INFORME

ESTUDIO INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRANEO DE LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO BARRANCA Y LA SUBCUENCA DEL RÍO LA PAZ, ALAJUELA

LICITACIÓN ABREVIADA 2014LA-000067-PRI
UNIDAD DE HIDROGEOLOGÍA, UEN AMBIENTAL, AYA

2015

HIDROGEOTECNIA Ltda.
Tel.: (506) 2253-6867
Cédula Jurídica: 3-102-205691
San José, Costa Rica.
www.hidrogeotecnia.com

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo

AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS, ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN EL REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI

Yo, Annette Henchoz Castro

_____

N° Cédula: 1-0725-0409

_____

Dependencia: Gerencia General

_____

Autorizo como Sub Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) édula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la in lusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital, Catálogo en línea (OPAC) y la intranet institucional de la documentación incluida en la lista adjunta.

Se trata de estudios y documentos uyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: centrodoc@aya.go.cr **N° Teléfono**: 2242-5487

Annette

Firmado digitalmente por Annette Henchoz Castro
Fecha:

EQUIPO CONSULTOR

Ing. Hidrogeól. Federico Arellano Hartig, M.Sc.

Ing. Hidrogeól. Arturo Rodríguez Castillo M.Sc.

Geóg. Hidrogeól. Jorge Suárez Matarrita. M.Sc

Geól. Hidrogeól. María Gómez Tristán M.Sc

Ing. Agrícola Edwin Rafael Espinoza

Ing. Sukti Monge Morales

Geól. Dennis Sojo Rivera

Ing. Hidrogeól. Erick Orozco Orozco M.Sc.

Asistentes

Geóg. Susana Aguilar Brenes

Dibujo técnico:Joel Alvárez

Ing. Natalia Araya Monge

Ing. Pablo Delgado Camacho

Geóg. Edgar Hernández Somarriba

Ing. Jessica Monge Soto

Ing. Marco Pineda Gamboa

ÍNDICE

1 Introducción 22
1.1 Objetivos 22
1.1.1 Objetivo general 22
1.1.2 Objetivos específicos 23
1.2 Ubicación 24
2 Metodología 26
2.1 Metodología de etapa I. 26
2.2 Metodología de etapa II: 35
2.3 Metodología Etapa III: Análisis de Oferta – Demanda 36
3 Geología 37
3.1 Geología Regional 37
3.1.1 Grupo Aguacate 37
3.1.2 Flujo soldado,tobas líticas basales (Toba 1) 38
3.1.3 Tobas con biotitas y pómez (Tobas 2) 40
3.1.4 Lavas andesítico-basálticas (Formación Monteverde) 40
3.1.5 Tobas Alto Palomo (Tobas 3) 41
3.1.6 Depósitos coluvio aluviales 41
3.2 Geología Local 42
3.2.1 Tobas líticas basales (Toba 1) 42
3.2.2 Tobas con pómez y biotita (Toba 2) 45
3.2.3 Lavas Monteverde 46
3.2.4 Tobas Alto Palomo (Toba 3) 48
3.2.5 Depósitos Coluvio-aluviales 50
3.3 Geología Estructural 51
3.3.1 Geología estructural regional 51
3.3.2 Geología estructural local 52

Subcuenca del río La Paz 52

Cuenca Alta del río Barranca 52

3.4 Geomorfología 54

3.4.1 Aspectos geomorfológicos locales 54

4 Características de la tierra 61

4.1 Capacidad de uso de la tierra 61

4.2 Uso de la tierra 63

4.3 Divergencia de uso 65

5 Hidrología 67

5.1 Caracterización Morfométrica de las subcuencas hidrográficas 67

5.2 Subcuenca Río La Paz 67

5.2.1 Parámetros de forma 68

5.2.2 Coeficiente de compacidad 68

5.2.3 Factor de forma 69

5.2.4 Sistema de drenajes 70

5.2.5 Características del relieve 70

5.2.6 Análisis de elevaciones 71

5.2.7 Curva hipsométrica 72

5.2.8 Perfil del cauce principal 73

5.3 Subcuenca Río Barranca 74

5.3.1 Parámetros de forma 74

5.3.2 Factor de forma 75

5.3.3 Sistema de drenajes 76

5.3.4 Características del relieve 77

5.3.5 Análisis de elevaciones 77

5.3.6 Curva hipsométrica 78

5.3.7 Perfil del cauce principal 80
5.4 Región climática 80
5.5 Zonas de vida de Holdridge 83
5.5.1 Bosque Húmedo Montano Bajo 84
5.5.2 Bosque Húmedo Premontano (bh-P) 85
5.5.3 Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB) 85
5.5.4 Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-P) 86
5.5.5 Bosque Pluvial Montano Bajo 86
5.5.6 Bosque Pluvial Premontano 87
5.6 Precipitación 88
5.7 Evapotranspiración potencial 93
5.7.1 Biotemperatura 93
5.7.2 Variación de la temperatura mensual 95
5.7.3 Evapotranspiración potencial 96
5.8 Aforos 99
5.9 Balance Hídrico 103
5.9.1 Aforos nacientes 103
5.9.2 Balance hídrico de Suelos 103
6 Hidrogeología 141
6.1 Modelo conceptual hidrogeológico 141
6.1.1 Acuíferos 141
6.2 Análisis por naciente 150
6.3 Vulnerabilidad acuífera a la contaminación 200
6.4 Contaminación por agroquímicos 203
7 Balance de cuenca 209
7.1 Subcuenca La Paz 209
7.1.1 Demanda hídrica en la Subcuenca La Paz 209

7.1.2 Oferta hídrica en la Subcuenca La Paz 219

7.1.1 Balance de hídrico en la Subcuenca La Paz 225

7.2 Subcuenca Barranca 228

7.2.1 Demanda hídrica en la Subcuenca Barranca 228

7.2.2 Oferta hídrica en la Subcuenca Barranca 233

7.2.3 Balance del recurso hídrico en la Subcuenca Barranca 240

7.3 Balance del recurso hídrico - Subcuencas La Paz y Barranca 243

8 Conclusiones Etapa I 250

9 Informe de Nacientes 260

9.1 Introducción 260

9.2 Naciente 1. Bajo Zúñiga 260

9.2.1 Información general 260

9.2.2 Inspección estructural 262

9.2.3 Inspección sanitaria 262

9.2.4 Recomendaciones 263

9.3 Naciente 2. Bajo Zúñiga 264

9.3.1 Información general 264

9.3.2 Inspección estructural 266

9.3.3 Inspección sanitaria 266

9.3.4 Recomendaciones 267

9.4 Naciente 1. Los Ángeles Sur 268

9.4.1 Información general 268

9.4.2 Inspección estructural 269

9.4.3 Inspección sanitaria 269

9.4.4 Recomendaciones 271

9.5 Naciente 2. Los Ángeles 271

9.5.1 Información general 271
9.5.2 Inspección estructural 272
9.5.3 Inspección sanitaria 272
9.5.4 Recomendaciones 274
9.6 Naciente 3. Los Ángeles 274
9.6.1 Información general 274
9.6.2 Inspección estructural 275
9.6.3 Inspección sanitaria 275
9.6.4 Recomendaciones 276
9.7 Naciente 1. Volio 277
9.7.1 Información general 277
9.7.2 Inspección estructural 278
9.7.3 Inspección sanitaria 278
9.7.4 Recomendaciones 280
9.8 Naciente 2. Volio 281
9.8.1 Información general 281
9.8.2 Inspección estructural 282
9.8.3 Inspección sanitaria 282
9.8.4 Recomendaciones 283
9.9 Naciente 3. Volio 284
9.9.1 Información general 284
9.9.2 Inspección estructural 285
9.9.3 Inspección sanitaria 285
9.9.4 Recomendaciones 287
9.10 Naciente 4. Volio 287
9.10.1 Información general 287

9.10.2 Inspección estructural 288
9.10.3 Inspección sanitaria 289
9.10.4 Recomendaciones 290
10 Oferta y Demanda 291
10.1 Metodología para Análisis de Oferta – Demanda 291
10.1.1 Variación demográfica 291
10.1.1.2 Proyección lineal simple 292
10.1.2 Factor de hacinamiento 293
10.1.3 Población servida 293
10.1.4 Caudal de diseño o demanda 294
10.1.5 Consumo doméstico 295
10.1.6 Factor máximo diario 295
10.1.7 Agua no contabilizada (ANC) 295
10.1.8 Oferta del sistema 296
10.1.9 Comparación oferta contra demanda 296
10.2 ASADA Bajo Zúñiga 297
10.2.1 Sistema de presión 1. Bajo Zúñiga 298
10.2.2 Sistema de presión 2. Bajo Zúñiga 302
10.2.3 Reconocimiento de nuevas fuentes 304
10.2.4 Recomendaciones y conclusiones 309
10.2.5 Propuesta de implementación 311
10.3 ASADA Ángeles Sur 312
10.3.1 Sistema de presión 1. Ángeles Sur 312
10.3.2 Sistema de presión 2. Ángeles Sur 317
10.3.3 Reconocimiento de nuevas fuentes 320

10.3.4 Recomendaciones y conclusiones 328

10.3.5 Propuesta de implementación 331

10.4 ASADA Volio 333

10.4.1 Sistema de presión 1. Volio 333

10.4.2 Sistema de presión 2. Volio 338

10.4.3 Reconocimiento de nuevas fuentes 342

10.4.4 Recomendaciones y conclusiones 346

10.4.5 Propuesta de implementación 348

11 Bibliografía 349

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología a seguir. 26
Figura 2. Método para aforar 29
Figura 3. Variables utilizadas para la determinación del método GOD. 34
Figura 4. Vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación 35
Figura 5. Modelo para la determinación de la demanda actual y proyectada 36
Figura 6. Columna cronoestratigráfica subcuenca La Paz y parte alta cuenca Barranca .. 39
Figura 7. Afloramiento No. 3, donde se observan las tobas líticas (Toba 1) subyacidas por las tobas con pómez y biotitas (Toba 2). 43
Figura 8. Afloramiento No. 37, tobas basales líticas (Toba 1) arcillitificadas ubicado entre coordenadas 235836 latitud Norte – 487078 longitud Este 44
Figura 9. Tobas líticas con fracturas abiertas, margen izquierda naciente Los Angeles NacLA-3 45
Figura 10. Fracturas Secundarias en la Naciente Volio 4, Nav V-4 46
Figura 11. Lavas Monteverde, afloramiento No. 24, coordenadas 239807 N – 473852 E. 47
Figura 12.Afloramiento No. 50, ubicado entre las coordenadas 237150- 492809 49
Figura 13. Afloramiento No. 54, ubicado entre las coordenadas 239080- 495297 49
Figura 14. Afloramiento No. 20, ubicado entre las coordenadas 237067 - 477761 50
Figura 15. Contexto geotectónico de Costa Rica Tomado de Montero (2001). 51
Figura 16. Traza de falla ubicada en plaza de fútbol, poblado de Bajo Zúñiga 53
Figura 17. Unidad de laderas denudacionales con pendiente fuerte, parte alta subcuenca río La Paz 56
Figura 18. Clases de capacidad de uso de la tierra 61
Figura 19. Porcentaje de uso de la tierra 64
Figura 20. Porcentajes de la divergencia del uso de la tierra 66
Figura 21. Formas de subcuencas para diferentes índices de compacidad. 68
Figura 22. Modelo de elevación digital, subcuenca río La Paz 71
Figura 23. Curva hipsométrica, subcuenca río La Paz 72
Figura 24. Perfil del cauce principal, subcuenca del río La Paz 73
Figura 25. Formas de subcuencas para diferentes índices de compacidad. 75
Figura 26. Modelo de elevación digital, subcuenca río Barranca 78
Figura 27. Curva hipsométrica de la subcuenca Río Barranca 79

Figura 28. Perfil del cauce principal, subcuenca Río Barranca 80
Figura 29. Regiones climáticas 81
Figura 30. Diagrama para la clasificación de las zonas de vida del mundo 83
Figura 31. Precipitación media mensual 93
Figura 32. Variación mensual de la temperatura promedio en la estación Coop. Naranjo 96
Figura 33. Evapotranspiración potencial mensual 98
Figura 34. Gráfico de Registro histórico de aforos de 1999 al 2015 en el sitio de toma del AYA sobre el río Barranca debajo de la unión con el río la Paz 101
Figura 35: Perfil hidrogeológico AA-AA 142
Figura 36: Perfil hidrogeológico BB-BB´ 146
Figura 37: Perfil hidrogeológico CC-CC´ 148
Figura 38: Perfil hidrogeológico NacV-1, A-A 160
Figura 39. Tobas meteorizadas observadas en Naciente NacV-1 161
Figura 40.Estado captación NacV-1 161
Figura 41: Perfil hidrogeológico B-B, NacV-2 163
Figura 42. Tobas con presencia de líticos y pómez, NacV-2 164
Figura 43. Captación NacV-2 164
Figura 44: Perfil hidrogeológico C-C´, NacV-3 166
Figura 45. Vista de las tobas NacV-3, 238,068 N – 488,720 E 167
Figura 46. Vista de la captación NacV-3, 238,068 N – 488,720 E 168
Figura 47. Perfil hidrogeológico D-D´, NacV-4 169
Figura 48. Tobas en la margen derecha de la naciente, coordenadas 236,912 N – 486,431 E 170
Figura 49. Captación de NacV-4, 236,912 N – 486,431 E) 170
Figura 50: Perfil hidrogeologico E-E´, NacV-5 172
Figura 51. Vista de la naciente NacV-5, 236,745 N – 486,466 E 173
Figura 52. Perfil hidrogeológico Naciente E-E´, NacLa-1 181
Figura 53. Condiciones geológicas naciente NacLA-1, 237,490 N – 485,414 E 182
Figura 54. Captación de la naciente NacLA-1 183
Figura 55. Perfil hidrogeológico NacLA-2, G-G´ 185
Figura 56. Captación de la naciente NacLA-2, coordenadas 237,508 N – 485,434 E 186
Figura 57. Perfil hidrogeológico NacLA-3, H-H´ 188

Figura 58. Condiciones geológicas naciente NacLA-3, margen izquierda. Coordenadas: 236,990 N – 485,584 E 189
Figura 59. Captación de la naciente NacLA-3 189
Figura 60. Perfil hidrogeológico NacBZ-1 (I-I´) 198
Figura 61.Perfil hidrogeológico NacBZ-2, J-J 199
Figura 62. Precipitación efectiva mensual – Subcuenca La Paz 212
Figura 63. Coeficientes Kc para diversos estadíos del café – Subcuenca La Paz 215
Figura 64. Coeficientes Kc para diversos estadíos de la caña – Subcuenca La Paz 216
Figura 65. Coeficientes Kc para diversos estadíos del coliflor – Subcuenca La Paz 216
Figura 66. Coeficientes Kc para diversos estadíos de la lechuga – Subcuenca La Paz 217
Figura 67. Precipitación efectiva mensual – Subcuenca Barranca 230
Figura 68. Ubicación de la estación de aforo respecto a las subcuencas La Paz y Barranca 244
Figura 69. Componente del flujo "Caudal Mensual Característico" – Subcuencas La Paz y Barranca 245
Figura 70.Flujograma del cálculo del balance hídrico de ambas subcuencas en el sitio de toma AyA. 248
Figura 71.Esquema hidrológico en ambas subcuencas (Ríos La Paz y Barranca) 249
Figura 72. Captación de la naciente 1, Bajo Zúñiga 261
Figura 73. Sistema de tuberías de la naciente 1, Bajo Zúñiga 261
Figura 74. Estado de las cajas de inspección de la naciente 1, Bajo Zúñiga 262
Figura 75. Sistema de desvío de la escorrentía de naciente 1, Bajo Zúñiga 263
Figura 76. Captación de la naciente 2, Bajo Zúñiga 265
Figura 77. Sistema de tuberías de la naciente 2, Bajo Zúñiga 266
Figura 78. Uso del suelo alrededor de la naciente. 267
Figura 79. Captación de la naciente 1, Los Ángeles 268
Figura 80. Aforo de la naciente 1, Los Ángeles 269
Figura 81. Sistema de desvío de las aguas de escorrentía 270
Figura 82. Captación de la naciente 2, Los Ángeles 271
Figura 83. Aforo de la naciente 2, Los Ángeles 272
Figura 84. Tapa de inspección, naciente 2 Ángeles 273
Figura 85. Sistema de desvío de las aguas de escorrentía 273
Figura 86. Tapas de inspección de la naciente 3, Ángeles sur. 275

Figura 87. Fuentes de contaminación cerca de la naciente. 276
Figura 88. Captación de la naciente 1, Volio 277
Figura 89. Tapa de inspección, naciente 1 Volio 279
Figura 90. Losa de la captación, naciente 1 Volio 279
Figura 91.Captación de la naciente 2, Volio 281
Figura 92. Aforo nacientes 2 y 3, Volio 282
Figura 93. Problema en la captación de la naciente 2, Volio 283
Figura 94. Captación de la naciente 3, Volio 284
Figura 95. Grieta en rocas revestidas en concreto 285
Figura 96. Tapa de inspección de la naciente 3, Volio 286
Figura 97. Ubicación de la naciente con respecto al río 287
Figura 98. Captación de la naciente 4, Volio 288
Figura 99. Tapa de inspección y método de cloración 289
Figura 100. Modelo para la determinación de la demanda actual y proyectada. 291
Figura 101. Esquema del sistema completo, ASADA Bajo Zúñiga 297
Figura 102. Esquema del sistema de presión 1, ASADA Bajo Zúñiga 298
Figura 103. Proyección poblacional del distrito de Ángeles 299
Figura 104. Proyección de la demanda máxima diaria, sistema 1 ASADA Bajo Zúñiga 300
Figura 105. Oferta vs demanda del sistema 1, ASADA Bajo Zúñiga 301
Figura 106. Esquema del sistema de presión 2, ASADA Bajo Zúñiga 302
Figura 107. Proyección de la demanda máxima diaria del sistema 2, ASADA Bajo Zúñiga 303
Figura 108. Oferta vs demanda del sistema 2, ASADA Bajo Zúñiga 304
Figura 109 Estructura de captación Naciente 3 Nectandra. 305
Figura 110 Tanque de almacenamiento Naciente 3 Nectandra. 306
Figura 111 Agua proveniente de la Naciente 4. 307
Figura 112 Aforo de Naciente 4. 308
Figura 113 Proyecciones de oferta y demanda con adición de nacientes. 310
Figura 114. Esquema de los sistemas de presión de la ASADA Ángeles Sur 312
Figura 115. Proyección de la demanda máxima diaria del sistema 1, ASADA Ángeles Sur 315
Figura 116. Oferta vs demanda del sistema 1, ASADA Ángeles sur 316

Figura 117. Proyección de la demanda máxima diaria del sistema 2, ASADA Ángeles Sur 319
Figura 118. Oferta vs demanda del sistema 2, ASADA Ángeles sur 320
Figura 119 Uso del suelo cerca de Naciente Fabio Vargas. 321
Figura 120 Estructura de captación Naciente 3 Nectandra. 322
Figura 121 Brote de agua de Naciente Cascajal. 324
Figura 122 Aforo de Naciente Cascajal. 325
Figura 123 Estado Natural Naciente Villalobos. 326
Figura 124 Aforo de Naciente Villalobos 327
Figura 125 Oferta y demanda con Naciente Cascajal. 329
Figura 126. Esquema del sistema de presión 1, ASADA Volio 333
Figura 127. Proyección poblacional del distrito de Volio 334
Figura 128. Proyección de la demanda máxima diaria del sistema 1, ASADA Volio 336
Figura 129. Oferta vs demanda del sistema 1, ASADA Volio 337
Figura 130. Esquema del sistema de presión 2. ASADA Volio 338
Figura 131. Proyección de la demanda máxima diaria del sistema 2, ASADA Volio 340
Figura 132. Oferta vs demanda del sistema 2, ASADA Volio 341
Figura 133. Oferta vs demanda sistema 2 sin tanque de almacenamiento, ASADA Volio. 341
Figura 134 Uso del suelo cerca de la Naciente 5. 342
Figura 135 Aforo del "brazo 1" izquierda y “brazo 2” derecha naciente 5. 343
Figura 136 Vegetación en sitio de afloramiento. 343
Figura 137. Cultivos en zona de protección. 345
Figura 138 Vista panorámica Naciente 6. 345
Figura 139 Oferta y demanda incluyendo Naciente 5. 347

