34	130.22	93.75	120.47	116.01	106.89	94.55	35.70	0.00	78.24	0.66	945.80
1998/99	126.46	118.89	124.90	131.52	133.50	106.24	103.44	105.31	111.27	111.57	69.34	23.61	1266.06
1999/00	48.02	105.17	115.03	143.46	124.33	125.56	121.19	95.39	43.07	31.92	42.79	4.46	1000.39
2000/01	67.34	113.07	119.21	120.43	117.50	125.35	100.16	81.86	39.14	64.64	13.51	1.81	964.01
2001/02	139.46	127.54	99.32	123.24	122.42	119.99	74.59	9.89	44.14	32.08	13.36	20.79	926.82
2002/03	131.81	137.66	140.62	125.73	90.58	106.99	72.09	72.42	86.37	46.08	36.83	9.06	1056.23
2003/04	137.59	136.19	142.70	131.93	130.89	125.17	108.38	94.44	50.10	28.16	72.18	31.96	1189.67
2004/05	88.37	117.61	127.44	122.02	105.17	105.08	113.66	46.64	32.52	12.56	4.82	3.67	879.56
2005/06	130.47	134.09	148.70	136.31	129.18	128.33	119.45	92.72	93.22	25.48	20.28	44.24	1202.45
2006/07	52.47	125.62	147.31	143.61	132.88	112.67	96.16	77.81	23.65	24.36	70.05	13.28	1019.87
2007/08	49.25	125.65	94.96	125.52	131.89	128.66	120.28	104.72	101.24	69.11	41.63	21.51	1114.40
2008/09	133.13	119.09	135.21	145.93	128.71	111.33	118.86	87.56	47.06	67.28	9.48	8.46	1112.10
2009/10	113.11	121.98	139.52	135.19	79.69	94.36	70.46	45.36	32.40	13.68	52.42	129.58	1027.73
2010/11	128.23	145.42	140.19	133.03	127.97	129.95	117.19	44.46	34.05	7.31	12.91	1.49	1022.19
2011/12	113.22	129.18	125.95	122.12	122.61	122.19	113.82	104.71	109.53	90.58	33.39	55.83	1243.13
2012/13	108.58	128.29	127.04	119.18	120.89	114.50	102.19	75.83	84.77	6.36	23.82	3.97	1015.41
2013/14	115.79	118.25	124.64	118.99	117.84	120.69	112.34	107.56	108.54	50.32	9.31	13.02	1117.29
2014/15	34.29	96.35	101.30	109.44	112.02	118.99	113.44	103.25	76.45	42.02	39.54	89.06	1036.16
2015/16	29.22	105.35	117.16	105.26	103.46	117.64	115.26	106.04	25.39	74.88	24.85	16.23	940.73
2016/17	121.56	112.76	120.58	115.66	119.47	118.23	115.34	118.79	86.48	43.84	100.01	68.91	1241.61
2017/18	121.64	121.48	119.43	121.12	118.77	115.88	114.09	115.29	114.14	87.73	10.31	25.91	1185.80
Media (mm)	103.73	121.10	125.24	124.45	117.19	115.27	99.46	82.15	64.17	42.24	34.97	37.10	1067.07



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

14. Precipitación Áreal período 1981 a 2018

Años	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual
1981/82	258.70	381.38	125.85	298.46	172.95	103.34	18.44	75.90	23.74	38.59	12.00	62.98	1572.33
1982/83	261.99	275.71	106.60	100.86	148.84	89.11	32.60	42.44	14.23	7.09	0.07	26.56	1106.10
1983/84	141.63	285.61	101.62	106.12	105.30	148.06	92.90	35.30	16.12	12.10	71.49	70.16	1186.41
1984/85	78.31	175.42	199.66	210.18	394.29	108.58	24.39	52.92	17.47	34.61	9.01	51.89	1356.73
1985/86	173.10	112.80	155.32	81.84	105.31	189.49	61.89	83.92	29.41	7.18	4.78	6.68	1011.73
1986/87	293.31	227.29	136.16	100.00	187.91	145.75	106.60	46.34	69.48	2.69	38.60	15.49	1369.62
1987/88	131.73	220.87	280.42	204.21	162.52	36.32	43.04	59.43	69.52	38.62	56.99	147.55	1451.22
1988/89	237.25	222.11	159.92	382.90	445.76	279.25	78.54	69.16	33.47	32.25	30.41	33.31	2004.33
1989/90	71.72	169.19	95.09	140.52	231.44	105.89	130.85	17.15	96.10	46.71	40.92	50.53	1196.09
1990/91	151.62	104.39	64.64	163.22	72.53	148.51	309.35	118.27	108.99	15.33	25.13	6.43	1288.42
1991/92	100.66	140.39	97.80	81.92	69.66	129.34	71.98	131.61	56.55	38.19	13.33	14.77	946.20
1992/93	113.77	200.23	183.10	83.97	215.23	75.51	36.99	61.34	53.01	23.83	46.34	94.73	1188.05
1993/94	294.80	176.01	161.47	295.24	283.32	137.84	67.67	125.28	131.00	47.31	18.52	45.08	1783.53
1994/95	127.96	103.65	140.14	93.89	140.09	141.84	122.00	71.12	33.47	49.20	72.32	152.11	1247.80
1995/96	81.17	246.05	116.93	424.72	249.30	298.39	89.97	78.95	57.74	21.59	28.14	40.39	1733.33
1996/97	108.89	51.50	304.72	297.42	149.30	342.18	205.24	56.10	54.20	61.14	41.13	18.14	1689.96
1997/98	41.97	277.47	117.66	79.26	205.89	265.59	149.82	13.26	26.36	0.00	80.33	0.66	1258.29
1998/99	141.14	139.73	147.13	221.81	309.03	541.08	152.32	109.60	92.78	49.09	61.02	23.61	1988.33
1999/00	48.02	112.70	217.89	140.95	375.99	244.03	79.58	46.67	33.52	31.92	42.80	4.46	1378.52
2000/01	67.39	129.32	146.10	117.53	258.15	125.40	59.47	81.82	37.52	64.78	13.51	1.81	1102.79
2001/02	217.41	108.20	101.25	153.03	211.39	111.21	46.23	9.89	44.14	32.08	13.36	20.79	1068.99
2002/03	207.91	323.02	154.46	74.10	87.93	137.63	56.01	73.06	126.34	21.29	36.83	9.06	1307.64
2003/04	220.33	269.91	136.95	103.70	294.65	174.94	132.33	42.60	37.17	28.16	73.59	31.96	1546.29
2004/05	89.89	146.68	124.66	134.16	109.76	151.01	118.84	25.79	32.52	12.56	4.82	3.67	954.37
2005/06	194.28	424.07	307.28	233.37	177.54	169.47	88.75	59.93	89.47	20.76	20.28	44.24	1829.43
2006/07	52.47	297.13	186.66	129.95	130.69	129.42	84.90	79.29	22.80	24.36	70.20	13.28	1221.15
2007/08	49.27	146.72	92.54	252.90	414.45	265.58	112.92	64.48	94.43	42.81	41.63	21.51	1599.26
2008/09	150.20	177.14	214.39	163.20	297.70	396.18	12.86	65.45	43.05	67.54	9.48	8.46	1605.66
2009/10	122.58	251.87	154.40	137.86	55.30	96.57	70.67	45.36	32.40	13.68	52.42	147.31	1180.41
2010/11	300.77	231.58	240.97	463.60	383.49	96.95	61.34	18.11	34.05	7.31	12.91	1.49	1852.58
2011/12	318.88	194.60	259.33	142.88	274.97	235.01	54.23	88.88	90.80	84.28	31.68	55.90	1831.44