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Nacientes y ASADAS en estudio 25
Cuadro 2. Información de los satélites 63
Cuadro 3. Clasificación del uso del suelo – Subcuencas La Paz y Barranca (2015) 64
Cuadro 4. Matriz de correlación Uso vs Capacidad de Uso 66
Cuadro 5. Zonas de vida según Holdridge 84
Cuadro 6. Caracterización de las zonas de vida 88
Cuadro 7. Estaciones meteorológicas 89
Cuadro 8. Precipitación promedio mensual en el área de estudio 91
Cuadro 9. Precipitación media mensual ponderada por área de cada subcuenca (mm) .. 92
Cuadro 10. Biotemperatura en las subcuencas 94
Cuadro 11. Evapotranspiración potencial promedio mensual del área de estudio 97
Cuadro 12. Evapotranspiración potencial media mensual ponderada por área de cada subcuenca 98
Cuadro 13. Retención media mensual y total anual (Ret) de Tobas 3, Alto Palomo – Barranca (2015) 106
Cuadro 14. Retención media mensual y total anual (Ret) de Toba con pómez y biotita, Tobas 2 – Barranca (2015) 107
Cuadro 15. Retención media mensual y total anual (Ret) de Lavas Monteverde – Barranca (2015) 108
Cuadro 16. Retención media mensual y total anual (Ret) de Toba Lítica (Toba 1) – Barranca (2015) 109
Cuadro 17. Retención media mensual y total anual (Ret) de Lavas Monteverde – La Paz (2015) 110
Cuadro 18. Retención media mensual y total anual (Ret) de Depósitos Cuaternarios (Aluviones) – La Paz (2015) 111
Cuadro 19. Retención media mensual y total anual (Ret) de Toba Lítica (Toba 1) – La Paz (2015) 112
Cuadro 20. Retención media mensual y total anual (Ret) de Tobas con Pómez y Biotita (Toba 2) – La Paz (2015) 112
Cuadro 21. Coeficientes de infiltración según Schosinsky 114
Cuadro 22. Resultados de las pruebas de infiltración y análisis de suelos 117

Cuadro 23. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de Tobas Alto Palomo (Toba 3) – Barranca (2015) 120
Cuadro 24. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de Toba con pómez y biotita – Barranca (2015) 120
Cuadro 25. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de la unidad geológica 3 Monteverde – Barranca (2015) 121
Cuadro 26. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de la unidad geológica 4 Toba Lítica – Barranca (2015) 121
Cuadro 27. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de la unidad geológica 5 Monteverde – La Paz (2015) 122
Cuadro 28. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de la unidad geológica 6 Aluvión – La Paz (2015) 122
Cuadro 29. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de la unidad geológica 7 Toba Lítica – La Paz (2015) 123
Cuadro 30. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de la unidad geológica 8 Toba con Biotita – La Paz (2015) 123
Cuadro 31. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Alto Palomo (Toba 3) – Barranca (2015) 129
Cuadro 32. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Toba con pómez y biotita (Toba 2) – Barranca (2015) 129
Cuadro 33. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Lavas Monteverde – Barranca (2015) 130
Cuadro 34. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Toba lítica (Toba 1) – Barranca (2015) 130
Cuadro 35. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Lavas Monteverde - La Paz (2015) 131
Cuadro 36. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Depósitos Cuaternarios (Aluviones) - La Paz (2015) 131
Cuadro 37. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Toba lítica (Toba 1) - La Paz – Barranca (2015) 132
Cuadro 38. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Toba con pómez y biotita (Toba 2) - La Paz (2015) 132

Cuadro 39. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Tobas Alto Palomo (Toba 3) - Barranca (2015) 134
Cuadro 40. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Toba con pómez y biotita (Toba 2) - Barranca(2015) 135
Cuadro 41. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Lavas Monteverde - Barranca (2015) 135
Cuadro 42. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Toba lítica (Toba 1) – Barranca (2015) 136
Cuadro 43. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Lavas Monteverde - La Paz (2015) 136
Cuadro 44. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Depósitos Cuaternarios (Aluviones) - La Paz (2015) 137
Cuadro 45. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Toba lítica (Toba 1) - La Paz (2015) 137
Cuadro 46. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Toba con pómez y biotita (Toba 2) - La Paz (2015) 138
Cuadro 47. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) Subcuencas La Paz y Barranca 139
Cuadro 48: Pruebas de infiltración realizadas en campo para las nacientes Volio. 152
Cuadro 49: Tránsito de contaminantes en la zona no saturada (Volio) 152
Cuadro 50: Tránsito de contaminantes en la zona saturada (Volio) 153
Cuadro 51. Cálculo ecuación Darcy (Volio) 154
Cuadro 52. Parámetros hidrogeológicos (Acueducto Volio) 155
Cuadro 53. Cálculo de la zona de protección, Grubb (1993) 156
Cuadro 54. Cálculo de la zona de protección radio fijo 157
Cuadro 55: Cuadro resumen 157
Cuadro 56.Ficha técnica de naciente NacV-1 (436-N1) 159
Cuadro 57. Ficha técnica de naciente NacV-2 (436-N2) 162
Cuadro 58: Ficha técnica de naciente NacV-3 (436-N3) 165
Cuadro 59: Ficha técnica de naciente NacV-4 (436-N4) 168
Cuadro 60: Ficha técnica de naciente NacV-5 (436-N5) 171
Cuadro 61. Pruebas de infiltración realizadas en campo para las nacientes los Ängeles. 174

Cuadro 62.Tránsito de contaminantes en la zona no saturada (Angeles Sur) 174
Cuadro 63. Tránsito de contaminantes en la zona saturada (Los Angeles) 175
Cuadro 64. Cálculo ecuación Darcy (Los Angeles) 176
Cuadro 65. Parámetros hidrogeológicos (Acueducto Angeles Sur) 177
Cuadro 66. Cálculo de la zona de protección, Grubb (1993) 177
Cuadro 67. Cálculo de la zona de protección radio fijo 178
Cuadro 68. Cuadro resumen Asada Angeles Sur 178
Cuadro 69. Ficha técnica de naciente NacLA-1 (404-N1) 180
Cuadro 70. Ficha técnica de naciente LA-2 (404-N2) 184
Cuadro 71. Ficha técnica de naciente NacLA-3 (404-N3) 187
Cuadro 72. Pruebas de infiltración realizadas en campo para las nacientes Bajo Zúñiga. 191
Cuadro 73. Tránsito de contaminantes en la zona no saturada (Bajo Zúñiga) 191
Cuadro 74. Tránsito de contaminantes en la zona saturada (Bajo Zúñiga) 192
Cuadro 75. Cálculo ecuación Darcy (Bajo Zúñiga) 192
Cuadro 76. Parámetros hidrogeológicos (Bajo Zúñiga) 193
Cuadro 77. Cálculo de la zona de protección, Grubb (1993) 194
Cuadro 78. Cálculo de la zona radio fijo 194
Cuadro 79. Cuadro resumen 195
Cuadro 80. Ficha técnica de naciente BZ-1 (4498-N1) 196
Cuadro 81 Ficha técnica de naciente BZ-2 (4498-N2) 197
Cuadro 82 Vulnerabilidad en función de la contaminación acuífera (Foster 2001) 201
Cuadro 83. Parámetros de Vulnerabilidad a la contaminación acuífera según metodología GOD, subcuenca La Paz 202
Cuadro 84. Parámetros de Vulnerabilidad a la contaminación acuífera, parte alta cuenca Barranca 203
Cuadro 85. Parámetros químicos analizados 204
Cuadro 86. Área total cultivada – Subcuenca La Paz 210
Cuadro 87. Cédula de cultivos – Subcuenca La Paz 211
Cuadro 88. Eficiencia global de riego – Subcuenca La Paz 214
Cuadro 89. Coeficiente Kc global de algunos cultivos en Costa Rica 217
Cuadro 90. Demanda agrícola bruta y excedencias de riego – Subcuenca La Paz 218
Cuadro 91. Descarga del mes de marzo - Río La Paz 219

Cuadro 92. Régimen de explotación de pozos en el acuífero – Subcuenca La Paz 220
Cuadro 93. Régimen de explotación de nacientes en el acuífero – Subcuenca La Paz .. 221
Cuadro 94. Cálculo del flujo subterráneo formación Monteverde – Subcuenca La Paz . 222
Cuadro 95. Cálculo del flujo subterráneo formación Toba Lítica (Toba 3) – Subcuenca La Paz 222
Cuadro 96. Cálculo del flujo subterráneo formación Toba con Biotita (Toba 2) – Subcuenca La Paz 222
Cuadro 97. Régimen de Balance del recurso hídrico (2015) – Subcuenca La Paz 226
Cuadro 98. Área total cultivada – Subcuenca Barranca 228
Cuadro 99. Cédula de cultivos – Subcuenca Barranca 229
Cuadro 100. Eficiencia global de riego – Subcuenca Barranca 231
Cuadro 101. Demanda agrícola bruta y excedencias de riego – Subcuenca Barranca ... 232
Cuadro 102. Descarga del mes de marzo - Río Barranca 233
Cuadro 103. Régimen de explotación de pozos en el acuífero – Subcuenca Barranca .. 234
Cuadro 104. Régimen de explotación de nacientes en el acuífero – Subcuenca Barranca 235
Cuadro 105. Cálculo del flujo subterráneo formación lavas Monteverde – Subcuenca Barranca 235
Cuadro 106. Cálculo del flujo subterráneo formación Toba pomez con Biotita (Toba 2) – Subcuenca Barranca 236
Cuadro 107. Cálculo del flujo subterráneo formación Toba Lítica (Toba 1)– Subcuenca Barranca 236
Cuadro 108. Cálculo del flujo subterráneo formación Tobas Alto Palomo – Subcuenca Barranca 237
Cuadro 109. Régimen de Balance del recurso hídrico (2015) – Subcuenca Barranca 241
Cuadro 110. Aplicación del Método del "Caudal Mensual Característico" (m^3/s) 245
Cuadro 111. Resultados del Método del "Caudal Mensual Característico" (m^3/s) 245
Cuadro 112. Balance del recurso hídrico (2015) – Subcuencas La Paz y Barranca 246
Cuadro 113. Consumos equivalentes para diferentes tipos de previstas 294
Cuadro 114. Demanda actual del sistema 1, ASADA Bajo Zúñiga 300
Cuadro 115. Demanda actual del sistema 2, ASADA Bajo Zúñiga 303
Cuadro 116 Parámetros incumplidos Naciente 3 Nectandra. 306
Cuadro 117 Parámetros incumplidos Naciente 4. 308

Cuadro 118. Servicios equivalentes del sistema 1, ASADA Ángeles Sur 313
Cuadro 119. Registro del consumo por mes del sistema 1, ASADA Ángeles Sur. 314
Cuadro 120. Demanda actual del sistema 1, ASADA Ángeles Sur 314
Cuadro 121. Servicios equivalentes del sistema 2, ASADA Ángeles sur 317
Cuadro 122. Registro de mediciones de la ASADA 318
Cuadro 123. Demanda actual del sistema 2, ASADA Ángeles sur 318
Cuadro 124 Parámetros incumplidos Naciente Fabio Vargas. 323
Cuadro 125 Parámetros incumplidos Naciente Cascajal. 325
Cuadro 126 Parámetros incumplidos Naciente Villalobos. 327
Cuadro 127 Volúmenes de incendio según AyA. 331
Cuadro 128 Volúmenes de almacenamiento ASADA Ángeles Sur 331
Cuadro 129. Registro del consumo por mes del sistema 1, ASADA Volio 335
Cuadro 130. Demanda actual del sistema 1, ASADA Volio 335
Cuadro 131. Registro del consumo por mes del sistema 2, ASADA Volio 339
Cuadro 132. Demanda actual del sistema 2, ASADA Volio 339
Cuadro 133 Parámetros incumplidos Naciente 5. 344

ÍNDICE DE MAPAS

	Entre páginas
Mapa 1. Ubicación de área de estudio	24-25
Mapa 2. Afloramientos	42-43
Mapa 3. Geología Local	42-43
Mapa 4. Geomorfología	54-55
Mapa 5. Capacidad de uso de la tierra	61-62
Mapa 6. Uso de la tierra	64-65
Mapa 7. Divergencia de uso de la tierra	66-67
Mapa 8. Zonas de vida de Holdridge	84-85
Mapa 9. Ubicación estaciones meteorológicas de precipitación	89-90
Mapa 10. Precipitación promedio anual	90-91
Mapa 11. Biotemperatura anual	94-95
Mapa 12. Evapotranspiración potencial	99-100
Mapa 13. Aforos y Caudales (L/s) Río La Paz y Barranca	99-100
Mapa 14. Retención de lluvia	105-106
Mapa 15. Ubicación de Infiltraciones y muestreo de suelos	115-116
Mapa 16. Escorrentía Superficial	119-120
Mapa 17. Evapotranspiración real anual	128-129
Mapa 18. Recarga Potencial anual	139-140
Mapa 19. Hidrogeología	149-150
Mapa 20. Zona de protección de la Naciente V-1, V-2 y V-3	158-159
Mapa 21. Zona de protección de la Naciente V-4 y V-5	158-159
Mapa 22. Zona de protección de la Naciente LA-1, LA-2 y LA-3	179-180
Mapa 23. Zona de protección de la Naciente BZ-1 y BZ-2	195-196
Mapa 24. Tipo de acuífero, metodología GOD.	201-202
Mapa 25. Cobertura de acuífero, metodología GOD.	201-202
Mapa 26. Profundida del nivel de agua subterránea, metodología GOD.	201-202
Mapa 27. Vulnerabilidad intrínseca, metodología GOD.	201-202
Mapa 28. Cálculo del flujo subterráneo (TIL), Subcuenca La Paz	224-225
Mapa 29. Cálculo del flujo subterráneo (TIL), Subcuenca La Paz	224-225
Mapa 30. Cálculo del flujo subterráneo (TIL), Subcuenca La Paz	224-225

Mapa 31. Cálculo del flujo subterráneo (TIL), Subcuenca Barranca 237-240
Mapa 32. Cálculo del flujo subterráneo (TIL), Subcuenca Barranca 237-240
Mapa 33. Cálculo del flujo subterráneo (TIL), Subcuenca Barranca 237-240
Mapa 34. Ubicación de naciente 3 Nectandra, Bajo Zúñiga. 304-305
Mapa 35. Ubicación de naciente 4, Bajo Zúñiga. 307-308
Mapa 36.Ubicación de naciente Fabio Vargas, Ángeles Sur. 320-321
Mapa 37. Ubicación de naciente Cascajal, Ángeles Sur. 323-324
Mapa 38. Ubicación de naciente Villalobos, Ángeles Sur. 326-327
Mapa 39.Ubicación de naciente 5, Volio. 342-343
Mapa 40. Ubicación de naciente 6, Volio. 345-346

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Afloramientos.

Anexo 2. Datos de satélites utilizados para uso del suelo y datos de temperatura.

Anexo 3. Aforos diferenciales para los ríos La Paz y Barranca

Anexo 4. Registros históricos de aforos en el sitio de toma del AyA en el río Barranca

Anexo 5. Infiltraciones

Anexo 6. Análisis de suelos - INTA

Anexo 7 Análisis gránulometrico – Geosoluciones

Anexo 8 Clasificación de suelos – Geosoluciones

Anexo 9 Listado de pozos con información y litologías de los Ríos La Paz y Barranca

Anexo 10 Porosidad – Geosoluciones

Anexo 11 Pruebas de contaminación por agroquímicos

Anexo 12 Análisis de laboratorio, oferta y demanda

Anexo 12.1 Análisis de laboratorio de naciente Nectandra, ASADA Bajo Zúñiga.

Anexo 12.2 Análisis de laboratorio de naciente 4, ASADA Bajo Zúñiga.

Anexo 12.3 Análisis de laboratorio de naciente Fabio Vargas, ASADA Los Ángeles Sur.

Anexo 12.4 Análisis de laboratorio de naciente Cascajal, ASADA Los Ángeles Sur.

Anexo 12.5 Análisis de laboratorio de naciente Villalobos, ASADA Los Ángeles Sur.

Anexo 12.6 Análisis de laboratorio de naciente 5, ASADA Volio.

Anexo 13 Balance hídrico de suelos con SIG

Anexo 14. Mapas de balance hídrico de suelos para las subcuencas Río La Paz y Barranca

Anexo 15. Descargas medias diarias del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

1 Introducción

El presente estudio corresponde a la contratación 2014LA-000067-PRI del Área de Hidrogeología del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AYA) en conjunto con el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) y corresponde al "ESTUDIO INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRANEO DE LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO BARRANCA Y LA SUBCUENCA DEL RÍO LA PAZ, ALAJUELA".

El Área de Hidrogeología del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y Unidad Ejecutora del BCIE-AYA, con una visión de sustentabilidad y en aras de proteger y dar un manejo adecuado del recurso hídrico en todas las ASADAS del país, ha solicitado el presente estudio a fin de caracterizar la parte alta de la cuenca del Río Barranca y la subcuenca del río La Paz; desde un punto de vista hidrogeológico e hidrológico, permitiendo contar con la línea base, como también para crear escenarios de explotación futura de los recursos hídricos subterráneos, facilitando una adecuada y eficiente gestión integral del recurso hídrico.

El presente estudio tendrá como principal objetivo la identificación de zonas de captura y zonas de protección de las nacientes que sirven de fuente para aprovechamiento del recurso hídrico por parte de entes operadores de abastecimiento de agua potable localizados en las subcuencas Barranca y La Paz, así como diagnosticar el estado actual de las captaciones, su inocuidad y la capacidad de abastecimiento de acuerdo con un balance hídrico entre la disponibilidad y la demanda, según términos de referencia establecidos según licitación abreviada 2014LA-000067-PRI.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

El objetivo principal del presente estudio es diagnosticar la disponibilidad de recurso hídrico, determinar a partir de las condiciones actuales del terreno y la sostenibilidad del recurso hídrico subterráneo, para el consumo humano de las comunidades en la subcuenca del río La Paz y la parte alta del río Barranca.

1.1.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos incluyen los siguientes

a) Cartografiar geológicamente del área de estudio

b) Caracterizar hidrogeológicamente la subcuenca del río La Paz y parte alta de la cuenca del río Barranca incluyendo recopilación de datos de pozos y nacientes existentes, estudio de suelos, pruebas de infiltración y aforos diferenciales.

c) Estimar las variables hidrometeorológicas de precipitación, temperatura y evapotranspiración.

d) Realizar un balance hídrico de suelos según metodología Schosinsky (2006) para determinar espacialmente las zonas de recarga.

e) Identificar y cartografiar el uso actual del suelo en las zonas de protección y de captura de las nacientes estudiadas.

f) Delimitar las zonas de protección, zonas de captura y cálculo de tiempos de tránsito para las 10 nacientes previamente seleccionadas por las ASADAS, las cuales se utilizan para el abastecimiento de agua potable para consumo humano.

g) Realizar un análisis de calidad de agua a partir de un muestreo físico-químico, bacteriológico y de plaguicidas de cada naciente.

h) Analizar cualitativamente el estado actual de las captaciones de cada una de las nacientes aprovechadas.

i) Determinar la disponibilidad de agua en las subcuenca del río La Paz y cuenca alta del río Barranca por medio de un balance hídrico de cuenca.

j) Estudiar el estado de cada una de las captaciones de las nacientes ubicadas en el Área de Influencia Directa (10 nacientes), enfocado en la caracterización de sus condiciones estructurales a nivel de obra civil y de sitio, para establecer un plan de mejoras y mantenimiento de las mismas.

k) Analizar la oferta y demanda hídrica de las tres ASADAS ubicadas en el Área de influencia Directa, para la parte alta de la cuenca del río Barranca y de la subcuenca del río La Paz en su estado actual y también con una proyección a 25

1.2 Ubicación

En el Mapa *1.* Ubicación de área de estudio se puede observar la ubicación de la zona de estudio, la misma que comprende un área de aproximadamente 35 km^2 para la subcuenca La Paz y 38,39 km^2 para la parte alta de la cuenca Barranca. Estas se encuentran ubicadas aproximadamente entre las coordenadas con proyección Lambert Norte, entre la Latitud 282,800 a 240,000 Norte y 470,200 a 499,000 Longitud Este de las hojas cartográficas Miramar, Naranjo, Quesada y San Lorenzo.

El área de estudio comprende el análisis de diez nacientes (ver Cuadro 1), las cuales incluyen las Nacientes 1, 2, 3,4, y 5 administradas por la Asociación Administradora del Acueducto de Volio que abastecen a su vez al poblado de Volio; las Nacientes Los Ángeles 1, 2 y 3, administradas por la Asociación Administradora del Acueductos de Ángeles Sur las cuales abastecen los poblados de Ángeles Sur y las nacientes 1 y 2 Bajo Zúñiga, administradas por la Asociación Administradora Bajo Zúñiga, brindando agua al poblado de Bajo Zúñiga.

Se aclara que los mapas del estudio se han realizado a escala 1:5000 según los geodatos del Plan de Regularización de Registro y Catastro, sin embargo, la escala de impresión puede variar por efectos prácticos del documento, los cuales se incluyen en tamaño reducido como una guía para el lector.

Cuadro 1. Nacientes y ASADAS en estudio

Código AYA	Código Estudio	Ente administrador	X	Y	Caudal (L/s)	Poblados abastecidos
404-N1	NacLA-1	Asociación Administradora del Acueducto de Ángeles Sur	485421	237491	0,36	Ángeles Sur
404-N2	NacLA-2	Asociación Administradora del Acueducto de Ángeles Sur	485433	237502	0,42	Ángeles Sur
404-N3	NacLA-3	Asociación Administradora del Acueducto de Ángeles Sur	485569	236987	5,12	Ángeles Sur
4498-N1	NacBz-1	Asociación Administradora del Acueducto de Bajo Zúñiga	481310	236788	5,89	Bajo Zúñiga
4498-N2	NacBz-2	Asociación Administradora del Acueducto de Bajo Zúñiga	482701	236084	0,54	Bajo Zúñiga
436-N1	NacV-1	Asociación Administradora del Acueducto de Volio	488491	237232	3,93	Volio
436-N2	NacV-2	Asociación Administradora del Acueducto de Volio	488597	237626	1,8	Volio
436-N3	NacV-3	Asociación Administradora del Acueducto de Volio	488689	238046	3,47	Volio
436-N4	NacV-4	Asociación Administradora del Acueducto de Volio	486438	236917	2,86	Volio
436-N5	NacV-5	Asociación Administradora del Acueducto de Volio	486462	236737	5,66	Volio

Fuente: Términos de Referencia, Area Funcional de Hidrogeología, UEN Ambiental AYA- BCIE 2014

2 Metodología

A continuación se hace una descripción general de la metodología utilizada en el proceso del presente estudio.

Figura 1 muestra un esquema de la metodología a seguir, la cual consiste en tres etapas: La etapa I corresponde al estudio hidrogeológico, Etapa II al estudio de las captaciones y la etapa III al cálculo de oferta y demanda hídrica por ASADA.

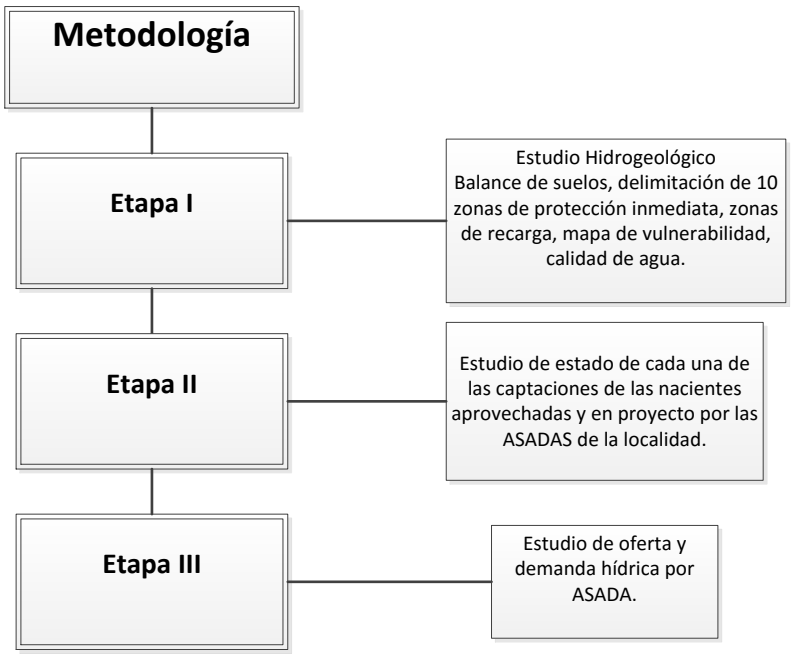


Figura 1. Metodología a seguir.

2.1 Metodología de etapa I.

Escala de trabajo

Para el presente estudio, se empleó una escala de aplicación de la información mínima de 1:5000. Como ejemplo la información de curvas de nivel presenta un nivel de detalle de las Cartas 2005, con una precisión de 1:5000, con las cuales se generó información base y el uso del suelo. Sin embargo para efectos de presentación en los mapas se están

generando los mismos con escalas entre 1:10 000 hasta 1:25 000, siendo ésta última la escala solicitada según Licitación LA-2014-000067.

Análisis geológico

Para el análisis geológico se utilizó lo establecido según términos de referencia contemplados en la licitación del presente estudio, con las siguientes condiciones:

- Cartografiado geológico del área, incluyendo ubicación de afloramientos observados en la zona de estudio y descripción geológica para cada naciente.
- Recopilación de la información de los registros de pozos y nacientes existentes en la zona de estudio.
- Información bibliográfica disponible.
- Perfiles geológicos de la zona de estudio.

Análisis de características geotécnicas y agronómicas.

Se realizó un muestreo para el análisis geotécnico en 40 puntos distintos, definidos de acuerdo con las unidades geológicas de ambas cuencas. Del total de los 40 muestreos realizados, se tomó para cada naciente una muestra a una distancia máxima de 1 m y otra muestra a una distancia aproximada de 100 m aguas arriba de cada fuente. Los restantes 20 muestreos fueron realizados como ya se indicó, en las distintas unidades geológicas ubicadas en la subcuenca río La Paz y la cuenca alta del río Barranca.

Las muestras obtenidas fueron llevadas a dos laboratorios (INTA y GEOSOLUCIONES CIVILES.SA), para el posterior análisis el cual incluyó la clasificación textural del suelo, capacidad de campo, punto de marchitez, densidad, contenidos de humedad, límites de consistencia, densidad aparente y porosidad. En cada sitio de muestreo de suelos se realizó la respectiva prueba de infiltración.

Pruebas de Infiltración

Se efectuaron 40 pruebas de infiltración en total, distribuidas según las distintas unidades geológicas encontradas en ambas cuencas, en los mismos sitios donde se tomaron las muestras de suelo.

Se utilizó el método de Porchet con previa saturación de 45 minutos a 60 minutos. El método Porchet consiste en realizar un agujero con un diámetro de 0,15 m en el suelo eliminando previamente la capa orgánica, a una profundidad promedio de 0,3 m e introducir un volumen de agua desde el nivel base donde inicia el agujero hasta los 0,3 m en promedio de profundidad de éste. Se mide el abatimiento del agua por intervalos establecidos, que varían de 1 minuto hasta mediciones cada 15 minutos.

La duración máxima de cada prueba de infiltración realizada es de 2 horas (120 minutos). En el momento en que la diferencia entre las lecturas de abatimiento son inferiores al 10%, se considera una velocidad de infiltración constante y se concluye la prueba de infiltración.

Aforos

La medición del caudal en los distintos ríos y quebradas dentro de las cuencas en cuestión se realizó principalmente para determinar la relación hidráulica entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas.

En ríos, dicha medición se realiza de forma indirecta teniendo en cuenta la ecuación (1):

$$(1) \quad Q[m3/seg] = V[m/seg]\ xA[m2],$$

donde Q equivale al caudal, V la velocidad y A el área de la sección medida dentro del río o quebrada.

El método para aforar los ríos y quebradas de ambas cuencas incluye la medición de una sección del cauce y la velocidad a través de ésta, midiendo a su vez profundidad del cauce y velocidad, figura 2. Se determinan así caudales parciales, cuya sumatoria equivale al caudal total. El procedimiento consiste en dividir el área de la sección transversal del flujo en varias secciones, de área A_i, para las cuales se miden velocidades superficiales, V_{si}, y se calculan velocidades medias, V_{mi}, donde el caudal total se podrá determinar como la sumatoria de los caudales parciales q_i, aplicando las ecuaciones (2) y (3):

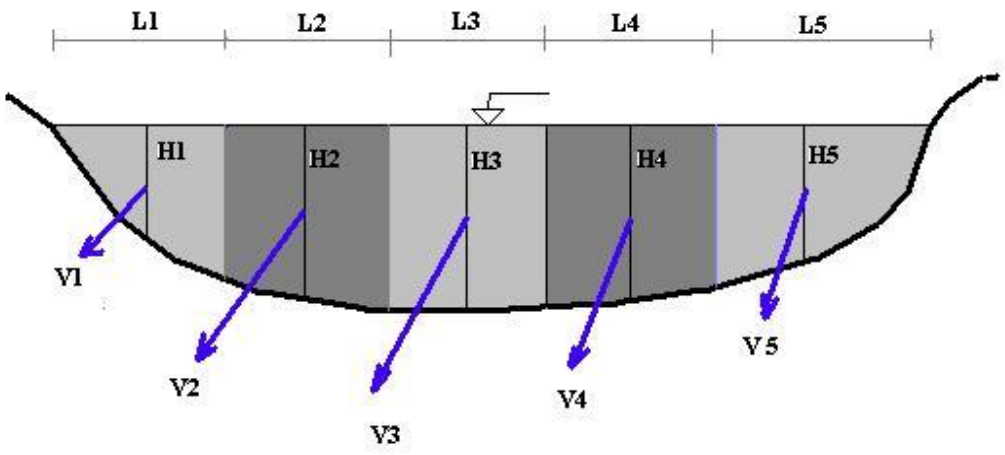


Figura 2. Método para aforar

$$Q = A1\,V1 + A2.\,V2 + A3.\,V3 + \ldots\ldots \quad (2)$$

$$Q = \sum_{i=1}^{n} q_i = V_{m1} * A_1 + V_{m2} * A_2 + \ldots\ldots + V_{mn} * A_n \quad (3)$$

La medición de velocidad se obtiene con un *molinete hidrométrico.* Las mediciones de velocidad se hacen al mismo tiempo que las de profundidad.

- AFORO CON MOLINETE O CORRENTÓMETRO. La medición de velocidad con molinete supone un molinete puesto en un punto de una corriente que tiene una velocidad V. La longitud S, es el recorrido de una partícula fluida moviéndose a lo largo del contorno completo de la línea que determina una vuelta de la hélice. La situación es análoga al suponer estática el agua y el molinete desplazándose a través de ésta con velocidad V. Para un desplazamiento S, la hélice también dará una vuelta. Para el caso particular de análisis se empleó un correntómetro o molinete el cual brinda la medida directa de la velocidad mediante lectura digital.

Para la elaboración de los respectivos aforos diferenciales a lo largo de toda la cuenca se utilizó el método de velocidad área, considerando varias mediciones de velocidad dentro de una respectiva sección.

En el área de estudio se realizaron un total de 46 aforos distribuidos en ambas cuencas con el fin de obtener los resultados aplicables para poder determinar si las características de los distintos ríos son influentes o efluentes con relación a los acuíferos locales. Para cada uno de los cauces definidos para aforar, se procedió a ubicar un punto triple y un cuarto punto de control, lo que en otras palabras comprende la ubicación de dos puntos para aforar en cada uno de los dos cauces tributarios, para un posterior aforo en un punto cercano al sitio de confluencia. El cuarto punto de aforo se midió aguas abajo del río, en un punto de control donde no existieran aportes de tributarios a éste.

Los aforos se realizaron durante 5 días. En todos los casos se utilizó el método de velocidad - sección, los cuales fueron medidos con instrumentos de precisión. En el caso de las distancias se midieron con precisión centimétrica, las profundidades con una regla metálica graduada en milímetros y las distancias horizontales utilizando una cinta métrica. Para el caso de la velocidad, el correntómetro utilizado presenta una precisión de 0,05 m/s, generando una precisión en el aforo de aproximadamente +/- 1 L/s.

Uso de la tierra y balance hídrico de suelos

Para la caracterización de uso del suelo se realizaron varias giras de campo con el propósito de actualizar los distintos usos. Esta información fue plasmada y restituida a través de información gráfica base proveniente del proyecto PRCR 2005 e imágenes satelitales de WMS Esri 2011, a una escala 1:5 000.

Para determinar el uso de la tierra se utilizó la clasificación según metodología de balance hídrico de suelos, Schosinsky (2006).

Zonas de captura

El área de captura de una naciente se define como la zona geográfica hasta la divisoria de aguas en donde toda el agua que infiltra llega al punto de descarga.

Para efectos del presente estudio, la zona de protección absoluta con respecto a algún contaminante orgánico advectivo, toma en cuenta el tiempo de flujo del contaminante desde la fuente de aplicación hasta el manantial, considerando el tiempo que tarda en

atravesar la zona no saturada y su recorrido en la zona saturada, en comparación con el tiempo de vida media del contaminante.

Para reducir el riesgo de contaminación, toda actividad potencialmente contaminante debe ser controlada o restringida dentro de esa zona de protección.

Las zonas de captura en el prente estudio se definieron con base en criterios hidrogeomorfológicos principalemente dado a que algunas microcuencas son bastante pequeñas.

Zona no saturada

El análisis para determinar el tiempo de tránsito de las bacterias por vertido de efluentes de tanques sépticos está basado en las "Normas para el cálculo del tiempo de tránsito entre los drenajes de tanques sépticos y fuentes de agua subterránea", del A y A (1994). Este método de análisis contempla lo siguiente:

- En un medio poroso, el tiempo de residencia máxima de las bacterias en el subsuelo es de 70 días. Geológicamente el sitio donde se pretende la perforación del pozo es un medio poroso.
- En zonas saturadas es de tipo fisural donde el tiempo total (vertical y horizontal) requerido como mínimo para aceptar tanques sépticos es de 100 días.

La ecuación (4) analiza el tiempo en la vertical. La zona no saturada está formada por partículas sólidas, poros llenos de aire y agua en proporción constantemente variable.

$$(4) \quad T = b * \theta / k$$

dónde:

b: espesor zona no saturada

θ: porosidad eficaz del medio

k: permeabilidad zona no saturada

Zona saturada

Para el análisis de la zona saturada, se utiliza la ecuación (5), indicada a continuación:

$$(5) \quad T = d * \theta / k*i$$

d: distancia desplazamiento del contaminantes

θ: porosidad del medio

k: permeabilidad del acuífero

i: gradiente hidráulica

Zonas de protección

Para determinar el ancho del tubo de flujo de la zona de protección se aplica la ley de Darcy.

- Ley de Darcy

$$(6) \quad Q = T * i * L$$

Para poder determinar el ancho de cada celda por donde pasa una sección unitaria de agua por un sitio específico

Donde Q: caudal (m^3/día)

T: transmisivdad (m^2/día)

L: ancho de la celda (m)

- **Ancho zona de captura**

Para determinar las zonas de captura en las distintas nacientes, se utilizó la ecuación (7) estableciada según Grubb (1993).

$$(7) \quad y_{max} = \pm \frac{Q*L}{k(h_1^2 - h_2^2)}$$

Dónde:

y_{max}: Mitad del ancho de la zona de captura

K: Conductividad Hidráulica del medio geológico (m/d)

Q: Caudal en m^3/d

L: longitud entre dos puntos de observación de nivel freático (m)

h1: espesor de acuífero

h2: espesor de acuífero

- Radio fijo aguas arriba nacientes

El radio fijo aguas arriba de cada naciente se analiza con la ecuación (8) la cual se indica a continuación:

$$(8) \quad \sqrt{Q \times T / \pi \times n \times b}$$

donde:

Q: Caudal en m^3/día

T: Tiempo de vida bacterias zona al llegar a zona saturada (100 días medios fisurados)

n: porosidad

b: espesor acuífero

- **Punto de no retorno**

Para determinar la zona del punto de no retorno aguas debajo de cada naciente ecuación (9) se analiza:

$$(9) \quad \text{Punto No Retorno (estancamiento): } Q \times L / \pi \times k \, (h_1^2 - h_2^2)$$

Vulnerabilidad

Para el análisis de la vulnerabilidad intrínseca del la zona de estudio, se aplicó la metodogología GOD (Foster, 2001), la cual cual incluye los parámetros de profundidad del nivel estático, tipo de acuífero y tipos de estratos suprayacentes a los acuíferos.

Se presenta como dato de entrada para la vulnerabilidad del acuífero el mapa de espesor de la zona no saturada, el cual permite determinar en función de los modelos planteados, una de las variables para el análisis.

Para evaluar la posibilidad de contaminación en los manantiales se deben considerar los principios del transporte de contaminantes en los sistemas acuíferos subterráneos. Para ello es indispensable contar con los parámetros claves para determinar la vulnerabilidad a la contaminación microbiológica, los cuales se describen en la siguiente figura:

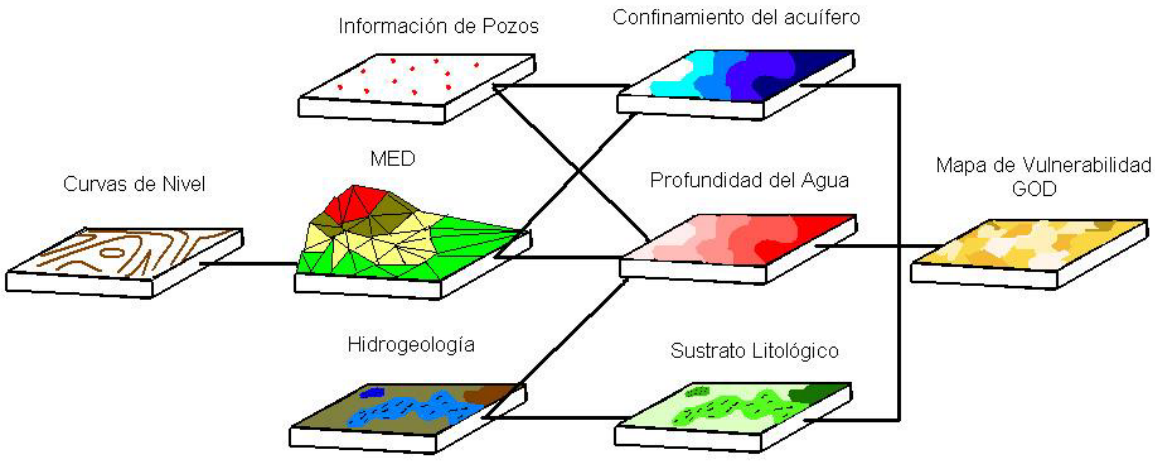


Figura 3. Variables utilizadas para la determinación del método GOD.

Fuente: Agüero, 2000.

Como se observa en la Figura 3, la metodología GOD para vulenerabilidad consta de tres etapas. La primera, consiste en identificar el tipo de confinamiento del acuífero. Para ello, se toma la información de los pozos y nacientes y se elabolra un perfil hidrogeológico, donde se muestran las características de confinamiento. Para la segunda etapa, se toma la información topográfica del sitio, y con ello se genera un modelo de elvación digital. Luego se interpola una superficie equipotencial de nivel de agua, y la diferencia entre ambas superficies, da como resultado una superficie de profundidad de agua. Por último, la tercera etapa consta de identificar la formación geológica de cada aprovechamiento.

La Figura 4, muestra la asignación de parámetros basada en las tres características ya descritas. En la primer etapa, se asigna un parámetro con base en las condiciones de cofinamiento. Para la segunda etapa, se debe identificar primero si la formación geológica corresponde a suelos no consolidados (Sedimentos), Consolidados (Rocas Porosas) o Consolidados (Rocas Densas). Ya clasificados en estas tres categorías, se busca el valor que corresponda a las características de cada formación. Por último, la profundidad del nivel estático se clasifica según los rangos mostrados y se le asigan el valor correspondiente. Estos tres parámetros se multiplican entre sí para obtener un valor porcentual de vulnerabilidad, la cual se clasifica según la figura.

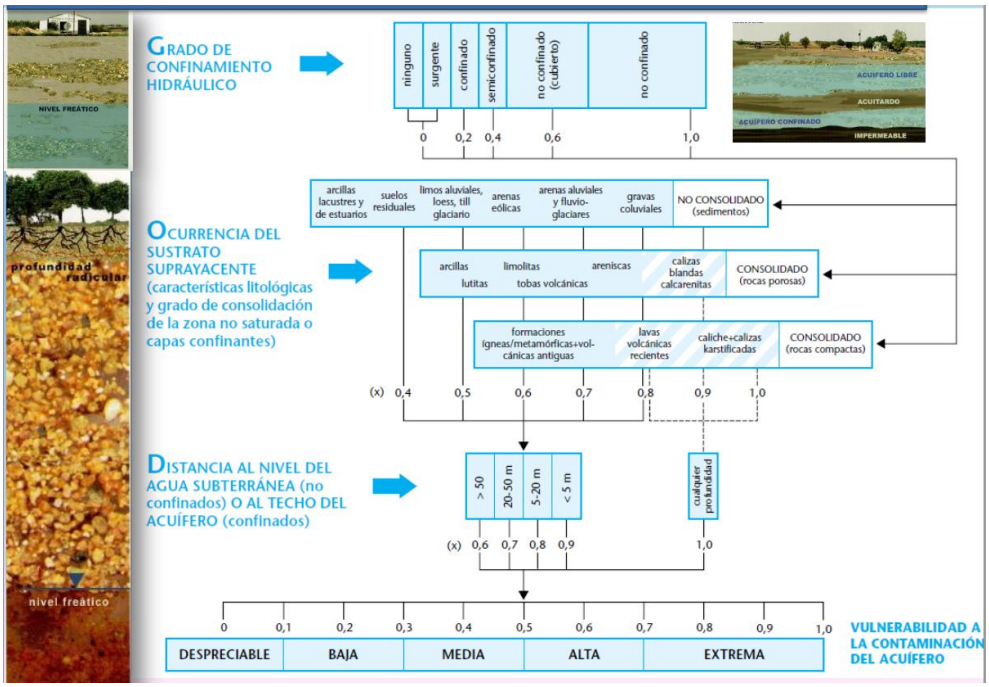


Figura 4. Vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación

2.2 Metodología de etapa II:

Con el fin de determinar el estado de las captaciones de las nacientes se realizaron dos visitas en compañía de un ingeniero civil de la empresa Hidrogeotecnia Limitada con representantes de cada una de las ASADAS involucradas. Las necesidades de cada ente operador fueron analizadas en cada sitio.

A nivel de inspección sanitaria, se siguió la metodología de análisis de nacientes del Programa del Sello de Calidad Sanitaria del Laboratorio Nacional de Aguas del AYA.

Adicionalmente, se tomaron muestras de calidad del agua para determinar sus condiciones para el consumo humano, Laboratorio CHEMLABS, Servicios de Análisis Ambientales (Acreditado INTE-ISOMEC).