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

2012/13	207.39	225.29	126.86	153.76	107.97	202.54	42.72	68.02	87.98	5.35	23.82	3.97	1255.67
2013/14	159.96	169.82	136.87	137.00	276.91	178.54	83.97	126.59	82.52	29.71	9.31	13.02	1404.22
2014/15	34.62	119.90	127.95	132.83	150.10	232.58	129.49	46.56	64.15	42.02	39.54	91.91	1211.66
2015/16	29.22	308.94	117.46	47.14	161.50	206.63	104.34	64.91	19.11	75.34	24.85	16.23	1175.68
2016/17	148.79	187.35	166.60	280.20	115.76	269.71	70.13	152.29	28.47	43.84	104.76	69.01	1636.90
2017/18	232.20	233.13	205.86	156.56	328.94	270.26	26.70	195.69	80.90	64.35	5.95	25.91	1826.46
Media	153.01	204.52	159.80	176.25	212.48	188.64	87.30	70.36	55.81	33.45	34.66	39.06	1415.34



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

15. Caudales simulados - Período 2021/2040

Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual
2021/22	0.04	0.16	0.19	1.84	0.45	0.33	0.38	0.24	0.19	0.12	0.08	0.07	0.34
2022/23	0.05	0.05	0.07	0.05	0.11	0.2	0.15	0.09	0.07	0.03	0.02	0.02	0.08
2023/24	0.31	0.73	2.54	0.6	0.43	0.31	0.31	0.23	0.17	0.12	0.09	0.05	0.49
2024/25	0.06	0.16	0.14	1.74	0.6	0.39	0.27	0.19	0.14	0.08	0.05	0.05	0.32
2025/26	0.04	0.06	0.08	0.08	0.76	0.31	0.22	0.16	0.13	0.1	0.07	0.1	0.18
2026/27	0.11	0.3	0.23	0.17	0.14	3.55	0.53	0.36	0.3	0.2	0.15	0.09	0.51
2027/28	1.37	1.01	0.5	1.77	1.66	0.71	0.49	0.35	0.24	0.19	0.12	0.18	0.72
2028/29	1.1	0.75	0.48	0.34	0.35	0.39	0.38	0.26	0.17	0.12	0.08	0.07	0.37
2029/30	1.12	0.68	0.94	0.54	0.71	0.58	0.41	0.28	0.21	0.14	0.1	0.08	0.48
2030/31	0.07	0.04	0.11	0.18	1.67	0.44	0.3	0.2	0.16	0.1	0.06	0.05	0.28
2031/32	0.37	0.21	0.18	0.14	0.26	0.19	0.56	0.27	0.2	0.12	0.09	0.09	0.22
2032/33	0.05	0.15	0.13	0.09	0.07	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.06
2033/34	0.01	0.02	0.04	0.03	0.07	0.05	0.35	0.19	0.11	0.09	0.06	0.03	0.09
2034/35	0.02	0.4	0.19	3.82	0.57	0.52	0.32	0.23	0.17	0.12	0.07	0.05	0.54
2035/36	1.65	0.5	0.38	0.29	3.22	1.38	0.67	0.46	0.32	0.22	0.17	0.1	0.78
2036/37	1.16	0.4	0.27	0.21	0.15	0.13	0.09	0.05	0.07	0.03	0.03	0.02	0.22
2037/38	0.02	0.23	0.19	0.13	0.09	0.51	0.26	0.24	0.21	0.14	0.11	0.07	0.18
2038/39	0.04	0.53	0.25	0.19	0.46	0.31	0.21	0.16	0.11	0.08	0.05	0.03	0.20
2039/40	0.02	2.25	0.95	0.49	0.34	2.63	0.58	0.39	0.28	0.19	0.12	0.1	0.70
2040/41	0.05	0.05	0.06	0.04	0.35	2.3	0.5	0.35	0.24	0.18	0.11	0.07	0.36
Caudal medio m³/s	0.38	0.43	0.40	0.64	0.62	0.76	0.35	0.24	0.18	0.12	0.08	0.07	0.36
Escorrentía mm	12.76	14.00	13.20	21.23	20.09	25.44	11.30	7.86	5.87	3.60	2.75	2.14	140.25
Aportación MMCA	1.03	1.12	1.06	1.71	1.61	2.04	0.91	0.63	0.46	0.29	0.22	0.17	11.26