Además se tomaron muestras para el análisis de pesticidas, Laboratorio CHEMLABS, Servicios de Análisis Ambientales (Acreditado INTE-ISOMEC).

2.3 Metodología Etapa III: Análisis de Oferta – Demanda

La metodolgía empleada para la determinación de la demanda actual y proyectada, se representa en la figura 4, donde se indica el modelo utilizado.

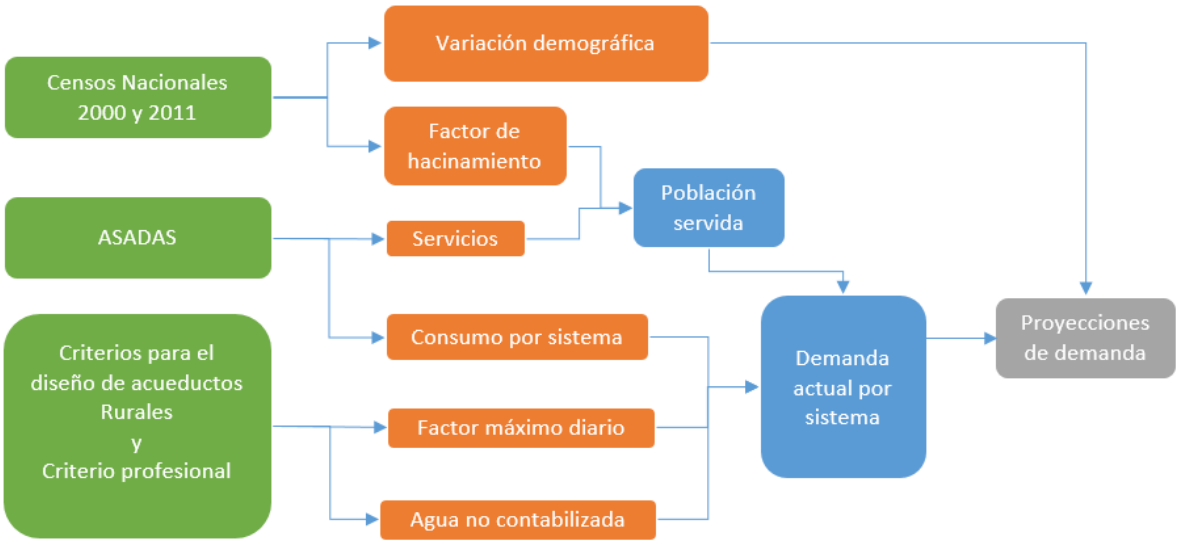


Figura 5. Modelo para la determinación de la demanda actual y proyectada

Los detalles de los procesos a seguir son aclarados en los siguientes apartados.

3 Geología

3.1 Geología Regional

La zona de estudio incluye las zonas de la subcuenca río La Paz y la parte Alta de la cuenca del río Barranca.

La geología regional incluye depósitos piroclásticos, materiales volcánicos y depósitos epiclásticos; y comprende la siguiente estratigrafía, Figura 6, columna cronoestratigráfica.

- Grupo Aguacate
- Flujo soldado,tobas líticas basales (Toba 1)
- Flujo no soldado, tobas con biotitas y pómez (Toba 2)
- Lavas andesítico-basálticas (Formación Monteverde)
- Flujo no soldado, tobas Alto Palomo (Toba 3)
- Depósitos coluvio aluviales y lacustres

3.1.1 Grupo Aguacate

Descripción: Corresponde con materiales volcánicos asociados al antiguo arco volcánico compuesto por lavas basálticas hasta basalto-andesíticas, rocas piroclásticas, brechas y seidimentos vulcanoclásticos subordinados, Zacek et al. (2012).

Localidad tipo: Existen varias localidades tipo según el tipo de litología, donde se incluyen los cerros Pan de Azúca (lavas arcillitizadas), mina la Unión (brechas), ladera Norte del valle del río Barranca (tobas).

Relaciones estratigráficas: El Grupo Aguacate sobreyace la formación sedimentaria Punta Carballo. En la zona de estudio es subyacida por las lavas de la Formación Monteverde y tiene un contacto lateral y/ó en algunos casos subyacida por Tobas líticas basales (Toba 1), columna cronoestratigráfica figura 6.

Edad geológica: Según más de 200 publicaciones de datos geocronológicos con K-Ar, se registra el incio del vulcanismo en la cordillera volcánica de América Central en el

Mioceno Inferior, alrededor de 24 Ma, con episodios de vulcanismo entre 16-17 Ma, 4-6 Ma y 1-2 Ma, alternados con períodos de calma (Alvarado et al, 1992; Gillot et al., 1994).

3.1.2 Flujo soldado,tobas líticas basales (Toba 1)

Descripción: Corresponde con tobas volcáncias color café oscuro a rosado con clastos entre 1 a 3 cm de tamaño, correspondoiente con la base de las ignimbritas riolíticas de la unidad Peñas Blancas, descrita por *Zacek et al. (2012), con presencia de una fuerte alteración hidrotermal, asociados a intrusiones y/ó fallas. Presenta cuerpos intrusivos incluyendo cuerpos subvolcáncios de riolitas, dacitas, andesitas, basaltos entre otros.*

Localidad tipo: La localidad tipo se encuentra al Noreste del poblado de Peñas Blancas, Zacek et al. (2012).

Relaciones estratigráficas: La unidad subyacente es el Grupo Aguacate siendo el contacto superior inferido según Zacek et al. (2012) como la Formación Monteverde.

Edad geológica: La edad geológica corresponde con Plioceno Superior de acuerdo con relación temporal entre Grupo Aguacate y Formación Monteverde; Villegas (2004).

Las tobas líticas basales, identificadas en el presente informe como Tobas 1, corresponden con el basamento de la zona de estudio, Figura 6.

Aspectos específicos: Se requiere de más estudios para comprobar su procedencia.

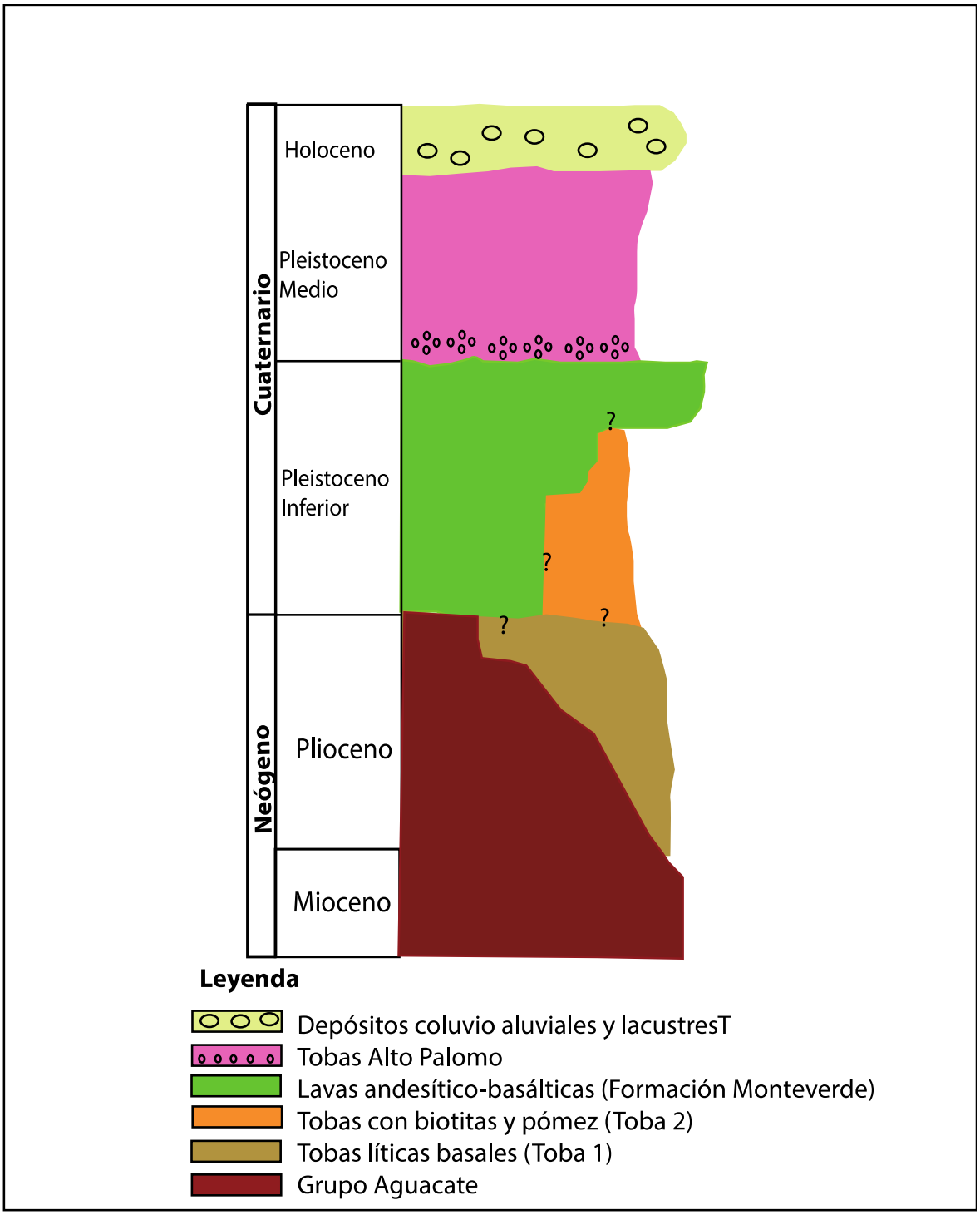


Figura 6. Columna cronoestratigráfica subcuenca La Paz y parte alta cuenca Barranca

3.1.3 Tobas con biotitas y pómez (Tobas 2)

Descripción: Las rocas son color gris a rosa, soldadas, vidriosa, con fragmentos lítcios blancuzcos y angulares, con fiammes. Incluye cuarzo, feldespatos (25%). Presentan biotita color café oscura (4%), Zacek et al., (2012). Los fragmentos líticos son piedras pómez u otras rocas ácidas en su mayoría con tamaños de hasta 5 cm, algunas de grano fino, otras vítreas con fenocristales feldespáticos.

Localidades tipo: Tajo Las Musas y blaneario con mismo nombre, lugar por donde cruza la quebrada Catarata, (Zacek et al., 2012).

Relaciones estratigráficas: Se relaciona con las ignimbritas ácidas con biotitas y líticos de la Unidad Alto Palomo, parte inferior (Zacek et al, 2012). La posición estratigráfica de dichos flujos no es clara debido a meteorización y aleración, (Zacek et al., 2012).

Edad geológica: La edad geológica corresponde con Pleistoceno Inferior, teniendo así un contacto discordante con las lavas de la Formación Monteverde,Villegas (2004).

Aspectos específicos: Fuente de origen según Villegas (2004), la Caldera Chocosuela, donde en el borde sur se edificó el volcán Platanar.

3.1.4 Lavas andesítico-basálticas (Formación Monteverde)

Descripción: La Formación Monteverde está conformada por lavas andesíticas hasta andesita-basálticas no alteradas, en menor cantidad con rocas piroclásticas (brechas y tobas, Zacek et al (2012).

Localidad tipo: El cerro Azahar (1610 m.s.n.m.) ubicado al NE de la hoja Miramar corresponde con la localidad tipo de la zona, donde se encuentran lavas andesíticas de la Fomación Monteverde, Zacek et al (2012).

Relaciones estratigráficas: La Formación Lavas Monteverde es discordante al Grupo Aguacate (Cháves y Sáenz, 1994)

Edad geológica: Pleistoceno Inferior (Zacek et al, 2012); 1,77 +/- 0,66 M.a. y entre 2 y 1 Ma (Alvarado et al, 1992; Gillot et al, 1994)

3.1.5 Tobas Alto Palomo (Tobas 3)

Descripción: Corresponde con una secuencia estratificada de tobas claras hasta grises de color blanquecino hasta amarillento, subhorizontalmente estratificadas hasta laminadas. Algunas capas presentan acumulaciones de clastos de póemz de 1-5 mm con gradación, Zacek et al (2012). Presenta lapilli acresional en algunos sitios, materia orgánica no carbonizada y fragmentos lílticos andesíticos. Se observan algunas capas de cenizas y oleadas en la base (*ground sourges*) con arenas vulcaniclásticas, asociados a estados calientes y secos (Carey, 1991).

Localidades: Afloran en Piedades Sur, San Miguel y Bajo de los Barrantes (localidad representativa), Zacek et al (2012). Se correlaciona con las Tobas ácidas con biotitas y líticios, undidad Alto Palomo, parte inferior.

Relaciones estratigráficas: Los contactos de las unidades no están bien expuestos y una clara relación entre la Formación y éstas no se han encontrado. Villegas (1997) coloca dicha unidad con las ignimbritas de Peñas Blancas, entre Aguacate y Monteverde.

Edad geológica: Villegas (2004) asigna a la Formación Alto Palomo con una edad de Pleistoceno Medio, más joven que la Formación Monteverde.

Aspectos específicos: Fuente de origen según Villegas (2004) es la posbile caldera de la fila El Gorrión denominada La Picada.

3.1.6 Depósitos coluvio aluviales

Descripción: Los sedimentos o depósitos coluvio aluviales forman bancos de material que rellenan topografías planas de baja elevación. Rellenan a su vez cauces de los ríos, especialmetne río Barranca, Barranquilla y La Paz. Litológicamente están compuestos por gravas hasta arenas gruesas, cantos y bloques dsemi a bien redondeados compuestos por diferentes rocas volcánicas, principalmente andesitas, basaltos y brechas.

Localidades: Se encuentran en márgenes del río Barranca, Barranquilla y La Paz.

Relaciones estratigráficas: Sobreyacen las tobas y Formación Monteverde, (Zacek et al., 2012).

3.2 Geología Local

La geología local incluye las tobas líticas basales (Toba 1), la cual es subyacida por las tobas con pómez y biotita (Toba 2), subyacidas a su vez por lavas Monteverde, las cuales son subyacidas de manera discordante por las tobas Alto Palomo (Toba 3). Dichos depósitos volcánicos estarían subyacidos a su vez por materiales coluvio aluviales, columna crono estratigráfica de la zona de estudio, Figura 6.

En el afloramiento No. 3, ubicado entre las coordenadas 446848 N – 1 118 481 Este (coordenadas CRTM 5), Anexo 1, se puede corroborar dicha estratigrafía.

De las nacientes estudiadas y de acuerdo con la observación de campo, las tobas 1 afloran en las nacientes NacV-3, NacV-4, NacV-5, NacLA-1, NacLA-2, NacLA-3, NacBZ-1 y NacBZ-2.

Para las nacientes NacV-1 y NacV-2 se observaron las tobas 2. Ninguna de las nacientes estudiadas aflora en las Tobas 3.

El mapa 2 corresponde a los afloramientos identificados en campo y el mapa Mapa *3* corresponde con el mapa de geología local.

3.2.1 Tobas líticas basales (Toba 1)

Las tobas líticas basales (Toba 1) se observan en taludes y cortes de carreteras en la parte media-baja de la subcuenca La Paz, en la zona del poblado Piedades Norte, Angeles Sur y Bajo Zúñiga.

El estratotipo de las tobas líticas basales (Toba 1) está ubicado en la naciente de Volio 3 (NacV-3), en las coordenadas 238,068 N – 488,720 E. En el estratotipo el se observan dichas tobas con un espesor mínimo de 6 m con un buzamiento hacia el Oeste aguas arriba de la naciente.

Dichas tobas corresponden con tobas polimícticas con matriz café claro a rosada, consolidadas con bloques subangulares milimétricos a centimétricos angulares con distintas litologías. Algunos bloques de lavas llegan a medir 20 cm.

Las tobas líticas basales presentan una meteorización importante en la subcuenca La Paz, asociada al fallamiento local de la zona. En el afloramiento 3, Figura 7 se presentan dichas tobas con fracturas rellenas. En dicho afloramiento se muestra el contacto observado entre las tobas líticas (Toba 1) con fracturas abiertas subyacidas a su vez por tobas con pómez y biotita (Toba 2). Dicho afloramiento se encuentra cerca al sitio de Toma del río Barranca.

La Figura 8 muestra el afloramiento 37 (Anexo 1), donde se encontraron estrías y una fuerte arcillitización en las tobas líticas. Se encontró pátina de manganeso e indicios de cizalla. Según lo observado en la NacLA-3 las tobas presentan fracturas secundarias abiertas, Figura 9.



Figura 7. Afloramiento No. 3, donde se observan las tobas líticas (Toba 1) subyacidas por las tobas con pómez y biotitas (Toba 2).



Figura 8. Afloramiento No. 37, tobas basales líticas (Toba 1) arcillitificadas ubicado entre coordenadas 235836 latitud Norte – 487078 longitud Este



Figura 9. Tobas líticas con fracturas abiertas, margen izquierda naciente Los Angeles NacLA-3

3.2.2 Tobas con pómez y biotita (Toba 2)

El estratotipo de las tobas con pómez y biotita (Toba 2) se encuentra en los taludes observados en el camino (afloramientos entre las coordenadas aproximadas 236690 Norte – 487954 Este), que se dirige hacia la naciente NacV-1, dentro de la finca o propiedad privada donde se encuentran las nacientes NacV-1, NacV-2 y NacV-3.

No se observaron estructuras, dirección de buzamiento ni estratificación dentro de dichas tobas.

Las tobas con biotita y pómez (Toba 2) afloran en las nacientes de Volio NacV-1, NacV-2, NacV-4 y NacV-5. En la naciente NacV-4 dichas tobas presentan fracturas secundarias abiertas dirección NO, Figura 10.



Figura 10. Fracturas Secundarias en la Naciente Volio 4, Nav V-4

3.2.3 Lavas Monteverde

Las lavas Monteverde se encuentran principalmente en la parte alta y media de la subcuenca del río La Paz. Dichas lavas presentan una textura afanítica porfítica, con fenocristales de olivino y plagioclasas, cuando las rocas están sanas. La meteorización de dichas lavas Monteverde genera meteorización tipo cebolla y suelos asociados de color café a rojizo.

En el afloramiento No. 11 (Anexo 1), ubicado entre las coordenadas 237960 N – 488603 E, en la margen izquierda del río Barranca, se observó un sitio con una altura promedio de 8 m y 75 m de largo donde se encuentran lavas andesito-basálticas con textura afanítica porfirítica con cristales de sílice, piroxenos y olivinos. Se observó además a las tobas (Tobas 2) subyaciendo a las lavas Monteverde, en la margen izquierda río Barranca.

Presentan fracturas secundarias con anchos máximos de 20 cm.



Figura 11. Lavas Monteverde, afloramiento No. 24, coordenadas 239807 N – 473852 E

3.2.4 Tobas Alto Palomo (Toba 3)

Las tobas Alto Palomo (Toba 3) corresponden con tobas no consolidadas y se definen como tobas pumíticas color café claro a amarillo. Presentan un bajo contenido de cristales de biotita (2%) además de anfíboles y piroxenos en matriz consittuida por ceniza gris a crema con cristales de biotita y anfíboles. Estas tobas se caraterizan por la importante presencia de pómez y lapilli acresional en ciertos sitios. Las tobas no están consolidadas y la meteorización no es significativa a lo largo de éstas. Presentan lentes de cenizas y arenas vulcaniclásticas dentro de las tobas, asociadas a oleadas en la base o *base surges*. Las oleadas en la base *(ground surges*) se observan en afloramiento No. 54, ubicado entre las coordenadas 239080 N – 495297 E, (Anexo 1) en talud de carretera hacia Zarcero. La Figura 12 y Figura 13 muestran las condiciones de los afloramientos No. 50 y No. 54.

En la Figura 12 se observa el contacto entre dos flujos de tobas de la Formación Alto Palomo, diferenciables entre sí por la cantidad mayor de pómez y presencia de biotita en flujo inferior, subyacido por flujo de tobas con menor cantidad de pómez, mayor meteorización y fragmentos líticos. Se observa además un movimiento relativo tipo normal entre ambos flujos en el sitio, el cual se define como la línea color rojo en la figura 8. El contacto entre ambos flujos se define con línea color magenta.



Figura 12.Afloramiento No. 50, ubicado entre las coordenadas 237150- 492809



Figura 13. Afloramiento No. 54, ubicado entre las coordenadas 239080- 495297

3.2.5 Depósitos Coluvio-aluviales

Los Depósitos Coluvio-Aluviales se encuentran principalmente en los cauces de los ríos La Paz y Barranca. Dichos depósitos están asociados al arrastre y sedimentación de gravas, bloques y fragmentos líticos por efecto de la gravedad y posterior arrastre fluvial.

La Figura 14, correspondiente con el afloramiento No. 20, ubicado entre las coordenadas 237067 N – 477761 E, muestra Depósitos Aluviales de la parte alta de la cuenca del río La Paz.



Figura 14. Afloramiento No. 20, ubicado entre las coordenadas 237067 - 477761

3.3 Geología Estructural

3.3.1 Geología estructural regional

En el caso específico del área de estudio este sistema de deformación se encuentra evidenciado por la presencia de los sistemas de falla, los cuales presentan orientaciones NE-E y NW, cuyas trazas se encuentran bordeando los extremos norte del CDCCR. Una breve descripción de ambos sistemas de fallas se muestra a continuación.

Según Montero (2001), el Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (CDCCR) corresponde con una extensa zona de fallas que atraviesa transversalmente la parte central de país, desde la Fosa Mesoamericana, en el Pacífico y hasta el Cinturón Deformado del Norte de Panamá (CDNP) Figura 15. La figura 15 muestra además el Cinturón Deformado del Este de Panamá (CDEP) y el Cinturón Deformado del Sur de Panamá (CDSP)

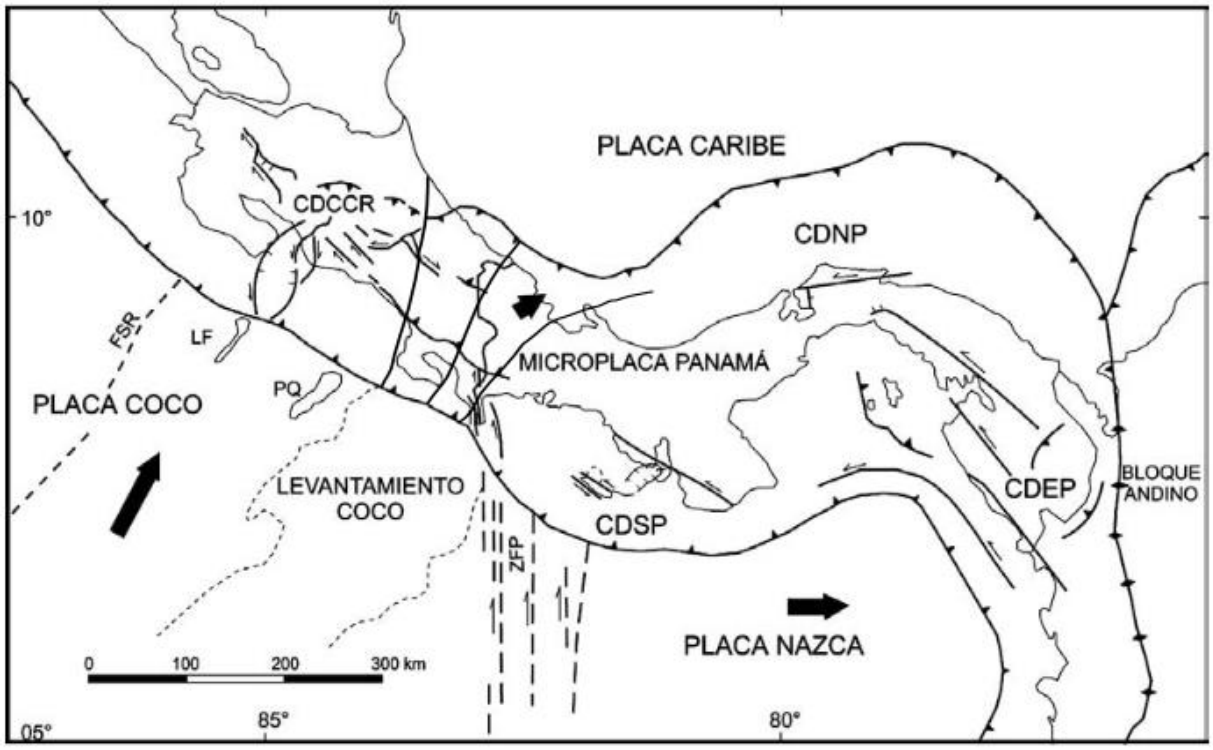


Figura 15. Contexto geotectónico de Costa Rica Tomado de Montero (2001).

3.3.2 Geología estructural local

Durante la campaña de trabajo de campo se lograron identificar varias evidencias de la existencia de fallas dentro del área de estudio, las cuales también fueron observadas por medio de Modelos de Sombras y fotografías aéreas.

En general se tiene que el área de estudio se encuentra afectada por dos sistemas de fallas, con orientaciones NE-E y NO. Dichas estructuras presentan un papel preponderante en las características geológicas y morfológicas del área de estudio, ya que una buena parte de las unidades rocosas observadas se encuentra fuertemente afectada por las estructuras asociadas a los sistemas de fallas mencionados. A continuación se describen las estructuras del área de estudio, las cuales se incluyen en el (Mapa *3*. Geología Local).

3.3.2.1 Estructuras con orientación NW

Subcuenca del río La Paz

Las fallas encontradas en la subcuenca del río La Paz toman un papel importante con respecto a la alineación del cauce del río La Paz, el cual corre por la traza de una de las fallas NW. Dicha falla presenta al menos 5 facetas triangulares a lo largo de su traza (Mapa *3*. Geología Local).

Al norte del poblado de Bajo Zúñiga se observa otra estructura NW, la cual marca el contacto entre lavas y tobas.

Cuenca Alta del río Barranca

La única estructura con esta orientación identificada en la cuenca del río Barranca se observó cerca de las coordenadas Lambert 236400 Norte – 487300 Este, correspondiente con una falla la cual presenta un plano con estrías y material triturado. Por otra parte, esta traza se encuentra desplazando las trazas de varias estructuras NE-E, Mapa *3*. Geología Local.

3.3.2.2 Estructuras con orientación NE-E

Dicho sistema es el que presenta características más prominentes en el área de estudio e incluso se observaron evidencias de actividad neotectónica en algunas de las estructuras.

Subcuenca del río La Paz

En la subcuenca del río La Paz se presentan tres de éstas estructura, correspondientes con fallas. En la parte alta de la cuenca se observa una falla con orientación N70°E, la cual presenta un escarpe de al menos 80 m de altura, facetas triangulares y un patrón de drenaje (en el río La Paz) rectangular. Hacia la parte baja de la cuenca, en la plaza de fútbol del poblado de Bajo Zúñiga, se observa otra traza de falla, la cual presenta evidencia de desplazamiento (40 cm) de uno de los horizontes del suelo, Figura 16.

Finalmente, en la confluencia del río La Paz y Barranca, se observa la traza de falla, la cual se orienta N45°E. Dicha estructura toma gran importancia al observar su influencia en el desplazamiento de las unidades geológicas, donde desplaza a la unidad de tobas con pómez y biotita (Toba 2) al menos 2500 m, de manera horizontal y 100 m en la componente vertical (Mapa *3*. Geología Local).



Figura 16. Traza de falla ubicada en plaza de fútbol, poblado de Bajo Zúñiga

Cuenca Alta del río Barranca

Para la cuenca del río Barranca se tiene que este sistema tiene gran importancia desde la parte baja de la cuenca hasta la parte media de la misma, donde las evidencias de las fallas no se observan por las tobas sobrepuestas de la Formación Alto Palomo.

Como se señaló anteriormente, en la parte baja de la cuenca se presenta una traza de falla la cual evidencia un desplazamiento de varios kilómetros, donde además se observa que el bloque derecho de dicha falla presenta un movimiento positivo respecto al bloque izquierdo.

El bloque derecho de dicha estructura presenta además la existencia de un "material represado" o "lacustre", lo cual se considera como una morfología asociada a la actividad neotectónica. Por otra parte, la fotointerpretación (fotos T12L37AF156, 157,158 y 159) sugiere que dicho bloque se encuentra basculado hacia el SE.

En las cercanías de las coordenadas 236600 - 484350 Lambert Norte se observa la traza de falla de una de las estructuras, la cual se caracteriza por presentar facetas triangulares en su escarpe y patrón de drenaje rectangular.

Finalmente hacia la parte alta de la cuenca se evidencia otra estructura de falla, donde se observa una fuerte incisión del río Barranca (Mapa *3*. Geología Local).

3.4 Geomorfología

3.4.1 Aspectos geomorfológicos locales

Con el objetivo de contribuir al entendimiento físico del área de estudio, se analizaron los elementos geomorfológicos y estructurales de mayor relevancia e influencia en la dinámica geológica de la zona de estudio.

El mapa geomorfológico del área de estudio (Mapa *4*) se elaboró mediante observaciones de campo y análisis geomorfológico de fotografías aéreas a escala 1:40000, Proyecto Terra año 1989, imágenes satelitales de Google Earth, modelos de sombras (Hillshade) realizados a partir del programa Arcgis 10.1 y apoyo cartográfico en las hojas topográficas San Lorenzo, Miramar, Naranjo y Quesada, escala 1:50000.

De acuerdo con este análisis geomorfológico se determinó la presencia dentro de la zona en estudio de 8 unidades geomorfológicas a saber, las cuales incluye Unidad de laderas origen denudacional con pendiente fuerte, Unidad de laderas origen denudacional con pendiente moderada, Unidad de laderas origen denudacional con pendiente baja, Unidad de escarpes erosión y facetas triangulares La Paz, Unidad de origen denudacional

barrancos, Unidad de origen depositacional coluvial, Unidad de origen depositacional abanicos aluviales y Unidad de origen depositacional aluviales.

Unidad de laderas denudacionales con pendiente fuerte

Es la tercer unidad en extensión y abarca un área aproximada de 4 km^2 en el sector oriental principalmente aunque también se observan fuertes pendientes al NW de Finca Paz; se encuentran asociadas a fuertes procesos erosivos y de deformación como lo sugiere el alto grado de disección que se presenta en la zona norte y este en estudio, el cual forma cerros alargados con rumbo norte-sur con terminaciones levemente redondeados moldeados sobre litologías características de la Fm. Monteverde; esto en las cercanías de Finca Paz. Por otro lado, hacia el este del poblado Palmita, precisamente en los cerros que corresponden con lomerías volcánicas más distales de las faldas del volcán Platanar-Porvenir, este tipo de laderas se desarrollan sobre rocas de la Fm. Alto Palomo, en donde debido a la tectónica que impera en la región, la erosión genera valles en forma de “v” y laderas muy angulares que reflejan la dirección de las estructuras presentes en la roca como consecuencia del control estructural que ejerce la falla inferida en la parte alta del río Barranca, donde se observan divisorias muy angostas con direcciones hacia el suroeste.

Las laderas de este tipo muestran pendientes superiores a los 20º de inclinación, sin embargo son comunes algunos taludes con pendientes mayores que corresponden con la disección propia de los cauces que provocan pequeños cañones fluviatiles profundos, en cuyas laderas se pueden encontrar menores depósitos aluviales al noroeste y depósitos asociados a y/ó reptatación de la cobertura de suelo muy superficiales.

A pesar de la poca extensión de esta unidad, se presentan distintas clases de redes de drenaje que varían lateralmente en toda su extensión, sin embargo no es posible determinar su tipo genérico en el sector de Palmita, aunque en apariencia posee un patrón paralelo como en el resto de la región de carácter volcánico. En la zona noroeste, específicamente en la margen izquierda del río La Paz, se observa un patrón de drenaje subparalelo en las quebradas Pez y Barahona donde se forman los ápices de pequeños abanicos aluviales que se describirán posteriormente.

En general, son terrenos de relieve irregular con espacios interfluviales cortos y divisorias afiladas. Las cimas de sus lomas y cerros son aguzadas y sus valles fluviatiles un tanto simétricos. Además se observan cicatrices de deslizamientos superficiales en los flancos de valles fluviales con un patrón afectado por la angularidad.



Figura 17. Unidad de laderas denudacionales con pendiente fuerte, parte alta subcuenca río La Paz

Unidad de laderas denudacionales con pendiente moderada

La presente unidad posee la mayor extensión y cubre cerca de 49 km^2 de la totalidad del área de estudio, en la parte centro-oriental. Se origina por la erosión y el encajonamiento de los cauces importantes en rocas de origen volcánico poco consolidadas o muy meteorizadas, como por ejemplo tobas líticas o tobas con biotita que afloran en las márgenes de las quebradas Cascajal, Volio y Estero en las cercanías de las comunidades de Ángeles Sur; así como también en los alrededores de la quebrada El Monte y el río Sifón, más al noreste cerca de Alto Villegas. Las laderas de este tipo muestran pendientes

entre 5º-30º, con un sistema de drenaje derivado del control estructural, donde se destaca en la zona central los alineamientos correspondientes con fallas inferidas de los ríos Barranca, Sifón y La Paz; por lo tanto se observa una red que escurre de manera subparalela a levemente paralela que drena hacia la comunidad de La Esperanza, donde convergen sus aguas en el río Barranca. En el caso de Volio y La Paz donde afloran rocas pertenecientes a la Formación Monteverde, el drenaje puede ser producto de un aumento en el grado de erosión (movimientos de masa) y meteorización, y que se encuentran vinculados a alguna geoforma preexistente.

Sus cerros presentan formas elongadas hacia el SW con terminaciones lobulares extensas y divisorias de agua moderadas y bien definidas. Su parte más occidental corresponde con un leve cambio morfológico que produce rasgos topográficos muy marcados por la disección que impera en la parte alta del río La Paz donde inclusive es posible observar material coluvial debido al repentino cambio de pendiente entre la parte montañosa y el encajonamiento del cauce. En esta zona las aguas drenan hacia el norte con un patrón que escurre de forma paralela.

En términos generales, son áreas de relieves colinosos que presentan reptación y una topografía disectada moderadamente con valles fluviales de laderas casi rectas y un entalle profundo de sus valles en “v” simétricos. Los espacios interfluviales son moderados y las cimas de sus cerros son subredondeados.

Unidad de laderas denudacionales con pendiente suave

Forma de origen denudacional que corresponde con un relieve más seccionado que las unidades mencionadas anteriormente, sin embargo posee menores variaciones de altura, entre las cotas de 1100-1200 m.s.n.m. Abarca un área aproximada de 12,5 km^2 y se encuentra bordeando las laderas que tienen una pendiente moderada; posee pendientes con inclinaciones entre 0º-5º, lo que le confiere un aspecto de relieve más regular que la unidad anterior. Se encuentra restringida a los márgenes de la quebrada El Manco y a las comunidades de Campos y Piedades Norte. Corresponden con zonas cubiertas por tobas principalmente, las cuales suavizan el relieve formando pequeñas lomas redondeadas donde no se aprecia un avance significativo del nivel base de los cauces; por lo tanto, no es posible determinar una red de drenaje determinada. En general, se tiene una

topografía suavizada, que presenta en algunos sectores reptación y pequeños deslizamientos de suelo.

Además se observan localmente, terrenos planos y ondulados escasamente disectados, con cursos fluviales de corta longitud y poca densidad. Los valles fluviales de esta unidad son gradualmente encajonados, simétricos y con laderas más pronunciadas conforme se aproximan a lechos de confluencia relativamente profunda como el río La Paz. Las secciones onduladas superiores muestran espacios interfluviales de poca longitud, irregulares y redondeados a modo de pequeñas depresiones internas.

Unidad escarpe de erosión y facetas triangulares del río La Paz

Esta geoforma se observa hacia el noroeste dentro del área en análisis y se encuentra representada por el cañón fluvial del río La Paz con alturas superiores a los 100 m, sobre la margen izquierda. Este rasgo presenta una topografía muy escarpada donde son frecuentes los taludes verticales a subverticales. Abarca aproximadamente 2 km^2 de superficie con una orientación noroeste-sureste sobre Finca Paz. Es posible observar en esta zona facetas triangulares producto de la erosión del escarpe de origen estructural generado por la falla inferida sobre el cauce en las rocas de la Fm. Monteverde.

Unidad de origen denudacional, Barrancos

Son incisiones estrechas y profundas que alcanzan taludes de hasta 80 m de altura sobre la pendiente inclinada del flanco oeste de la Fila La Picada, en la parte alta de la comunidad de El Chayote; disminuyendo su profundidad considerablemente hacia el sector de Palmita y San Antonio de Barranca. Están inmersos en la unidad de laderas con pendiente moderada y fuerte, cortando el terreno por acción de los ríos Barranquilla, Barranca y sus colectores; en la zona centro-oriental del área de estudio. Están favorecidos por el gradiente topográfico relativamente amplio.

La unidad se prolonga por varios kilómetros hacia Sifón (al SW); además esta unidad según su superficie es de las de menor orden, aproximadamente 2 km^2 y presenta un elevado control estructural que posibilita la alineación y desplazamiento de sus cauces, así como también se observa el desplazamiento de rocas de la Fm. Monteverde hacia el NE a la altura del poblado de Alto Villegas donde se profundiza el cauce del río Barranca.

Representan un conjunto de dos valles fluviales angostos y profundos, simétricos y con declives y laderas de gran inclinación que discurren de forma paralela.

Unidad de origen depositacional, coluvios

Esta unidad está delimitada por material coluvial depositado en el pie de las lomas cercanas a la quebrada Vueltas. Se encuentra restringida por un área de aproximadamente 0,05 km^2 en el sector noroeste. Generalmente son rocas de cantos de gran tamaño que pueden incluir residuos menores. Se producen cuando la capacidad de transporte de los cauces es insuficiente para evacuar todo el material acumulado, de tal manera que en los pequeños valles el relleno coluvial se acumula, donde posteriormente por efecto de gravedad son transportados a otros sitio. Por lo tanto, se puede considerar que los deslizamientos periódicos son el modo de transporte dominante en esta zona, aún en presencia de canales de orden menor.

Unidad de origen depositacional, abanicos aluviales

La presente unidad se encuentra localizada en el extremo noroeste del área de estudio formando cuatro abanicos de poca dimensión, localizados en la margen izquierda del río Paz. Representan un área cercana a los 0,04 km^2 y corresponden con depósitos de detritos clásticos que vistos en planta presentan formas casi cónicas. Este tipo de sistemas se desarrollan en las zonas aledañas a las porciones que delimitan los escarpes de altos morfológicos de la unidad con pendientes elevadas, en donde el aporte de sedimentos es mucho mayor y las corrientes son confinadas a valles muy estrechos que se tienen dentro de las subcuencas adyacentes de las quebradas Pez y Barahona. Dicho transporte de sedimentos ocurre esporádicamente pero puede ocurrir de forma súbita durante escenarios de fuertes precipitaciones.

Unidad de origen depositacional, aluvional del río La Paz

Este tipo de morfología se ubica cortando las unidades de pendiente moderada a suave, a lo largo del valle del río La Paz con dirección SE predominante. Hacia el poblado de La Esperanza y sus alrededores, representa un área de 3 km^2 conformado por el material de transporte del río La Paz.

Dichas formas presentan pendientes entre los 3º a 5º con ciertas variaciones locales de hasta 9º. En la altura de Finca Paz se estrecha el cauce y el material es represado al

encontrarse con altas paredes, casi verticales en ambos márgenes del río que a su vez se encuentra desplazado hacia el sureste donde se encauza de manera rectilínea, respondiendo a un control estructural por el trazo de falla inferida con movimiento desplazante. En las cercanías de Bajo La Paz disminuye súbitamente la pendiente por lo que se da nuevamente un aumento en el volumen del material transportado por el río, donde se observa una morfología tipo embudo de deyección sobre la ruptura de la inclinación de la dinámica activa desplegada por el río La Paz.

Litológicamente, esta unidad se conforma por bloques andesíticos originados por sucesivos aportes del río La Paz que nace en las aproximadamente 6 km aguas arriba en rocas asociadas a la Fm. Monteverde; además, del aporte de cauces menores como las quebradas Leona, Pez, Barahona, Vueltas y El Manco. En general, esta unidad representa un relleno aluvial alargado y flanqueado por relieves colinosos de moderada elevación. Con un fondo plano y amplio, no simétrico.

4 Características de la tierra

4.1 Capacidad de uso de la tierra

La capacidad de uso del suelo define como “clase” a aquellos grupos de tierras que presentan condiciones similares en el grado relativo de limitaciones y riesgo de deterioro para su uso en forma sostenible.

La Fundación Neotrópica (1998) elaboró mapas de la capacidad del uso del suelo con base en los lineamientos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) a escala 1:50 000. Según esta cartografía en las subcuenca se puede encontrar suelos clase A, VI, VII y VIII, de acuerdo con lo observado en el Mapa *5.* Capacidad de uso de la tierra.

En la siguiente figura se muestra la distribución porcentual de las clases de capacidad de uso en las subcuencas.