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

16. Evapotranspiración Real Período 2021 al 2040

Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual
2021	98.86	109.87	98.59	114.71	114.75	88.77	92.69	80.22	31.59	0	1.5	82.54	914.09
2022	32.83	93.7	87.5	66.7	99.13	98.6	60.91	36.12	42.94	33.28	1.93	28.3	681.91
2023	132.43	92.66	134.92	107.58	49.53	81.57	83.51	86.91	71.27	7.73	32.14	18.71	898.95
2024	96.66	106.17	96.29	117.14	130.52	66.77	21.24	51.82	23.51	32.26	19.99	0.95	763.32
2025	95.11	77.8	93.13	94.53	102.13	105.18	71.42	77.33	75.97	13.88	10.4	106.54	923.41
2026	92.75	92.31	110.76	54.28	91.18	91.73	99.27	86.69	84.13	50.42	1.61	8.53	863.66
2027	135.07	136.03	114.95	107.78	114.43	105.12	59.82	49.88	69.91	35.91	18.34	113.62	1060.85
2028	139.1	125.79	106.89	69.28	99.01	102.54	94.89	40.14	37.84	47.78	31.05	0.29	894.61
2029	138.7	141.17	118.32	119.81	109.59	110.06	86.86	68.5	21.15	13.59	1.99	91.06	1020.81
2030	31.81	66.41	100.87	113.99	117.39	103.86	40.61	10.45	15.39	29.65	14.61	3.63	648.66
2031	132.99	97.26	92.22	76.75	99.05	92.21	86.72	91.73	34.42	31.98	16.5	96.42	948.24
2032	30.63	99.59	100.89	73.87	34.34	67.86	23.27	37.05	74.53	28.7	10.4	7.66	588.77
2033	31.51	93.76	85	66.33	99.78	81.1	89.64	79.44	15.41	0	10.23	17.53	669.71
2034	36.68	122.51	96.19	107.32	108.64	94.81	61.68	65.07	61.61	22.41	4.01	3.35	784.28
2035	136.6	135.52	104.6	95.21	108.93	110.2	100.27	51.88	33.53	45.93	15.14	22.14	959.93
2036	136.05	123.07	67.38	94.75	74.4	85.12	49.83	48.83	76.95	37.25	17.23	26.26	837.12
2037	93.21	97.23	103.17	57.11	87.41	90.53	88.41	87.44	83.65	44.44	7.03	0.23	839.85
2038	35.43	116.98	104.21	89.97	98.18	106.19	72.01	17.38	41.8	21.43	1.93	16.81	722.3
2039	72.81	120.73	123.27	124.46	78.32	91.72	97.83	83.51	54.85	43.58	4.4	2.3	897.78
2040	33.76	81.25	84.41	41.27	113.3	104.29	102.9	37.8	37.55	0.09	16.36	39.89	692.87
Media (mm)	86.65	106.49	101.18	89.64	96.50	93.91	74.19	59.41	49.40	27.02	11.84	34.34	830.56



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

17. Caudales simulados -Período 2041/2060

Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual
2041/42	0.1	0.35	0.52	0.32	0.22	0.58	1	0.44	0.3	0.21	0.15	0.1	0.36
2042/43	0.58	0.62	0.41	0.4	3.07	4.49	0.9	0.64	0.41	0.29	0.22	0.15	1.02
2043/44	1.31	0.63	0.46	0.31	0.95	6.1	0.79	0.58	0.41	0.28	0.2	0.13	1.01
2044/45	0.99	0.26	0.2	0.18	0.13	0.48	0.26	0.17	0.13	0.06	0.05	0.04	0.25
2045/46	0.09	0.24	0.22	0.15	0.42	0.23	0.17	0.1	0.09	0.05	0.05	0.02	0.15
2046/47	0.08	0.26	0.17	0.13	1.58	3.78	0.72	0.49	0.33	0.22	0.16	0.2	0.68
2047/48	0.04	0.12	0.09	0.06	0.34	0.31	0.2	0.15	0.09	0.07	0.05	0.02	0.13
2048/49	0.16	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0.02
2049/50	0.02	0.61	1.06	0.42	0.53	0.42	1.12	0.45	0.31	0.21	0.16	0.1	0.45
2050/51	0.08	0.09	0.09	0.07	0.09	1.52	0.51	0.34	0.24	0.17	0.11	0.07	0.28
2051/52	0.08	0.12	0.12	1.22	0.36	0.64	0.34	0.25	0.18	0.12	0.07	0.05	0.30
2052/53	0.05	0.39	0.25	0.18	0.46	0.24	0.17	0.12	0.09	0.06	0.05	0.03	0.17
2053/54	0.05	0.04	0.1	3.64	1.29	5.54	2.36	1.01	0.69	0.49	0.31	0.23	1.31
2054/55	0.02	0.22	0.69	0.35	0.38	1.1	0.49	0.35	0.27	0.2	0.14	0.16	0.36
2055/56	0.15	0.18	0.17	0.21	0.14	0.1	0.09	0.07	0.03	0.03	0.02	0.01	0.10
2056/57	0.14	0.35	0.19	0.25	0.18	0.46	0.25	0.17	0.12	0.08	0.06	0.04	0.19
2057/58	0.01	0.01	0.04	0.04	1.71	0.39	0.27	0.18	0.13	0.08	0.06	0.04	0.25
2058/59	0.02	0.02	0.04	0.03	0.12	0.55	0.26	0.18	0.13	0.08	0.05	0.04	0.13
2059/60	0.03	0.25	0.26	0.42	0.77	1.57	0.64	0.34	0.24	0.16	0.11	0.09	0.41
Caudal medio m³/s	0.21	0.25	0.27	0.44	0.67	1.50	0.56	0.32	0.22	0.15	0.11	0.08	0.40
Escorrentía mm	7.02	8.11	8.95	14.72	21.65	50.00	17.90	10.60	7.36	4.53	3.55	2.57	156.96
Aportación MMCA	0.56	0.65	0.72	1.18	1.74	4.02	1.44	0.85	0.57	0.36	0.29	0.21	12.60



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

18. Evapotranspiración Real Período 2041 al 2060

Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual
2041	105.10	106.32	90.33	50.64	106.05	108.06	97.97	105.56	50.74	7.13	44.59	34.53	907.00
2042	138.90	113.70	107.97	64.55	75.24	88.79	94.09	98.17	71.63	10.27	26.61	19.21	909.14
2043	132.75	144.29	100.67	108.79	115.97	107.55	93.88	98.49	29.67	39.20	62.13	28.13	1061.51
2044	136.25	139.67	106.86	54.61	109.03	109.12	102.90	92.73	43.85	5.30	1.29	1.88	903.48
2045	30.89	116.85	105.46	97.13	53.19	92.18	83.23	63.02	22.68	16.06	15.90	3.71	700.30
2046	106.49	111.83	100.00	51.37	106.47	88.22	47.62	70.30	17.49	32.11	6.20	0.73	738.82
2047	101.05	121.39	63.21	91.87	102.93	111.98	103.60	33.21	14.06	12.21	36.74	115.13	907.38
2048	28.93	83.83	64.27	73.99	110.18	108.51	65.89	62.64	13.94	12.41	12.43	8.84	645.84
2049	32.50	84.44	39.96	46.84	36.96	79.21	26.16	49.44	24.44	25.64	62.12	3.51	511.21
2050	112.07	114.98	128.54	96.94	108.99	102.57	96.65	90.43	30.18	40.06	35.74	3.20	960.34
2051	30.98	101.20	88.96	43.32	95.16	93.48	92.89	71.22	16.56	17.90	63.79	4.50	719.95
2052	86.63	108.78	95.26	111.75	96.95	95.02	86.56	68.59	19.76	8.74	3.33	4.01	785.37
2053	79.54	115.58	113.64	87.81	116.15	46.46	39.86	50.42	72.87	61.24	10.39	16.01	809.95
2054	37.53	85.82	99.09	125.04	120.15	108.55	100.41	107.46	90.10	34.41	2.35	1.03	911.94
2055	22.45	111.27	96.86	117.64	114.83	98.66	95.26	91.02	82.96	10.45	13.38	110.60	965.38
2056	93.27	111.18	91.07	108.99	79.50	84.44	28.44	54.76	14.06	0.00	14.89	28.08	708.66
2057	33.09	114.87	100.15	107.14	53.37	87.29	78.25	62.83	48.04	60.02	22.90	24.00	791.94
2058	19.00	38.15	95.52	38.14	101.15	104.81	62.87	41.61	22.59	32.23	60.97	19.43	636.45
2059	78.11	50.33	90.44	41.61	98.72	100.75	84.84	70.17	15.36	22.63	0.28	3.51	656.72
Media (mm)	73.97	103.92	93.59	79.90	94.79	95.56	77.97	72.74	36.89	23.58	26.11	22.63	801.65



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

19. Fuentes hidrogeológicas del inventario total de la Cuenca del Río Dipilto

ID	TIPO	X	Y	Z (msnm)	LOCALIZACION	PROPIETARIO
1	MN	548001	1525259	1290	Cambalache/Las Manos, Finca Bella Aurora # 1	Joaquín Lovo
2	MN	551048	1518606	1088	B° Germán Pomares	Armando Peralta
3	MN	547126	1523505	1279	Buenos Aires (Finca Cipres) # 1	Isacio Albir
4	MN	547134	1523416	1305	Buenos Aires (Finca Cipres) # 2	Isacio Albir
5	MN	548270	1525305	1427	Cambalache/Las manos, Finca Bella Aurora # 2	Joaquín Lovo
6	MN	547805	1525824	1469	Cambalache/Proyecto Las Manos	
7	MN	552080	1516940	1315	Cerro El Sanete	Alcaldía
8	MN	547493	1521931	1288	Comunidad Ojo de Agua/Embalse Ojo de Agua	Ramón Díaz/CAPS Regalo de Dios
9	MN	554218	1522290	1421	Dipilto Nuevo # 1	Noel Zambrana
10	MN	553295	1522169	1310	Dipilto Nuevo # 2	Dipilto Nuevo
11	MN	553143	1519794	1018	Dipilto Viejo # 1	
12	MN	553104	1519845	1039	Dipilto Viejo # 2	Comunal
13	MN	554332	1522558	1230	Dipilto Viejo/Las Nubes	Finca González
14	MN	547405	1525438	1185	Finca Ecdomilia	Isacio Albir
15	MN	547906	1525557	1316	El Cambalache	Nemesio Galo
16	MN	554296	1519439	1347	El Cimarrón	MARENA/Coop Flor de Pino
17	MN	552015	1523093	1297	El Naranjo # 1	Holman Izaguirre
18	MN	551808	1523198	1219	El Naranjo # 2	Valentín Gómez López
19	MN	546476	1524383	1281	El Triángulo # 1	Eradio Agurcia
20	MN	546415	1524457	1276	El Triángulo # 2	Rosalina López
21	MN	554663	1521096	1363	El Volcán # 1	Mercedes Alvarado Osegueda
22	MN	555114	1520128	1394	El Volcán # 2	Guillermo Montenegro
23	MN	554025	1520150	1183	El Volcán/El Trigal	María de Los Angeles Marín Jarquín
24	MN	554561	1521642	1401	El Volcán/Finca San Ramón	Donald Efraín Roque López
25	MN	550119	1522900	1041	Finca Argentina /Laguna 1	Roger Peralta Mantilla
26	MN	555174	1520291	1325	Finca El Progreso/Comarca El Volcán	Noel Talavera Aráuz
27	MN	549408	1525162	1262	Finca La Fuente # 1	Leana Lovo de Vidaurre
28	MN	549436	1525511	1260	Finca La Fuente # 2	Leana Lovo de Vidaurre
29	MN	549386	1525243	1259	Finca La Fuente # 3	Leana Lovo de Vidaurre
30	MN	549391	1525187	1257	Finca La Fuente # 4	Leana Lovo de Vidaurre