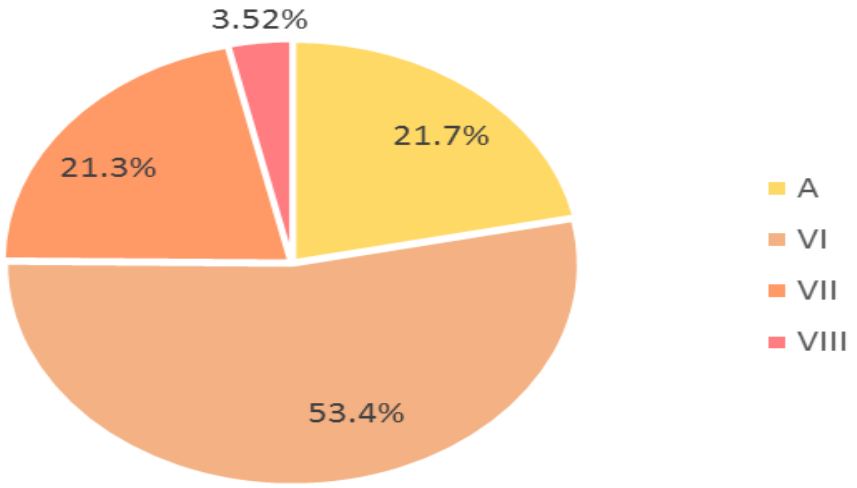


Figura 18. Clases de capacidad de uso de la tierra

El sistema de nomenclatura agrupa los suelos dependiendo de sus características. Los suelos I, II, II y IV se denominan “A” (21,7%) y tienen condiciones aptas para la agricultura. En el documento “Metodología para la determinación de la capacidad de uso de tierras de Costa Rica”, MAG-MINEREM (1988) se describen las clases de la siguiente manera:

Clase VI (53,4%): Las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas. Sin embargo, algunas especies forestales como la Teca (*Tectona grandis*) y Melina (*Gmelina arbórea*) en plantaciones puras no son adecuadas para pendientes de esta clase, debido a que aceleran los procesos de erosión de suelos, por lo que se recomienda este tipo de uso sólo en relieves moderadamente ondulados a ondulados. Las limitaciones que se pueden presentar, solas o combinadas son: relieve fuertemente ondulado, erosión sufrida severa, suelos moderadamente profundos, texturas en el suelo de muy finas a gruesas, en el subsuelo de muy finas a moderadamente gruesas, fuertemente pedregosos, muy baja fertilidad, toxicidad fuerte, salinidad moderada, drenaje moderadamente excesivo o moderadamente lento, riesgo de inundación moderado, zonas de vida secas y pluviales excepto páramo, período seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento moderada.

Clase VII (21,3%): Las tierras de esta clase tienen severas limitaciones por lo cual sólo se permite el manejo forestal en caso de cobertura boscosa; en aquellos casos en que el uso actual sea diferente al bosque, se procurará la restauración forestal por medio de la regeneración natural. Las limitaciones que se pueden presentar solas o combinadas son: relieve escarpado, erosión sufrida severa, suelos pocos profundos, texturas en el suelo y subsuelo de muy finas a gruesas, fuertemente pedregosas, muy baja fertilidad, toxicidad y salinidad fuertes, drenaje excesivo o nulo, riesgo de inundación muy severo, zonas de vida seca y pluviales excepto páramo, período seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento fuerte.

Clase VIII (3,52%): Estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. Las tierras de esta clase tienen utilidad sólo como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica. Para esta clase se incluye cualquier categoría de parámetros limitantes.

4.2 Uso de la tierra

Actualmente en el área de estudio, el uso del suelo predominantemente se halla constituido en 4 principales usos como pastos con árboles dispersos, bosques, cultivos y área urbana.

Para ello, se analizaron las fotografías aéreas proporcionadas por el programa de regularización del catastro y registro (PRCR, 2005) de escala 1:5000; las mismas que permitieron digitalizar los polígonos que conformarían el uso del suelo y a su vez corroborar y actualizar dicha información en base a las giras de campo realizadas en enero - marzo del año 2015, para prever el posible cambio de uso del suelo. Las imágenes satelitales utilizadas fueron generadas por la empresa *DigitalGlobe* el 25 de diciembre del 2004 y el 20 de marzo del 2012. Estas imágenes fueron tomadas por los satélites mostrados en el Cuadro 2. En el anexo 2 se presentan las principales características de estos satélites

Cuadro 2. Información de los satélites

Satélite	Precisión (m)	Resolución (m)
Ikonos	25,4	1
QuickBird (QB02)	25,42	0,6

Se establecieron cuatro principales usos (Cuadro 3 y Mapa *6*), los cuales se definen a continuación:

Área urbana: Equivale al 4,9% del área total de estudio, siendo estas zonas en donde se han establecido grandes núcleos de población y la densidad de las mismas es relativamente importante, como por ejemplo las ciudades de Bajo La Paz, Piedades Norte, Los Ángeles Sur, Volio, San Antonio de Barranca, Llano Bonito y Palma. Esta área se halla conformada por infraestructura urbana como carreteras, edificios, industrias y otros. En estas áreas no hay cobertura vegetal significativa.

Cultivos: Equivale al 34,6% del área total de estudio y el uso se halla referido a la vegetación menor implantada por la población como parte de una agricultura intensiva y de subsistencia.

Pastos con árboles dispersos: Equivale al 29,5% del área total de estudio y estas áreas corresponden a una baja densidad de vegetación de tipo arbórea, muy espaciada y en donde existe intervención humana pero a baja escala.

Bosques: Este uso equivale al 31,0% del área total delimitada y representa las áreas en donde prevalece una alta densidad de vegetación de tipo arbórea, y donde prácticamente no se ha dado la intervención de alguna actividad humana

Cuadro 3. Clasificación del uso del suelo – Subcuencas La Paz y Barranca (2015)

USO	AREA		PORCENTAJE
	(m^2)	(km^2)	(%)
Área urbana	3,617,329.251	3.617	4.8
Cultivos	25,620,707.696	25.621	34.7
Pastos con Árboles Dispersos	21,859,541.23	21.860	29.2
Bosques	22,962,743.11	22.963	31.3
TOTAL	**74,060,321.29**	**74.06**	**100.00**

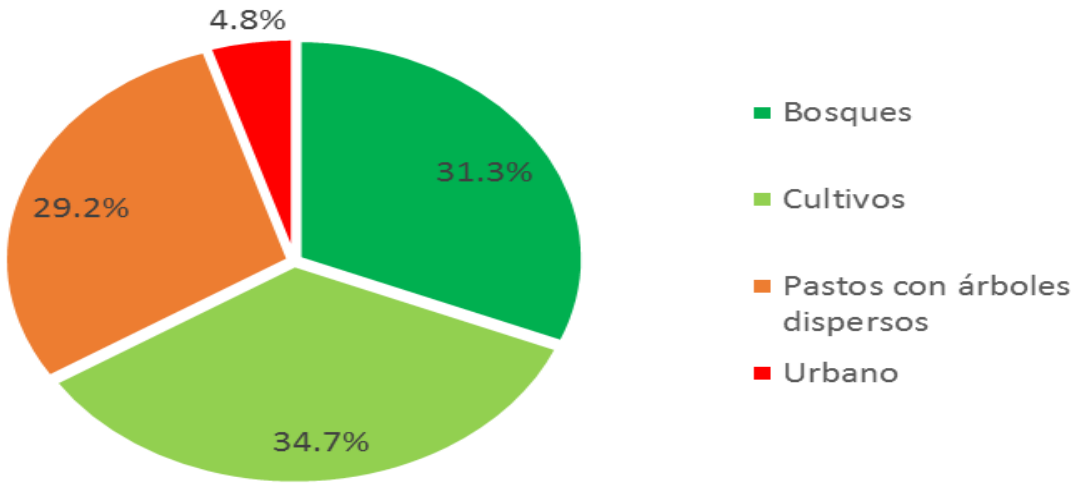


Figura 19. Porcentaje de uso de la tierra

El mayor porcentaje de uso del suelo corresponde a cultivos los cuales están distribuidos en las partes medias y bajas de las subcuencas, mientras que los bosques se ubican mayoritariamente en las partes altas, debido a la presencia de altas pendientes. En la

parte central y baja de la subcuenca, donde las pendientes son menores, existe un gran porcentaje cubierto por pastos y cultivos. Por otro lado, el principal uso urbano corresponde a los poblados de Bajo La Paz, La Paz, Piedades Norte y Volio.

En el mapa 6 se puede observar la distribución espacial de los distintos usos a lo largo del área de estudio.

4.3 Divergencia de uso

Para elaborar el mapa de divergencia de uso del suelo se toma como referencia la información generada del uso del suelo y la de la capacidad de uso.

Luego de elaborar el mapa de capacidad de uso de la tierra con el programa *ArcMap 10.2,* la capa en el área de interés se clasifica según clase de capacidad, y se le asigna un código de clase, el cual se muestra a continuación:

Clase I (01)
Clase II (02)
Clase III (03)
Clase IV (04)
Clase V (05)
Clase VI (06)
Clase VII (07)
Clase VIII (08)
Clase A (00)

A los usos de la tierra también se le asignan los siguientes códigos:

Bosque (10)
Pastos (20)
Cultivos (30)
Urbano (40)

Las divergencias de uso se determinan mediante una matriz, en la cual se sobreponen los usos con las capacidades de la tierra, y se suman los códigos correspondientes al uso y capacidad de uso de la tierra. Cada combinación posee un número en la matriz, generado tal y como se explica a continuación:

Bosque (10)+ Clase I (01) = Bosque en clase I (11)

Pastos (20)+Clase IV (04)= Pastos en clase IV (24)

Una vez generado el código para todas las combinaciones se determina la categoría en la capa de divergencia, por color, de la siguiente manera:

Verde= Uso conforme, Rojo= Uso no conforme

Cuadro 4. Matriz de correlación Uso vs Capacidad de Uso

Clase	Bosque	Pastos	Cultivos	Urbano
A	10	20	30	40
I	11	21	31	41
II	12	22	32	42
III	13	23	33	43
IV	14	24	34	44
V	15	25	35	45
VI	16	26	36	46
VII	17	27	37	47
VIII	18	28	38	48

Dentro del área de estudio se encontró que el 63% del área presenta un uso conforme, mientras que el 37% del área presenta uso no conforme, según se muestra en la siguiente figura.

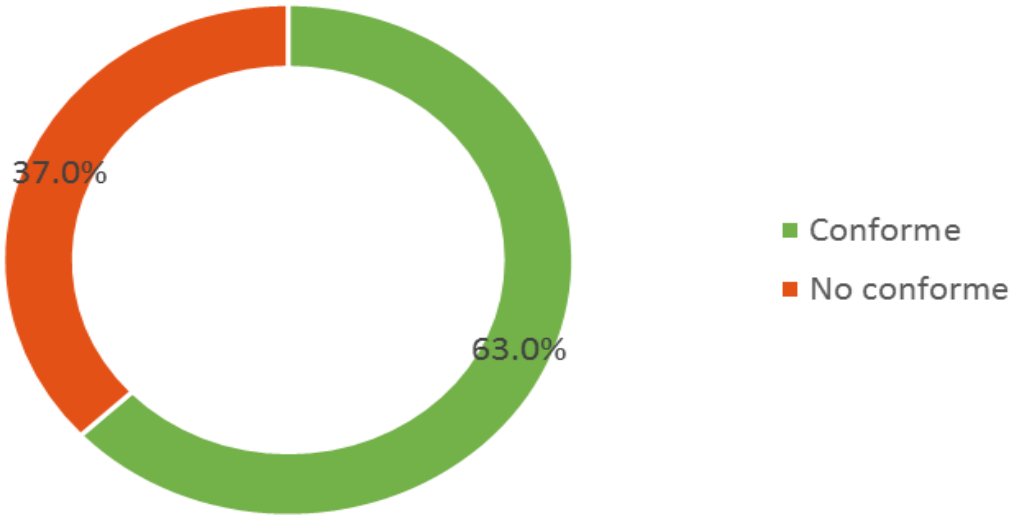


Figura 20. Porcentajes de la divergencia del uso de la tierra

En el mapa 7 se muestra la distribución espacial de la divergencia de usos de la subcuenca río La Paz y subcuenca parte alta del río Barranca.

5 Hidrología

5.1 Caracterización Morfométrica de las subcuencas hidrográficas

El área de estudio está compuesta por la Subcuenca Río La Paz, la parte alta de la cuenca del río Barranca incluyendo el área de drenaje superficial del sitio de toma del AyA sobre el río Barranca, como se puede observar en el Mapa *1*. El área de estudio posee un área total de 74,06 km^2.

Una subcuenca hidrográfica se define como un área que drena agua, sedimento y materiales disueltos hasta un punto determinado. De acuerdo con Dunne (1943), es conveniente examinar la subcuenca como una unidad para el entendimiento de la acción hidrológica y los procesos geomorfológicos y para apreciar las conexiones espaciales de distintas áreas que pueden afectar el planeamiento regional y local. Se debe tomar en cuenta que debido a flujos subterráneos, las subcuencas delimitadas topográficamente podrían varían respecto a las hidrogeológicas.

En este caso, se quiere analizar de manera individual la subcuenca del río La Paz y la parte alta de la cuenca del río Barranca. Dichas subcuencas se delimitaron manualmente siguiendo las curvas de nivel del Programa de Regularización de Catastro y Registro (PRCR) 2005-2007, en escala 1:5000, proyección Costa Rica Transversal de Mercator, Datum CR05. El punto de control utilizado se localiza en la confluencia de los dos ríos.

Se definió el “área de drenaje superficial del sitio de toma” como la zona que abarca el punto de control hasta el sitio de toma del AyA. El área de esta zona es de 0,48 km^2 y sus características climatológicas y de uso de la tierra se analizaron en conjunto con la parte alta de la cuenca del río Barranca.

5.2 Subcuenca Río La Paz

El área de drenaje del río La Paz fue delimitada a partir del punto de confluencia de este río con el río Barranca, en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 483 825 este y 233 495 norte a una elevación de 958,75 msnm.

La subcuenca se delimitó de manera manual mediante las curvas del Programa de Regularización de Catastro y Registro (PRCR, 2005-2007) a escala 1:5 000. Estas curvas presentan una separación vertical de 10 m.

A nivel nacional esta subcuenca forma parte de la gran cuenca del río Tempisque, que a su vez está contenida dentro de la cuenca madre del río Colorado. La subcuenca tiene una orientación noroeste-sureste y es parte de la vertiente pacífica.

5.2.1 Parámetros de forma

A partir de la delimitación topográfica que se muestra en el Mapa *1* y mediante el uso del programa *ArcMap 10.2,* se obtuvo que la subcuenca tiene un área de 35,58 km^2 y un perímetro de 39,30 km. La longitud desde el punto de control hasta el punto más alejado, sobre la divisoria, siguiendo la trayectoria del cauce principal es de 23,16 km.

5.2.2 Coeficiente de compacidad

El coeficiente o índice de Gravelius (1914), brinda una idea de la forma de la subcuenca en comparación con la de un círculo de igual área. Cuanto más cercano a 1, más se asemeja a un círculo. Las subcuencas con valores cercanos a la unidad son propensas a responder ante un evento de precipitación, de una manera más rápida, por lo que se espera que la magnitud de las crecientes sean mayores que a las de una subcuenca alargada. La relación entre el Índice de Gravelius y la forma de la subcuenca se puede apreciar en la siguiente figura.

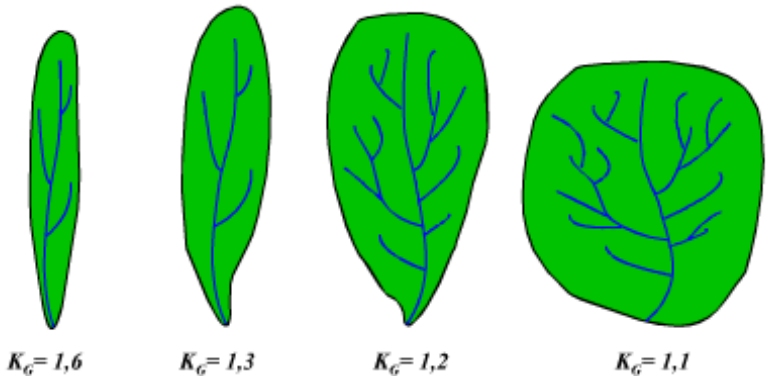


Figura 21. Formas de subcuencas para diferentes índices de compacidad.

Fuente: Musy, 2001.

El índice se calcula con la siguiente fórmula según Gravelius (1914):

$$(10) \quad I_c = \frac{0{,}28P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P: Perímetro de la subcuenca (Km)

A: Área de la subcuenca (Km²)

Por lo tanto:

$$(11) \quad I_c = \frac{0{,}28x39{,}30}{\sqrt{35{,}58}} = 1{,}84$$

El índice de Gravelius obtenido corresponde a una subcuenca de forma alargada, al ser mucho mayor a la unidad. Esto quiere decir que la respuesta de la influencia de una tormenta en el hidrograma será de manera lenta.

5.2.3 Factor de forma

El factor de forma propuesto por Horton (1932), expresa la relación entre el ancho promedio del área de drenaje y la longitud de la subcuenca:

$$(12) \quad F_f = \frac{A_p}{L}$$

Donde:

A_p= A/L = ancho promedio (km)

L = Longitud del cauce principal desde el punto de control hasta la divisoria de aguas (km).

En este caso:

$$(13) \quad F_f = \frac{35{,}58}{23{,}16^2} = 0{,}07$$

$$(14) \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{0{,}07} = 15{,}08$$

El inverso del factor de forma indica que existe una relación de 15,08 a 1 entre el largo y el ancho promedio de la subcuenca. De acuerdo a Villón (2004), si una subcuenca tiene un F mayor que otra, existe mayor posibilidad de tener una tormenta intensa simultánea sobre toda la extensión de la subcuenca. Por el contrario, si la subcuenca tiene un F

menor, tiene menos tendencia a concentrar las intensidades de lluvias que una subcuenca de igual área pero con un F mayor.

5.2.4 Sistema de drenajes

La subcuenca está compuesta de 42,36 km de cursos de agua, según el PRCR 2005-2007. Estos cauces poseen una dirección predominante de noroeste a sureste. En el Mapa *1* se muestran los cauces delimitados en la cartografía.

El número de orden propuesto por Horton (1945) y modificado por Strahler (1964), indica el grado de ramificación de la red de drenaje. Para esta subcuenca el número de orden corresponde a 3. Se debe recordar que la escala utilizada fue 1:5 000.

La densidad de drenaje, se expresa mediante la relación de las longitudes de los cauces entre el área de la subcuenca. Para este cálculo se contabilizaron las longitudes indicadas en la cartografía.

$$(15) \quad D_d = \frac{\sum L}{A}$$

Para esta subcuenca la relación es:

$$(16) \quad D_d = \frac{42{,}36}{35{,}58} = 1{,}19\ km^{-1}$$

El valor de densidad de drenaje se relaciona con la naturaleza de los suelos de la subcuenca, así como de la cobertura existente. Según Villón (2004), los valores altos de densidad de drenaje corresponden a zonas con poca cobertura vegetal y suelos fácilmente erosionables o impermeables; mientras que los valores bajos representan suelos duros, poco erosionables y con una cobertura vegetal densa. De acuerdo con Strahler (1964), un valor de 1,19 km^{-1} corresponde a una baja densidad de drenaje.

5.2.5 Características del relieve

La caracterización del relieve se basó en el uso de curvas de nivel cada 10 m del PRCR (2005-2007). Con base en estas curvas, se utilizó la herramienta "*Topo to Raster*" del programa *ArcMap 10.2* en donde se crea un archivo tipo "*raster*" (imagen en mapa de bits) con celdas de 10 x 10, en donde se interpolaron los valores de las curvas de nivel. El procedimiento consiste básicamente en generar celdas con un ancho de 10m x 10m que

cuentan con un valor de información (en este caso elevación) y posición. Estas celdas se generan a partir de la interpolación de elevaciones disponibles de las curvas de nivel.

5.2.6 Análisis de elevaciones

A partir de la información de elevación y posición de las curvas de nivel del PRCR 2005-2007 se generó un modelo de elevación digital, del cual se obtuvo una elevación promedio de 1200,59 m.s.n.m., una elevación máxima de 1592,44 m.s.n.m. y una elevación mínima de 958,75 m.s.n.m. En la figura siguiente se muestra el modelo de elevaciones en tres dimensiones para la subcuenca del río La Paz.