MN: Manantiales



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Continuación

ID	TIPO	X	Y	Z (msnm)	LOCALIZACION	PROPIETARIO
31	MN	553349	1521855	1221	Finca Las Brumas	Dipilto Nuevo
32	MN	548139	1521880	1174	Finca Los Laureles/Loma Fría # 1	José Orlando López
33	MN	548103	1521717	1200	Finca Los Laureles/Loma Fría # 2	José Orlando López
34	MN	550891	1523911	1140	Finca San Isidro	Luis Felipe Mantilla
35	MN	554561	1521642	920	Finca San Martín	Barrio San Martín
36	MN	554136	1522080	1356	Finca San Ramón	Donald Efraín Roque López
37	MN	550995	1523559	1205	La Laguna 1/Comunal	Comunal
38	MN	554804	1523197	830	La Laguna 1	La Laguna 1/ El Naranjo
39	MN	551410	1523143	1285	La Laguna 2/Hacienda La Virgen	Pastor Midence
40	MN	552442	1522468	1120	La Laguna 2/El Chaguite	Rigo Romero
41	MN	551429	1522541	1200	La Laguna # 2	(Coop. Los Gámez)
42	MN	552590	1522525	1332	La Tablazón # 1	Fuente Marcos Tulio (Roberto Maldonado)
43	MN	544776	1521118	1375	La Tablazón # 2	Roger Marín
44	MN	551334	1523290	1317	Laguna #2	Roger López
45	MN	550915	1523980	1255	Las Brumas	Santos Rodríguez
46	MN	546349	1524525	1261	Las Manos # 1	Héctor Emilio Fuentes
47	MN	546299	1524461	1299	Las Manos # 2	Reyna Jiménez
48	MN	548724	1525008	1402	Las Manos # 3	Eudoro Guillén
49	MN	547330	1523423	1221	Las Manos, Finca Cipres # 1	Isacio Albir
50	MN	547348	1523388	1230	Las Manos, Finca Cipres # 2	Isacio Albir
51	MN	554003	1521920	1312	Las Nubes	Donald Roque López
52	MN	552831	1522864	1389	Las Nubes, Finca Las Nubes	Carlos Alberto Bendaña Ruíz
53	MN	547816	1521711	1311	Loma Fría	Elmer López
54	MN	549206	1519957	1240	Loma Fría/Finca Los Cipreses	Emilio Gutierrez Quintanilla
55	MN	547819	15217709	1207	Loma Fría/Finca Los Laureles	José Orlando López
56	MN	548562	1524155	1189	Los Planes Dipilto/Casa Blanca	Sergio Noe Ortiz
57	MN	547945	1522425	1318	Los Planes/Sector #1	Justo Pastor Montesino
58	MN	549080	1524472	1367	Los Planes/Sector # 2	Mario Lovo Gutiérrez
59	MN	547546	1524515	1264	Proyecto Las Manos # 1	Comunal
60	MN	547553	1524393	1195	Proyecto Las Manos # 2	Luis Antonio López López

MN: Manantiales



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

Continuación

ID	TIPO	X	Y	Z (msnm)	LOCALIZACION	PROPIETARIO
61	MN	552832	1521770	1218	Tablazón/Finca El Amparo # 1	José Ramón Castellano Rodríguez
62	MN	552856	1521768	1205	Tablazón/Finca El Amparo # 2	José Ramón Castellano Rodríguez
1	PE	553021	1517695	876	Finca Alto Pino/Barrio Germán Pomares Ordóñez	Carlos Danilo Paguada Gómez
2	PE	552988	1518030	865	Finca La Esperanza/Barrio Germán Pomares Ordóñez	Marcio Alberto Marín
3	PE	551518	1516348	1168	Coquimba/Finca San Martín	Orlando López
4	PE	552803	1516956	884	Barrio San Agustín	Ariel Alfonso López Sevilla
5	PE	567535	1524123	1150	Proyecto Las Manos	Comunal
6	PE	547533	1524350	1182	Proyecto Las Manos	Comunal
7	PE	546596	1524630	1200	Las Manos	Francisco López

MN: Manantiales, PE: Pozos Excavados

20. Niveles Estáticos del Agua en Pozos excavados.

ID	TIPO	X	Y	Z (msnm)	LOCALIZACION	PROPIETARIO	NEA						
							nov-16	mar-17	nov-17	oct-18	nov-18	abr-19	jun-19
1	PE	553021	1517695	876	Finca Alto Pino/Barrio Germán Pomares Ordóñez	Carlos Danilo Paguada Gómez	5.03	1.91	2.48	3.31	1.44	8.66	
2	PE	552988	1518030	865	Finca La Esperanza/Barrio Germán Pomares Ordóñez	Marcio Alberto Marín		6.13	3.73	6.00	4.67	6.04	
3	PE	551518	1516348	1168	Coquimba/Finca San Martín	Orlando López	0.65	0.40	0.15	0.42	0.00		
4	PE	552803	1516956	884	Barrio San Agustín	Ariel Alfonso López Sevilla		10.08			0.81		
5	PE	567535	1524123	1150	Proyecto Las Manos	Comunal		1.80	1.66	1.00		4.08	6.36
6	PE	547533	1524350	1182	Proyecto Las Manos	Comunal		1.27	1.34	1.47			3.14
7	PE	546596	1524630	1200	Las Manos	Francisco López			1.78	1.84			1.53