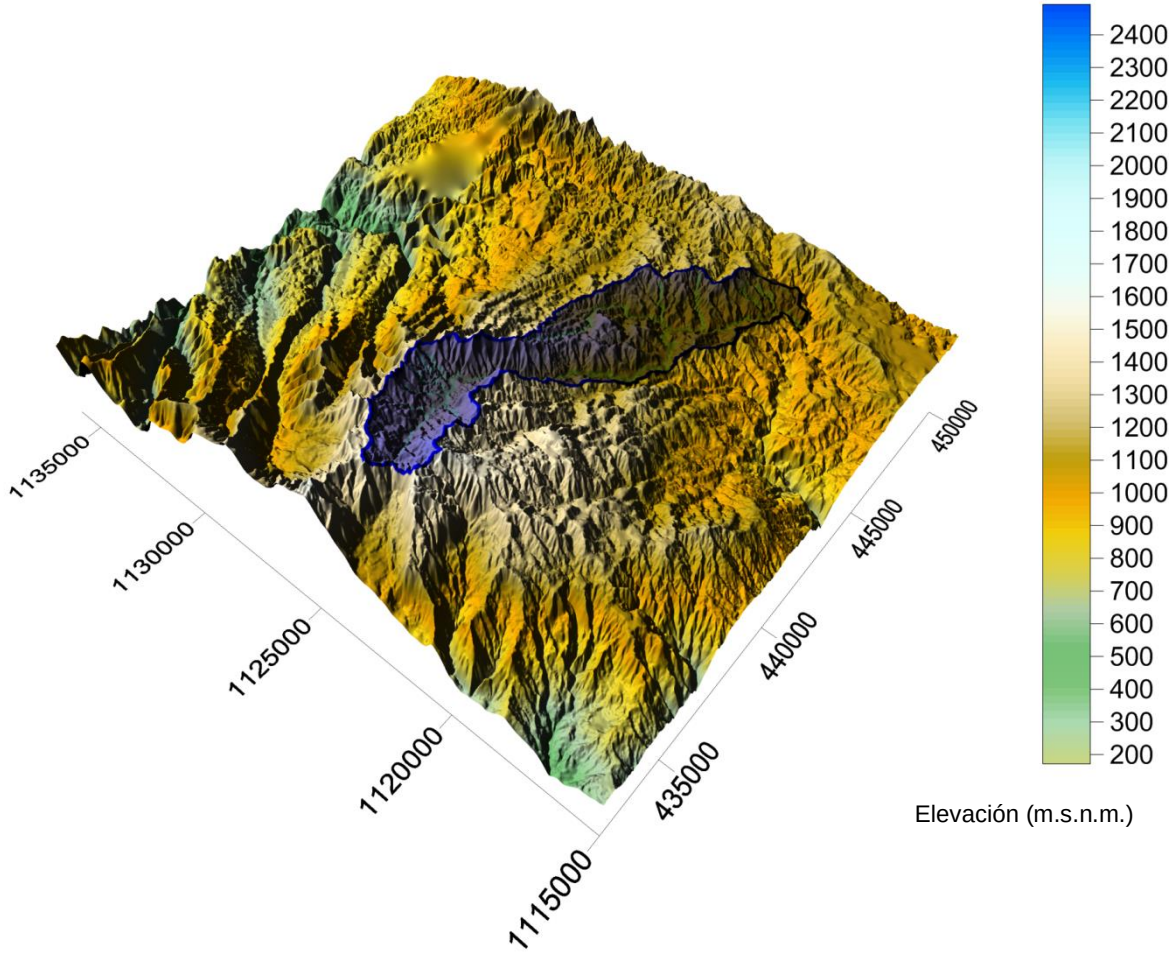


Figura 22. Modelo de elevación digital, subcuenca río La Paz

Las mayores elevaciones están localizadas en la parte noroeste de la subcuenca en las faldas de los cerros de la cordillera de Tilarán mientras que las elevaciones más bajas se encuentran en la parte sureste, cerca de la confluencia con el río Barranca.

5.2.7 Curva hipsométrica

Una curva hipsométrica representa las altitudes de la subcuenca en relación con el porcentaje de área acumulada. Entre otras cosas, provee información en cuanto a la edad geológica de la subcuenca y parámetros que se relacionan con la altura y el área como lo es precipitación, evapotranspiración, escorrentía, entre otros (Langbein, 1947).

Con base en el modelo de elevación digital, se realizó una curva hipsométrica adimensional, figura 18.

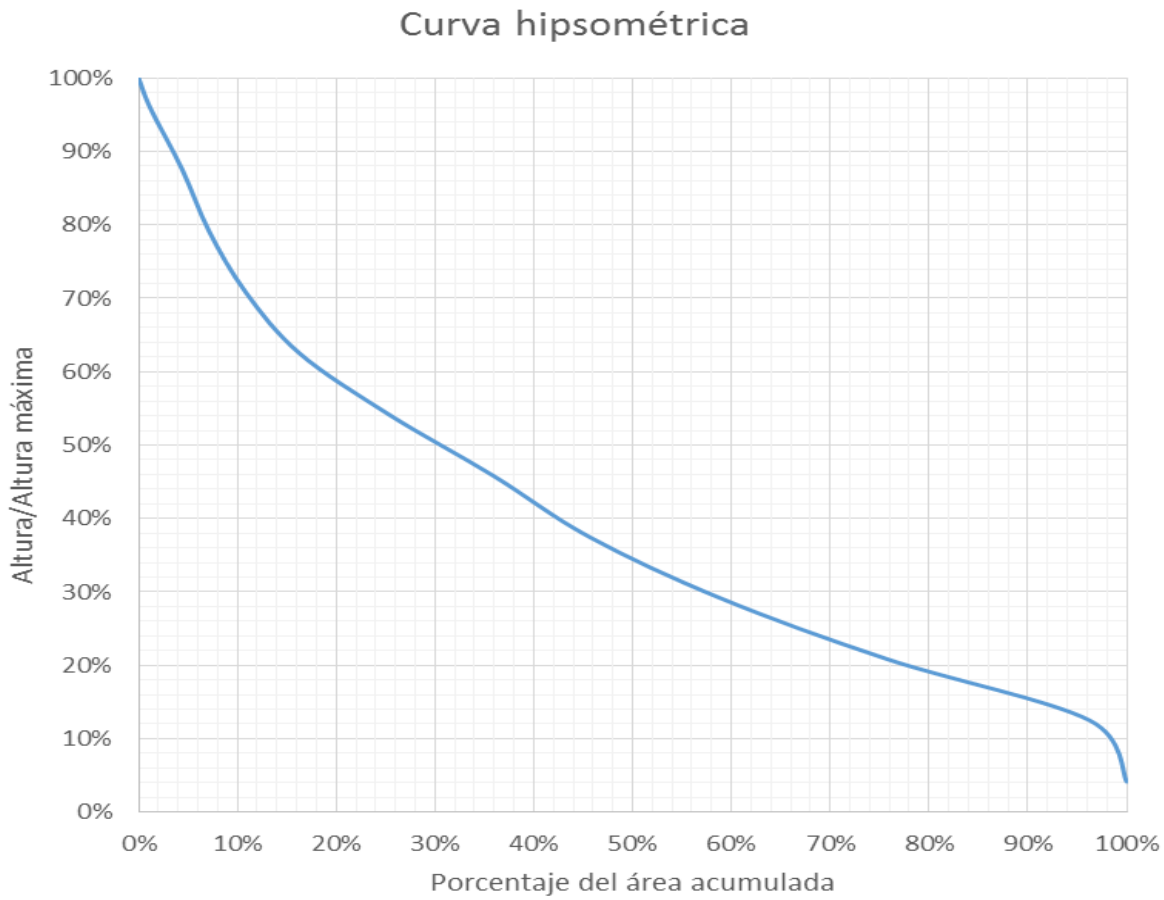


Figura 23. Curva hipsométrica, subcuenca río La Paz

De acuerdo a Strahler (1952) la concavidad y forma de la curva hipsométrica se pueden asociar a formaciones geológicas jóvenes, intermedias y viejas. Según Strahler, las subcuencas maduras poseen curvas hipsométricas en forma de “s”, con forma cóncava en las partes altas y convexas en las zonas bajas. Considerando esta interpretación, la subcuenca ha alcanzado un estado de madurez intermedia, ya que se han erosionado las partes altas, pero la deposición de material en las partes bajas todavía no ha alcanzado el equilibro. La erosión irá disminuyendo conforme se vaya alcanzando mayor grado de madurez.

5.2.8 Perfil del cauce principal

De acuerdo con el modelo de elevación digital se creó un perfil topográfico del cauce principal, el cual se muestra en la figura 19.

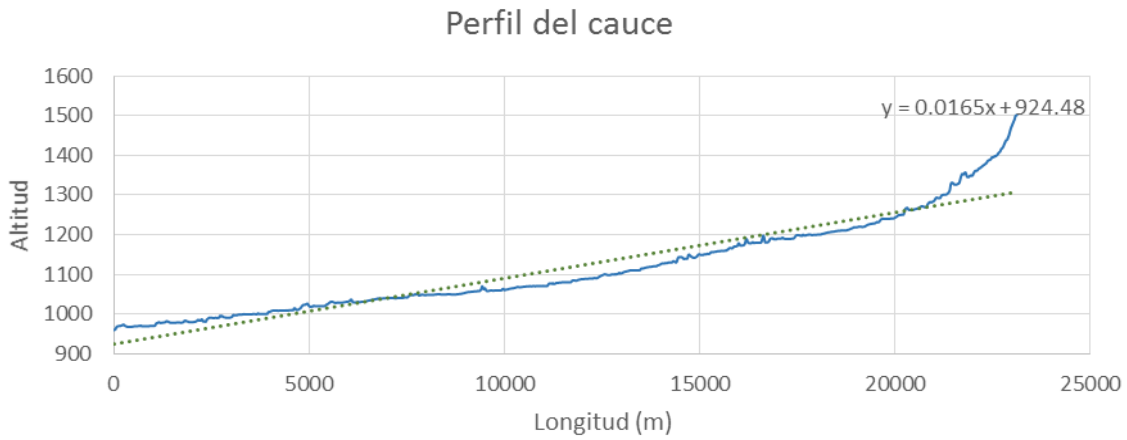


Figura 24. Perfil del cauce principal, subcuenca del río La Paz

En el perfil se aprecian cambios abruptos debido a la calidad de la información topográfica y al proceso de interpolación de las curvas de nivel. Dicho perfil permite tener una interpretación aproximada del comportamiento del cauce en la subcuenca.

El cauce en la parte alta presenta sus mayores pendientes, conforme se acerca a la parte baja de la subcuenca va disminuyendo su pendiente. De acuerdo a una regresión lineal, se determinó que el cauce presenta una pendiente promedio de 1,65%. En la parte alta el cauce tiende a ser recto y conforme las pendientes disminuyen se generan ligeros meandros en la confluencia con otros pequeños cauces.

5.3 Subcuenca Río Barranca

El área de drenaje del río Barranca fue delimitada a partir del punto de confluencia de este río con el río Barranca, en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 483 825 este y 233 495 norte a una elevación de 958,75 msnm.

La subcuenca se delimitó de manera manual mediante las curvas del Programa de Regularización de Catastro y Registro (PRCR) 2005-2007, en escala 1:5 000. Estas curvas presentan una separación vertical de 10 m.

A nivel nacional esta subcuenca forma parte de la gran cuenca del río Tempisque, que a su vez está contenida dentro de la cuenca madre del río Colorado. La subcuenca tiene una orientación noreste-suroeste y es parte de la vertiente pacífica.

5.3.1 Parámetros de forma

A partir de la delimitación topográfica que se muestra en el Mapa *1* y mediante el uso del programa *ArcMap 10.2* se obtuvo que la subcuenca tiene un área de 38 km^2 y un perímetro de 45,74 km. La longitud desde el punto de control hasta el punto más alejado, sobre la divisoria, siguiendo la trayectoria del cauce principal es de 23,01 km.

5.3.1.1 Coeficiente de compacidad

El coeficiente o índice de Gravelius (1914), brinda una idea de la forma de la subcuenca en comparación con la de un círculo de igual área. Cuanto más cercano a 1, más se asemeja a un círculo. Las subcuencas con valores cercanos a la unidad son propensas a responder a un evento de precipitación, de una manera más rápida por lo que se espera que la magnitud de las crecientes sean mayores que a las de una subcuenca alargada. La relación entre el Índice de Gravelius y la forma de la subcuenca se puede apreciar en la Figura 23.

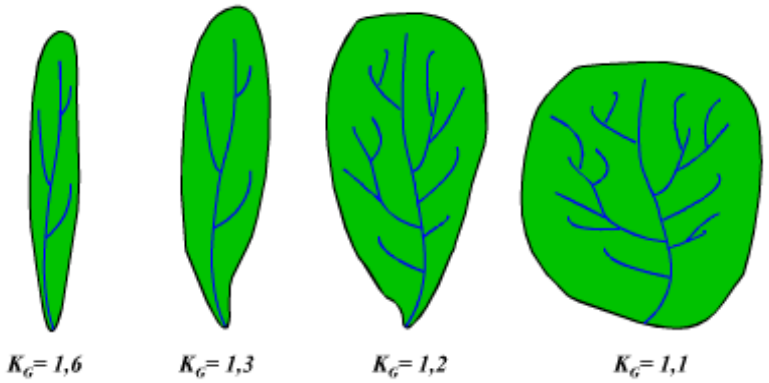


Figura 25. Formas de subcuencas para diferentes índices de compacidad.

Fuente: Musy 2001.

El índice se calcula con la siguiente fórmula según Gravelius (1914):

$$(17) \quad I_c = \frac{0{,}28P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P: Perímetro de la subcuenca (Km)

A: Área de la subcuenca (Km²)

Por lo tanto:

$$(18) \quad I_c = \frac{0{,}28 \; x \; 5{,}74}{\sqrt{38}} = 2{,}08$$

l índice de Gravelius obtenido corresponde a una subcuenca de forma alargada debido a que su valor se aleja mucho de la unidad, lo que se ve reflejado en una respuesta lenta de la influencia de las precipitaciones en el hidrograma de la subcuenca.

5.3.2 Factor de forma

El factor de forma propuesto por Horton (1932), expresa la relación entre el ancho promedio del área de drenaje y la longitud de la subcuenca:

$$(19) \quad F_f = \frac{A_p}{L}$$

Donde:

A_p= A/L = ancho promedio (km)

L = Longitud del cauce principal desde el punto de control hasta la divisoria de aguas (km).

En este caso:

$$(20) \quad F_f = \frac{38}{23{,}01^2} = 0{,}07$$

$$(21) \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{0{,}07} = 13{,}93$$

El inverso del factor de forma indica que existe una relación de 13,93 a 1 entre el largo y el ancho promedio de la subcuenca. De acuerdo a Villón (2004), si una subcuenca tiene un F mayor que otra, existe mayor posibilidad de tener una tormenta intensa simultánea sobre toda la extensión de la subcuenca. Por el contrario, si la subcuenca tiene un F menor, tiene menos tendencia a concentrar las intensidades de lluvias que una subcuenca de igual área pero con un F mayor.

5.3.3 Sistema de drenajes

La subcuenca está compuesta de 48,43 km de cursos de agua, según el PRCR 2005-2007. Estos cauces poseen una dirección predominante de noreste a suroeste. En el Mapa *1* se muestran los cauces delimitados en la cartografía.

El número de orden propuesto por Horton (1945) y modificado por Strahler (1964), indica el grado de ramificación de la red de drenaje. Para esta subcuenca el número de orden corresponde a 3. Se debe recordar que la escala utilizada fue 1:5 000.

La densidad de drenaje, se expresa mediante la relación de las longitudes de los cauces entre el área de la subcuenca. Para este cálculo se contabilizaron las longitudes indicadas en la cartografía.

$$(22) \quad D_d = \frac{\sum L}{A}$$

Para esta subcuenca la relación es:

$$(23) \quad D_d = \frac{48{,}43}{38} 1{,}27\ km^{-1}$$

El valor de densidad de drenaje se relaciona con la naturaleza de los suelos de la subcuenca, así como de la cobertura existente. Según Villón (2004), los valores altos de densidad de drenaje corresponden a zonas con poca cobertura vegetal y suelos fácilmente erosionables o impermeables; mientras que los valores bajos representan

suelos duros, poco erosionables y con una cobertura vegetal densa. De acuerdo con Strahler (1964), un valor de 1,27 km^{-1} corresponde a una baja densidad de drenaje.

5.3.4 Características del relieve

Toda la caracterización del relieve partió de la utilización de las curvas de nivel a cada 10 m del PRCR (2005-2007). Con base en estas curvas, se utilizó la herramienta "*Topo to Raster*" del programa *ArcMap* 10.2 en donde se crea un archivo tipo "*raster*" (imagen en mapa de bits) con celdas de 10 x 10, en donde se interpolaron los valores de las curvas de nivel. El procedimiento consiste básicamente en generar celdas con un ancho de 10m x 10m que cuentan con un valor de información (en este caso elevación) y posición. Estas celdas se generan a partir a la interpolación de elevaciones disponibles de las curvas de nivel.

5.3.5 Análisis de elevaciones

A partir de la información de elevación y posición de las curvas de nivel del PRCR 2005-2007 se generó un modelo de elevación digital, del cual se obtuvo una elevación promedio de 1393,32 m.s.n.m., la elevación máxima corresponde a los 2182,35 m.s.n.m. y la mínima a 957,63 m.s.n.m. En la Figura 26 se muestra el modelo en 3 dimensiones.

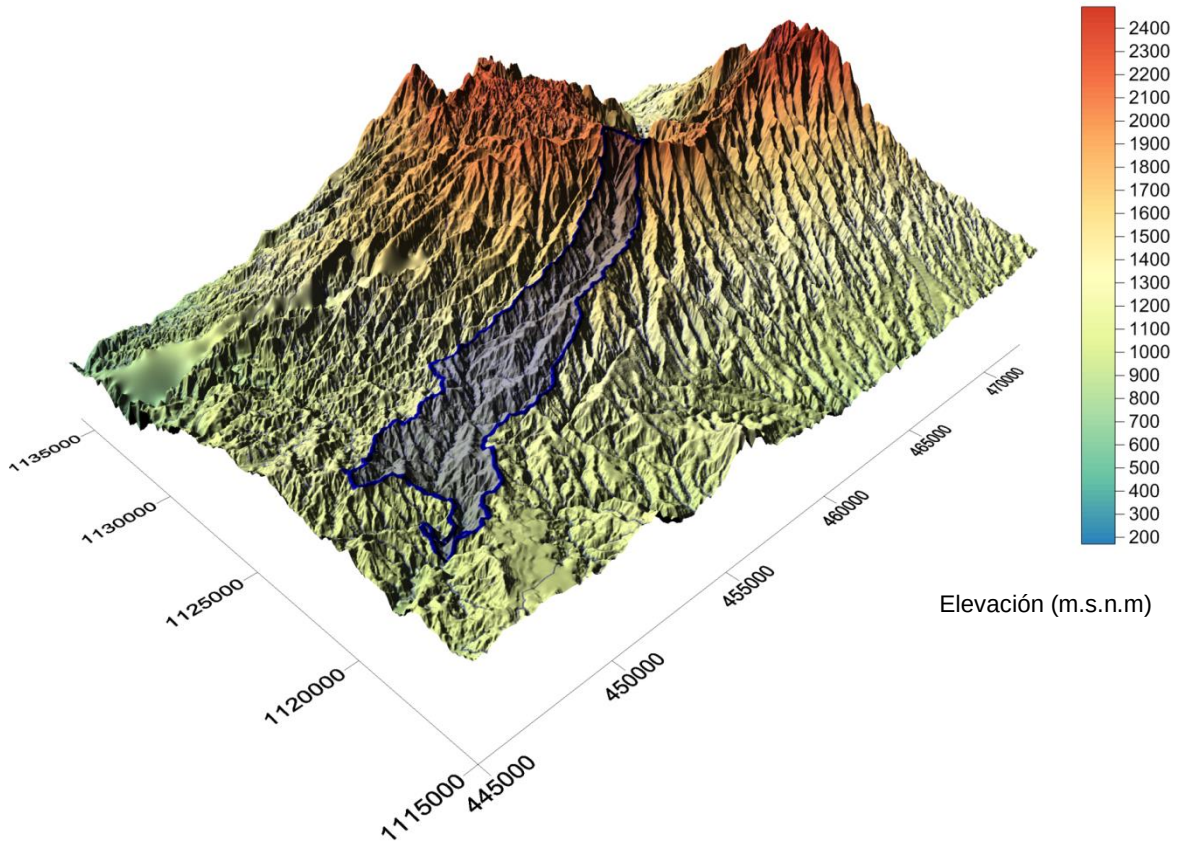


Figura 26. Modelo de elevación digital, subcuenca río Barranca

Las mayores elevaciones están localizadas en la parte noreste de la subcuenca, en las faldas de los cerros de la Cordillera Volcánica Central. Mientras que las elevaciones más bajas se encuentran en la parte suroeste, cerca de la confluencia con el río La Paz.

5.3.6 Curva hipsométrica

Una curva hipsométrica representa las altitudes de la subcuenca en relación con el porcentaje de área acumulada. Entre otras cosas, provee información en cuanto a la edad geológica de la subcuenca y parámetros que se relacionan con la altura y el área como lo es precipitación, evapotranspiración, escorrentía, entre otros (Langbein, 1947).

Con base en el modelo de elevación digital, se realizó una curva hipsométrica adimensional.