PE: Pozos Excavados, NEA: Niveles Estáticos del Agua



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

21. Extracciones en los manantiales en m³/d

ID	Tipo	Localización	Propietario	Comunidad beneficiada	Cantidad de personas	Consumo	Extracción en m ³ /d	Uso
1	MN	Cambalache/Las Manos, Finca Bella Aurora # 1	Joaquín Lovo	Finca Bella Aurora	5	95 litros al día	0.48	D/I
2	MN	B° Germán Pomares	Armando Peralta	Barrio Germán Pomares	150	95 litros al día	14.25	P/D
3	MN	Buenos Aires (Finca Cipres) # 1	Isacio Albir	Finca Buenos Aires	15	95 litros al día	1.43	P/D
4	MN	Buenos Aires (Finca Cipres) # 2	Isacio Albir	Finca Buenos Aires	5	95 litros al día	0.48	P/D
5	MN	Cambalache/Las manos, Finca Bella Aurora # 2	Joaquín Lovo	Finca Bella Aurora	5	95 litros al día	0.48	P/D
6	MN	Cambalache/Proyecto Las Manos		Proyecto Las Manos	575	95 litros al día	54.41	P/D
7	MN	Cerro El Sanete	Alcaldía	Barrio San Agustín	230	95 litros al día	206.76	P/D
8	MN	Comunidad Ojo de Agua/Embalse Ojo de Agua	Ramón Díaz/CAPS Regalo de Dios	Ojo de Agua	230	95 litros al día	21.85	P/D/I
9	MN	Dipilto Nuevo # 1	Noel Zambrana	Dipilto Nuevo	560	95 litros al día	53.20	P/D
10	MN	Dipilto Nuevo # 2	Dipilto Nuevo					P/D
11	MN	Dipilto Viejo # 1						Sin uso
12	MN	Dipilto Viejo # 2	Comunal					P/D
13	MN	Dipilto Viejo/Las Nubes	Finca González		170	95 litros al día	16.15	P/D
14	MN	Finca Ecodomilia	Isacio Albir	Proyectos Las Manos	180	95 litros al día	17.10	P/D
15	MN	El Cambalache	Nemesio Galo		240	95 litros al día	22.80	P/I
16	MN	El Cimarrón	MARENA/Coop Flor de Pino	Dipilto Viejo	1415	95 litros al día	508.80	P/D
17	MN	El Naranjo # 1	Holman Izaguirre		124	95 litros al día	11.78	P/D
18	MN	El Naranjo # 2	Valentín Gómez López					P/D
19	MN	El Triángulo # 1	Eradio Agurcia	Casa del Señor Eradio Agurcia	5	95 litros al día	0.48	P/D/I
20	MN	El Triángulo # 2	Rosalina López	Casa de la Señora Rosalina López	5	95 litros al día	0.48	P/D/I
21	MN	El Volcán # 1	Mercedes Alvarado Osegueda	El Volcán	320	95 litros al día	30.40	P/D
22	MN	El Volcán # 2	Guillermo Montenegro					P/D
23	MN	El Volcán/El Trigal	María de Los Angeles Marín Jarquín	El Volcán	225	95 litros al día	21.38	P/D/I
24	MN	El Volcán/Finca San Ramón	Donald Efraín Roque López	Finca San Ramón	5	95 litros al día	0.48	P/D/I
25	MN	Finca Argentina /Laguna 1	Roger Peralta Mantilla	Finca La Argentina	5	95 litros al día	0.48	P/D/A/I
26	MN	Finca El Progreso/Comarca El Volcán	Noel Talavera Aráuz	Finca El Progreso	10	95 litros al día	0.95	D/I/R
27	MN	Finca La Fuente # 1	Leana Lovo de Vidaurre	Finca La Fuente	5	95 litros al día	1.80	D/I
28	MN	Finca La Fuente # 2	Leana Lovo de Vidaurre					D
29	MN	Finca La Fuente # 3	Leana Lovo de Vidaurre					P/D
30	MN	Finca La Fuente # 4	Leana Lovo de Vidaurre					P/D

MN: Manantial, P: Potable, D: Doméstico, I: Industrial, R: Riego, A: Agropecuario, G: Ganadería



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Continuación

ID	Tipo	Localización	Propietario	Comunidad Beneficiada	Cantidad de Personas	Consumo	Extracción en m³/d	Uso
31	MN	Finca Las Brumas	Dipilto Nuevo					P/D
32	MN	Finca Los Laureles/Loma Fría # 1	José Orlando López					D/G
33	MN	Finca Los Laureles/Loma Fría # 2	José Orlando López					D
34	MN	Finca San Isidro	Luis Felipe Mantilla	Finca San Isidro	5	95 litros al día	1.80	P/D/I/R
35	MN	Finca San Martín	Barrio San Martín		230	95 litros al día	21.85	P/D
36	MN	Finca San Ramón	Donald Efraín Roque López					P/D
37	MN	La Laguna 1/Comunal	Comunal					P/D
38	MN	La Laguna 1	La Laguna 1/ El Naranjo					P/D
39	MN	La Laguna 2/Hacienda La Virgen	Pastor Midence	Hacienda La Virgen	10	95 litros al día	0.95	P/D
40	MN	La Laguna 2/El Chaguite	Rigo Romero		430	95 litros al día	40.85	P/D
41	MN	La Laguna # 2	(Coop. Los Gámez)					P/D
42	MN	La Tablazón # 1	Fuente Marcos Tulio (Roberto Maldonado)	La Tablazón	280	95 litros al día	26.60	P/D
43	MN	La Tablazón # 2	Roger Marín					P/D
44	MN	Laguna #2	Roger López					P/D
45	MN	Las Brumas	Santos Rodríguez					P/D
46	MN	Las Manos # 1	Héctor Emilio Fuentes	Casa del Señor Héctor Emilio Fuentes	5	95 litros al día	0.48	P/D/I
47	MN	Las Manos # 2	Reyna Jiménez	5 casas de familiares de la Señora Reyna Jiménez	25	95 litros al día	2.38	P/D
48	MN	Las Manos # 3	Eudoro Guillén					P/D
49	MN	Las Manos, Finca Cipres # 1	Isacio Albir	Finca Cipres	5	95 litros al día	0.48	P/D
50	MN	Las Manos, Finca Cipres # 2	Isacio Albir	Finca Cipres	5	95 litros al día	0.48	P/D
51	MN	Las Nubes	Donald Roque López	Barrio Solidaridad	170	95 litros al día	16.15	P/D
52	MN	Las Nubes, Finca Las Nubes	Carlos Alberto Bendaña Ruíz					P/D
53	MN	Loma Fría	Elmer López	Loma Fría	525	95 litros al día	49.88	P/D
54	MN	Loma Fría/Finca Los Cipreses	Emilio Gutierrez Quintanilla	Finca Los Cipreses	5	95 litros al día	0.48	P/D
55	MN	Loma Fría/Finca Los Laureles	José Orlando López					P/D/A/I
56	MN	Los Planes Dipilto/Casa Blanca	Sergio Noe Ortez	Finca Casa Blanca	5	95 litros al día	1.80	P/D/I
57	MN	Los Planes/Sector #1	Justo Pastor Montesino			95 litros al día	39.43	P/D
58	MN	Los Planes/Sector # 2	Mario Lovo Gutiérrez					P/D
59	MN	Proyecto Las Manos # 1	Comunal	Las Manos	250	95 litros al día	23.75	P/D
60	MN	Proyecto Las Manos # 2	Luis Antonio López López	Casa del Señor Luis López	15	95 litros al día	1.43	D

MN: Manantial, P: Potable, D: Doméstico, I: Industrial, R: Riego, A: Agropecuario, G: Ganadería



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Continuación

ID	Tipo	Localización	Propietario	Comunidad Beneficiada	Cantidad de Personas	Consumo	Extracción en m ³ /d	Uso
61	MN	Tablazón/Finca El Amparo # 1	José Ramón Castellano Rodríguez	Finca El Amparo	5	95 litros al día	0.48	D
62	MN	Tablazón/Finca El Amparo # 2	José Ramón Castellano Rodríguez	Finca El Amparo				D
1	PE	Finca Alto Pino/Barrio Germán Pomares Ordóñez	Carlos Danilo Paguada Gómez		10	95 litros al día	0.95	D
2	PE	Finca La Esperanza/Barrio Germán Pomares Ordóñez	Marcio Alberto Marín	Finca La Esperanza	4	95 litros al día	0.38	D/I/R
3	PE	Coquimba/Finca San Martín	Orlando López					
4	PE	Barrio San Agustín	Ariel Alfonso López Sevilla					
5	PE	Proyecto Las Manos	Comunal	Comunal	195	95 litros al día	18.53	P/D
6	PE	Proyecto Las Manos	Comunal					
7	PE	Las Manos	Francisco López			0.91 m x 1.74 m x 3.42 m		P/D

MN: Manantial, PE: Pozos Excavados, P: Potable, D: Doméstico, I: Industrial, R: Riego



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

22. Caudales en manantiales

MN: Manantial, P: Potable, D: Doméstico, I: Industrial, R: Riego, A: Agropecuario

ID	Tipo	Localización	Propietario	Uso	Aforo volumétrico m3/día								OBSERVACION
					nov-16	mar-17	nov-17	ago-18	sep-18	oct-18	abr-19	jun-19	
1	MN	Cambalache/Las Manos, Finca Bella Aurora # 1	Joaquín Lovo	D/I				327.02				46.72	
2	MN	B° Germán Pomares	Armando Peralta	P/D							240.00		
3	MN	Buenos Aires (Finca Cipres) # 1	Isacio Albir	P/D				46.72					
4	MN	Buenos Aires (Finca Cipres) # 2	Isacio Albir	P/D									Se midió dimensiones de la pila con 5.04 m3
5	MN	Cambalache/Las manos, Finca Bella Aurora # 2	Joaquín Lovo	P/D				65.40				15.57	
6	MN	Cambalache/Proyecto Las Manos		P/D	25.92						48.20	7.41	
7	MN	Cerro El Sanete	Alcaldía	P/D						81.76			
8	MN	Comunidad Ojo de Agua/Embalse Ojo de Agua	Ramón Díaz/CAPS Regalo de Dios	P/D/I									
9	MN	Dipilto Nuevo # 1	Noel Zambrana	P/D									
10	MN	Dipilto Nuevo # 2	Dipilto Nuevo	P/D						163.51	63.12		
11	MN	Dipilto Viejo # 1		Sin uso									
12	MN	Dipilto Viejo # 2	Comunal	P/D									
13	MN	Dipilto Viejo/Las Nubes	Finca González	P/D					327.02	307.35	74.30		
14	MN	Finca Ecdomilia	Isacio Albir	P/D	17.28			32.70					
15	MN	El Cambalache	Nemesio Galo	P/I				6.43	81.76				
16	MN	El Cimarrón	MARENA/Coop Flor de Pino	P/D						415.70			
17	MN	El Naranja # 1	Holman Izaguirre	P/D								93.59	
18	MN	El Naranja # 2	Valentín Gómez López	P/D								66.81	
19	MN	El Triángulo # 1	Eradio Agurcia	P/D/I								5.79	
20	MN	El Triángulo # 2	Rosalina López	P/D/I								34.82	Baja caudal en verano pero no se seca
21	MN	El Volcán # 1	Mercedes Alvarado Osegueda	P/D									
22	MN	El Volcán # 2	Guillermo Montenegro	P/D								79.11	
23	MN	El Volcán/El Trigo	María de Los Angeles Marín Jarquín	P/D/I	5.76	129.60		327.02		36.34	183.47	102.20	
24	MN	El Volcán/Finca San Ramón	Donald Efraín Roque López	P/D/I					1635.12				
25	MN	Finca Argentina /Laguna 1	Roger Peralta Mantilla	P/D/A/I	17.28			8.18					
26	MN	Finca El Progreso/Comarca El Volcán	Noel Talavera Aráuz	D/I/R	51.84		86.40		81.76				
27	MN	Finca La Fuente # 1	Leana Lovo de Vidaurre	D/I	10.80			81.76					40 manzanas de café, de 20 a 27 qq por mz. Para lavar el café se ocupa 1 barril al día
28	MN	Finca La Fuente # 2	Leana Lovo de Vidaurre	D	17.28		65.40	14.22					
29	MN	Finca La Fuente # 3	Leana Lovo de Vidaurre	P/D				29.73			128.51		
30	MN	Finca La Fuente # 4	Leana Lovo de Vidaurre	P/D		21.60		81.76					



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:

BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

Continuación

ID	Tipo	Localización	Propietario	Uso	Aforo volumétrico m3/día								OBSERVACION	
					nov-16	mar-17	nov-17	ago-18	sep-18	oct-18	abr-19	jun-19		
31	MN	Finca Las Brumas	Dipilto Nuevo	P/D				327.02						
32	MN	Finca Los Laureles/Loma Fría # 1	José Orlando López	D/G	2.40	2.40								
33	MN	Finca Los Laureles/Loma Fría # 2	José Orlando López	D	4.32									
34	MN	Finca San Isidro	Luis Felipe Mantilla	P/D/I/R	68.13		10.80	14.86				181.68		16 manzanas de café, de 20 a 27 qq por manzana. Para lavar el café se ocupa 1 barril al día
35	MN	Finca San Martín	Barrio San Martín	P/D					199.04	25.43		27.25		
36	MN	Finca San Ramón	Donald Efraín Roque López	P/D							192.91			
37	MN	La Laguna 1/Comunal	Comunal	P/D	12.34		14.40	9.62						
38	MN	La Laguna 1	La Laguna 1/ El Naranjo	P/D					63.56	81.76	87.21	54.50		
39	MN	La Laguna 2/Hacienda La Virgen	Pastor Midence	P/D	32.70		21.60	21.80			74.30			
40	MN	La Laguna 2/El Chaguite	Rigo Romero	P/D										
41	MN	La Laguna # 2	(Coop. Los Gámez)	P/D					38.46		28.76			
42	MN	La Tablazón # 1	Fuente Marcos Tulio (Roberto Maldonado)	P/D					95.62		308.86			
43	MN	La Tablazón # 2	Roger Marín	P/D							82.96			
44	MN	Laguna #2	Roger López	P/D							32.95			
45	MN	Las Brumas	Santos Rodríguez	P/D					661.99		163.93			
46	MN	Las Manos # 1	Héctor Emilio Fuentes	P/D/I										
47	MN	Las Manos # 2	Reyna Jiménez	P/D							173.25			Se midió las dimensiones de la pila con 1.46 m3
48	MN	Las Manos # 3	Eudoro Guillén	P/D							92.38			
49	MN	Las Manos, Finca Cipres # 1	Isacio Albir	P/D										Llenan pila de 1.75 m x 2.20 m x 5.10 m
50	MN	Las Manos, Finca Cipres # 2	Isacio Albir	P/D										
51	MN	Las Nubes	Donald Roque López	P/D						327.02				
52	MN	Las Nubes, Finca Las Nubes	Carlos Alberto Bendaña Ruíz	P/D										
53	MN	Loma Fría	Elmer López	P/D							13.95			
54	MN	Loma Fría/Finca Los Cipreses	Emilio Gutierrez Quintanilla	P/D										Dimensiones de la pila 2.17 m x 2.60 m x 0.40 m
55	MN	Loma Fría/Finca Los Laureles	José Orlando López	P/D/A/I										
56	MN	Los Planes Dipilto/Casa Blanca	Sergio Noe Ortez	P/D/I				29.73			553.34			90 manzanas de café, de 20 a 27 qq por mz. Para lavar el café se ocupa 1 barril al día



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25 09 2019

MN: Manantial, P: Potable, D: Doméstico, I: Industrial, R: Riego, A: Agropecuario, G: Ganadería

Continuación

ID	Tipo	Localizacion	Propietario	Uso	Aforo volumétrico m3/día							OBSERVACION	
					nov-16	mar-17	nov-17	Ago-18	sep-18	oct-18	abr-19		jun-19
57	MN	Los Planes/Sector #1	Justo Pastor Montesino	P/D									
58	MN	Los Planes/Sector # 2	Mario Lovo Gutiérrez	P/D							48.20		
59	MN	Proyecto Las Manos # 1	Comunal	P/D			81.75	81.76				27.25	
60	MN	Proyecto Las Manos # 2	Luis Antonio López López	D							41.04		No baja el nivel, dimensiones de la pila 2.30 m x 2 m x 0.70 m
61	MN	Tablazón/Finca El Amparo # 1	José Ramón Castellano Rodríguez	D				10.90		18.87	11.45	4.80	
62	MN	Tablazón/Finca El Amparo # 2	José Ramón Castellano Rodríguez	D				109.01		81.76	90.04	31.15	

MN: Manantial, P: Potable, D: Doméstico, I: Industrial, R: Riego



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

PERSONAL PARTICIPANTE

DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS HÍDRICOS

NOMBRE	CARGO	ATRIBUCIÓN
-Ing. Reynaldo Castaño Gutiérrez.	Dir. General Recursos Hídricos	Coordinador del Recursos Hídricos
-Aldo Isidro Avilés.	Responsable de División de Proyectos	Planificación y Seguimiento del Estudio
-Ing. Silvia Martínez España (Q.E.P.D).	Dir. Especifico Hidrología Superficial.	Responsable de la componente Hidrológica
-Ing. Ramón Dávila López.	Dir. Especifico de Hidrogeología	Coordinación de Hidrogeología
-Ing. Ramón Gámez G.	Coordinador de Área Técnica	Responsable de Hidrometría
-Ing. Manuel Arriola Picado.	Coordinador de Área Técnica	Equipo Técnico de Estudio Subterráneo
-Ing. Irasema Kerr Pérez	Especialista en Hidrogeología	Equipo Técnico de Estudio Subterráneo
-Ing. Carlos Chevéz Novoa.	Especialista en Hidrogeología	Equipo Técnico de Estudio Subterráneo
-Ing. Rommel Ramírez.	Técnico en Hidrogeología	Equipo Técnico de Estudio Subterráneo
-Ing. Mario Martínez Cerrato	Especialista en Hidrogeología	Equipo Técnico de Estudio Subterráneo
-Ing. José Lenin Chavarría Cruz.	Especialista en Hidrología	Equipo Técnico del Estudio de la Cuenca
-Ing. Marlon Sirias Silva.	Especialista en Hidrología	Coordinador del Estudio Hidrológico Equipo Técnico del Estudio del geológico.
-Ing. Giselle Bellorín López.	Especialista en Hidrogeología	
-Ing. Marisol Aragón Zapata.	Especialista en Hidrología	Equipo Técnico del Estudio de la Cuenca
-Ing. Reyna Mendoza S.	Especialista en Hidrología.	Sistema de Información Hidrológica
-Ing. Martha Ríos.	Técnico Hidromensor	Aforador
-Ing. Milton Arceda	Técnico Hidromensor	Aforador



Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**ESTUDIO:
BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO DIPILTO**

DOCUMENTO FINAL

FECHA:

25

09

2019

-Ulises Gómez A.

Técnico Hidromensor

Aforador

-Ricardo González S.

Técnico Hidromensor

Aforador

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

NOMBRE

CARGO

ATRIBUCIÓN

- Ing. Marció Baca.

Dir. General de Meteorología
Dir. Cambio Climático y Climatología
Aplicada.

Coordinador de Meteorología
Responsable de la componente de
Clima

-Roger Vidal Hernández.

-María Antonieta

Martínez Vásquez.

Coordinadora Área Técnica
Dir. Cambio Climático y Climatología
Aplicada.

Coordinadora Técnica de la
componente Climática.
Responsable de la componente de
Clima

-Roger Vidal Hernández.

-William Pérez Barrios

Técnico A

Equipo Técnico de la componente
Climática.

-Manuel Prado Idiáquez.

Meteorólogo B

Equipo Técnico de la componente
Climática.