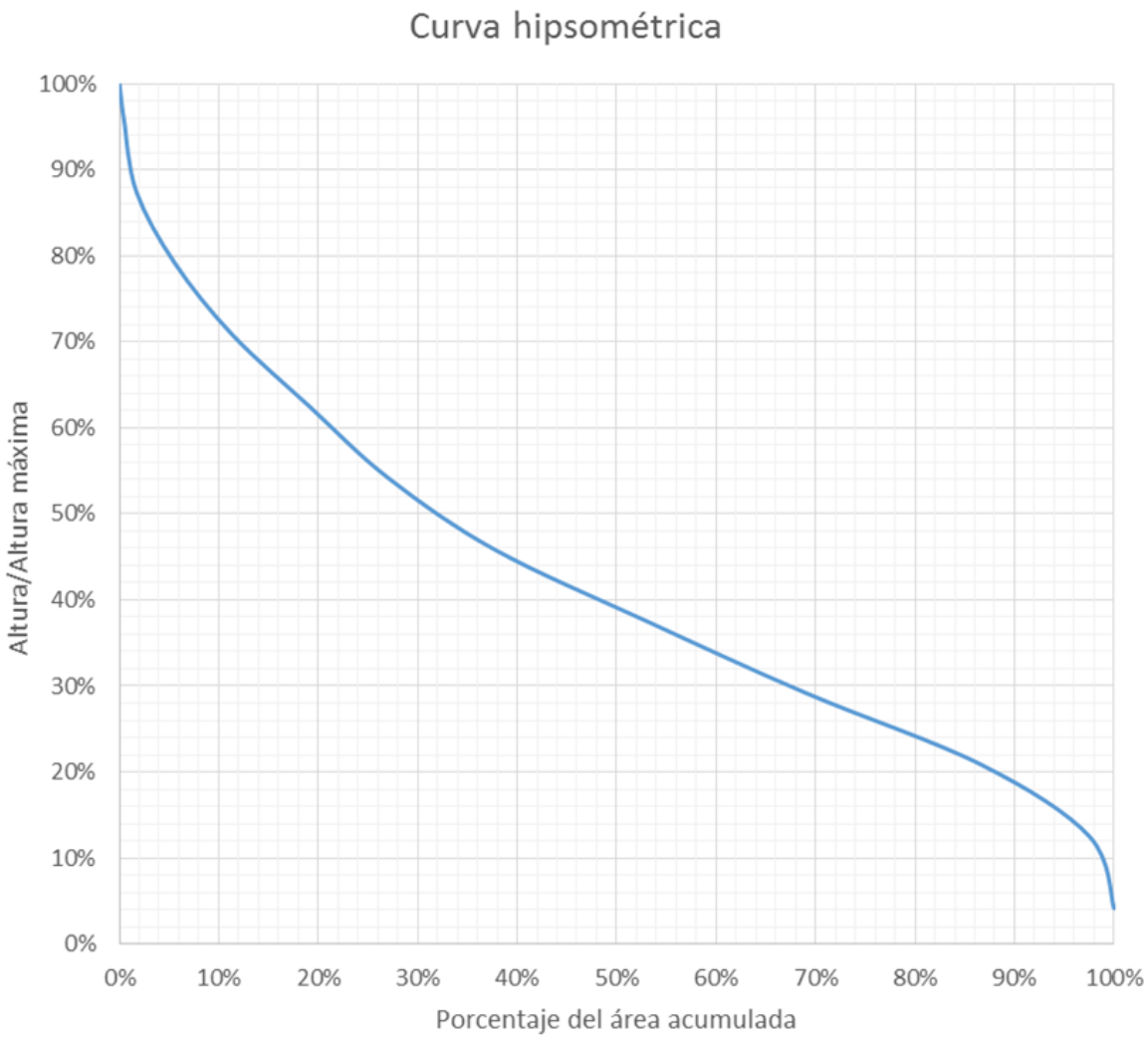


Figura 27. Curva hipsométrica de la subcuenca Río Barranca

De acuerdo a Strahler (1952) la concavidad y forma de la curva hipsométrica se pueden asociar a formaciones geológicas jóvenes, intermedias y viejas. Según Strahler, las subcuencas maduras poseen curvas hipsométricas en forma de “s”, con forma cóncava en las partes altas y convexas en las zonas bajas. Considerando esta interpretación, la subcuenca ha alcanzado un estado de madurez intermedia, pues la concavidad en su parte baja todavía no es pronunciada. En la Figura 27 se observa que la mayor parte del área de la subcuenca presenta alturas menores al 50% de la altura máxima.

5.3.7 Perfil del cauce principal

De acuerdo con el modelo de elevación digital se creó un perfil topográfico del cauce principal, el cual se muestra en la siguiente figura.

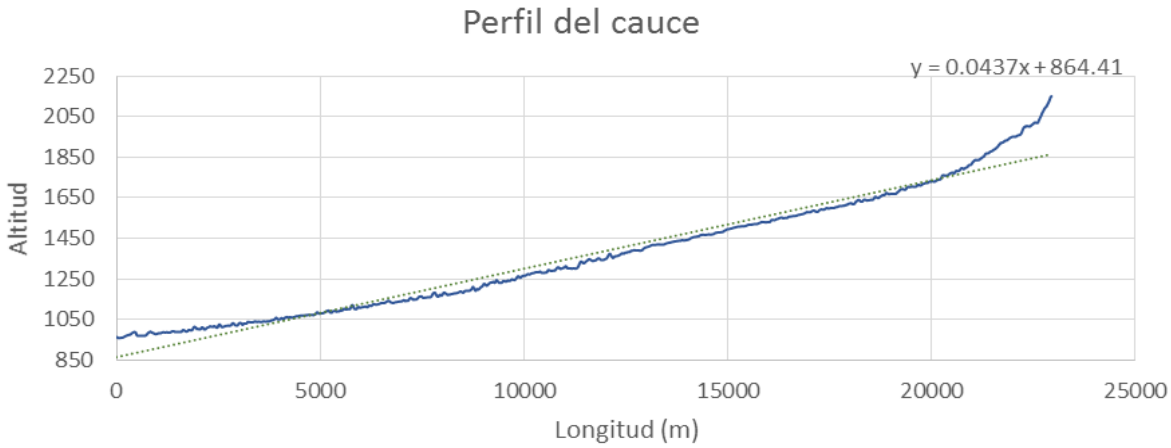


Figura 28. Perfil del cauce principal, subcuenca Río Barranca

En el perfil se aprecian cambios abruptos debido a la calidad de la información topográfica y al proceso de interpolación de las curvas de nivel. Dicho perfil permite tener una interpretación aproximada del comportamiento del cauce en la subcuenca.

El cauce en la parte alta presenta sus mayores pendientes, luego conforme se acerca a la parte baja de la subcuenca va disminuyendo las pendientes. De acuerdo a una regresión lineal, se determinó que el cauce presenta una pendiente promedio de 4,37%. En la parte alta donde presenta las mayores pendientes el cauce tiende a ser recto y conforme las pendientes disminuyen se generan ligeros meandros.

5.4 Región climática

El Instituto Meteorológico Nacional elaboró descripciones de la climatología regional del país de acuerdo con las características fisiográficas de cada zona y estableció siete regiones básicas, cada una con sus respectivas subregiones. Para delimitar las regiones climáticas se tomaron en cuenta los registros pluviométricos disponibles y deducciones según el conocimiento y experiencia de los autores.

En la Figura 29 se muestra la distribución espacial de las regiones climáticas definidas por el IMN en el área de estudio.

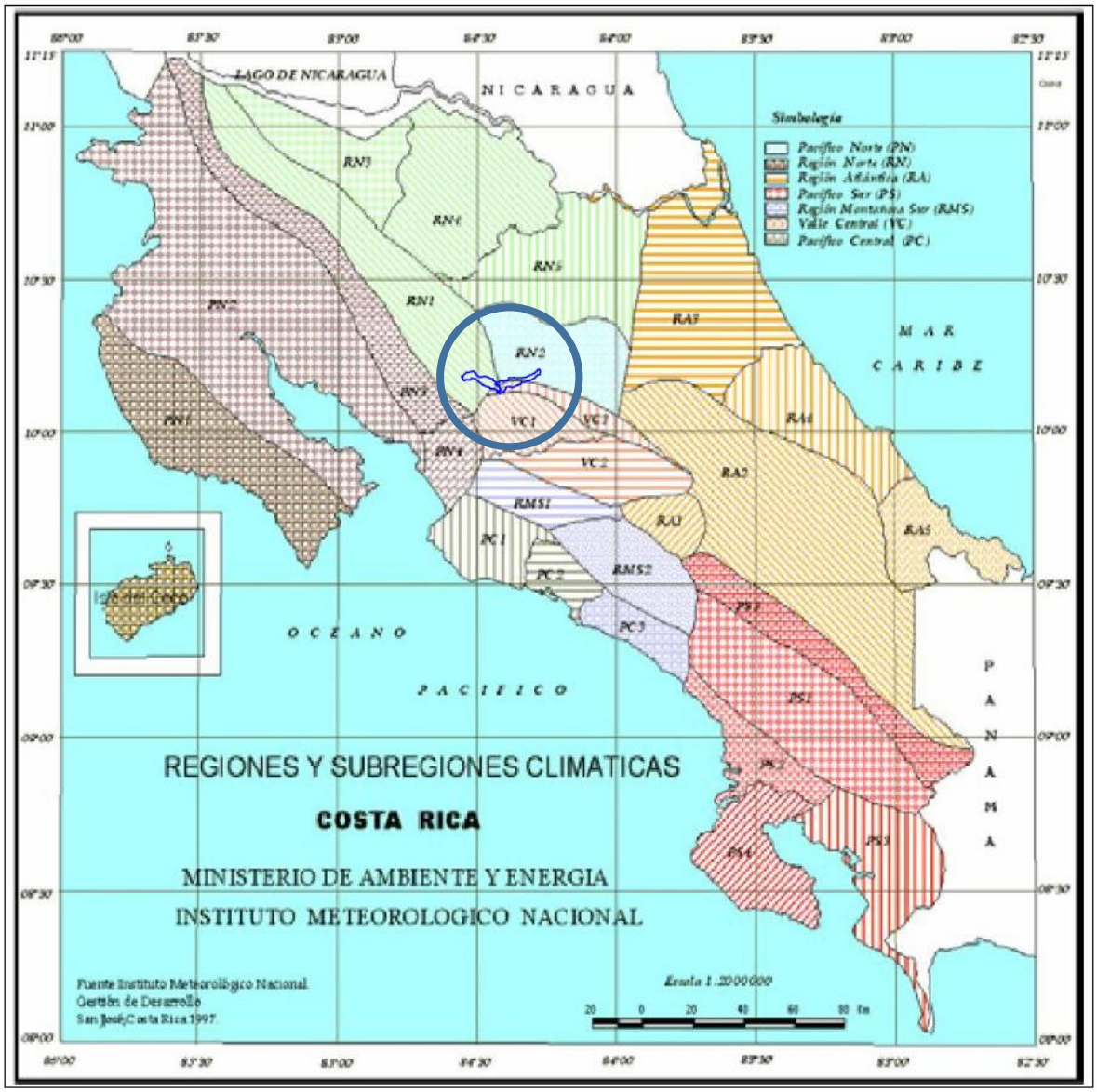


Figura 29. Regiones climáticas

Fuente: IMN, 2001

De acuerdo con IMN (1997 y 2001), al Sur de la cuenca del río Barranca y la subcuenca del río La Paz, se encuentran en las subregiones climatológicas denominadas “Valle Central Occidental” (VC1), “Faldas de la Cordillera Volcánica Central (Poás, Barva e Irazú)” (VC3), mientras que las partes altas (Noreste y Suroeste de las subcuencas) se ubican en “Faldas del Norte de la Cordillera Volcánica Central” (RN2) y “Faldas Orientales de las Cordilleras de Guanacaste y de Tilarán” (RN1).

En su mayoría, el área de estudio se localiza en la región RN1 y RN2. La región Noroeste se caracteriza por pertenecer al régimen de precipitaciones del Caribe donde llueve durante todo el año, aunque presenta disminuciones en los meses de febrero, marzo y octubre. Su clima es tropical húmedo. (Solano y Villalobos, 2001).

La subregión RN1 localizada al sur de Zarcero y hacia el oeste del área de estudio se caracteriza por tener una temperatura media entre los 17°C y 24°C, un promedio de 225 días con lluvia y una precipitación media anual de 3100 mm. Su clima es tropical húmedo y se ve afectado tanto por elementos climáticos como por factores geográficos, debido a su relieve montañoso. Se asocia a la formación forestal bosque muy húmedo subtropical, o sea bosque de media altura siempre verde.

La subregión RN2 se extiende en menor área que la subregión RN1 y se ubica ligeramente en la parte central y extremo noreste de la subcuenca Río Barranca. Esta subregión tiene una precipitación media anual de 3768 mm, una temperatura media de 17º y en promedio hay 226 días con lluvia a lo largo del año.

La región climatológica Valle Central abarca el sur del área de estudio. Esta es afectada por condiciones meteorológicas del Pacífico (la Zona de Confluencia Intertropical y vientos ecuatoriales) y condiciones del Caribe (vientos alisios del noreste, con derrame de nubosidad y lluvias débiles). La ubicación geográfica y su climatología mixta Caribe y Pacífica, enlazan varios tipos de clima que sobresalen en áreas pequeñas como son: clima de las faldas del Caribe, clima de las faldas del Pacífico, áreas en donde se reduce el período seco a un mes y pequeñas áreas de clima templado (Solano y Villalobos, 2001). Esta región climatológica abarca las subregiones Valle Central Occidental (VC1) y Faldas de la Cordillera Volcánica Central (VC3).

La subregión VC1 se caracteriza porque precipita anualmente en promedio 1950 mm, tiene una temperatura media de 22º y en promedio 129 días con lluvia a lo largo del año.

La subregión VC3 se caracteriza porque precipita 2820 mm de lluvia anualmente en promedio, tiene una temperatura media anual de 15º y en las partes con una elevación mayor a los 1600 msnm hay un promedio de 147 días con lluvia.

5.5 Zonas de vida de Holdridge

Leslie Holdridge (1967), botánico y climatólogo estadounidense, determinó un esquema de clasificación bioclimático en el cual denominó zonas de vida a los grupos de ecosistemas y asociaciones vegetales que están relacionadas a ciertos rangos de temperatura, precipitación y evapotranspiración.

"Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, las cuales tomando en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo". (Holdridge, 1967)

La figura 26 corresponde en el diagrama para la clasificación de las zonas de vida según Holdridge (1967).

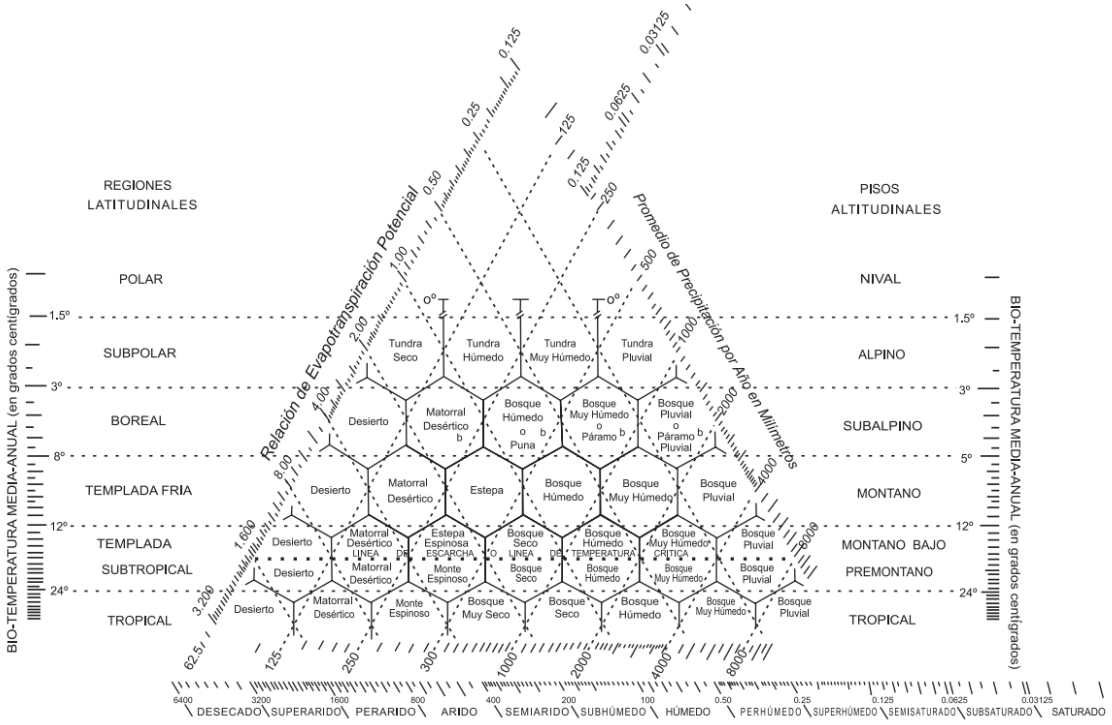


Figura 30. Diagrama para la clasificación de las zonas de vida del mundo

Fuente: Holdridge, 1967

El sistema de zonas de vida de Holdridge ha sido utilizado ampliamente en Costa Rica, ya que este sistema de clasificación ecológica mundial se basó en estudios realizados en diferentes países del trópico americano, Costa Rica inclusive.

Según el mapa ecológico de Costa Rica del Centro Científico Tropical (CCT, 2004) dentro del área de estudio hay 8 diferentes zonas de vida. En el siguiente cuadro se presenta la distribución de las zonas de vida en el área de interés.

Cuadro 5. Zonas de vida según Holdridge

Zona de vida	Área (km^2)	Porcentaje
Bosque húmedo montano bajo	2,28	3,1%
Bosque húmedo premontano	6,16	8,3%
Boque muy húmedo montano bajo	3,5	4,7%
Bosque muy húmedo montano bajo transición a húmedo	3,4	4,5%
Bosque muy húmedo premontano	41,8	56,4%
Bosque muy húmedo premontano transición a pluvial	2,8	3,8%
Bosque pluvial montano bajo	9,0	12,2%
Bosque pluvial premontano	5,2	7,0%
Total	74,06	100,0%

La distribución espacial de las diferentes zonas de vida que se encuentran en el área de estudio se puede observar en el Mapa 8 Zonas de vida.

De acuerdo con los “Aspectos generales sobre el mapa y el sistema de clasificación ecológico de zonas de vida” del Mapa ecológico de Costa Rica” (CCT, 1993), a continuación se describen las principales características de las zonas de vida presentes en las subcuencas del río La Paz y subcuenca alta del Río Barranca.

5.5.1 Bosque Húmedo Montano Bajo

“Este es un bioclima muy favorable para el desarrollo de actividades del uso del suelo, en especial la horticultura.

El rango de precipitación de esta Zona de Vida oscila entre 1400 y 2000 mm, como promedio anual. La biotemperatura media anual, que es igual a la temperatura, varía entre 12 y 17˚C. Presenta un período efectivamente seco de moderada longitud (entre 2 y 4,5 meses).

En su condición natural este bosque es de baja altura, con 20m o 25m, de dos estratos, poco denso, con moderada cantidad de epífitas; es siempreverde, aunque algunas especies son caducifolias en época seca; con árboles de troncos cortos y macizos. Es una de las Zona de Vida del país que más ha sido deforestada, a tal punto que no existen

bosques inalterados de la misma; únicamente se localizan pocos y pequeños parches de bosques moderada o fuertemente intervenidos".

5.5.2 Bosque Húmedo Premontano (bh-P)

"Este es un bioclima muy atractivo para el asentamiento humano y probablemente es la Zona de Vida más apreciada del país debido a su clima. Es también un excelente bioclima para el desarrollo de las actividades del uso de la tierra.

El rango de precipitación para esta Zona de Vida varía entre 1200 y 2200 mm, como promedio anual y su biotemperatura media anual oscila entre 17 y 24˚C, mientras que la temperatura media es de 24 a 27,8˚C. El bh-P presenta un período efectivamente seco de 3,5 a más de 5 meses.

El bosque húmedo Premontano es semidecidúo, con poca cantidad de epífitas de dos estratos, árboles con fustes cortos y macizos, poco denso y con una altura aproximada de 25m.

En la Zona de Vida Bosque húmedo premontano transición a pluvial se puede llegar a alcanzar precipitaciones de hasta 4000mm al año en promedio y su temperatura media varía entre los 12 y 17˚C".

5.5.3 Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB)

"Debido a su alta humedad, esta Zona de Vida presenta limitaciones moderadas para el desarrollo de las actividades del uso del suelo, especialmente la producción de cultivos agrícolas; sin embargo, es bastante apropiada para el desarrollo de la ganadería de leche.

Posee un rango de precipitación que oscila entre 1850mm y 4000mm como promedio anual, con una biotemperatura media entre 12˚C y 17˚C. El período seco para este bioclima varía entre 0 y 4 meses efectivamente secos. La presencia de neblina en este bioclima es bastante común.

El bosque natural inalterado de esta Zona de Vida se caracteriza por ser siempreverde, denso, con dos estratos, de moderada altura (25m-35m), con abundante cantidad de epífitas.

En la Zona de Vida transicional del bmh-MB, ***bosque muy húmedo montano bajo transición a húmedo*** *se presentan reducciones en la precipitación anual, más no hay variaciones drásticas en la temperatura, ya que ambas zonas de vida pertenecen al mismo piso altitudinal".*

5.5.4 Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-P)

"Esta es una condición favorable, pero no óptima, para el desarrollo de actividades del uso del suelo, debido a la abundante –aunque no excesiva- cantidad de precipitación. Los cultivos de tipo permanente y pastos son las actividades que mejor se adaptan a este bioclima.

Posee un rango de precipitación bastante amplio: entre 2000 mm y 4000 mm como promedio anual. Su rango de biotemperatura, el cual es similar al rango de temperatura, varía entre 17˚C y 24˚C. En el caso de la ***transición pluvial*** *el rango de precipitación oscila entre 4000 mm y 4500 mm. El período seco en esta zona de vida es también muy variable, dependiendo de la región en la cual esté ubicado. Puede variar de 0 hasta aproximadamente 5 meses efectivamente secos.*

La vegetación natural inalterada del bosque muy húmedo Premontano se caracteriza por ser de mediana altura, aproximadamente entre 30 m y 40 m de altura; densidad media; de dos a tres estratos y es siempreverde, con algunas especies deciduas durante la estación seca. Hay moderada o abundante cantidad de epífetas".

5.5.5 Bosque Pluvial Montano Bajo

"El bp-MB es una Zona de Vida sumamente restrictiva para el desarrollo de las actividades del uso del suelo, debido a su excesiva precipitación pluvial y al alto grado de humedad ambiental. Es también un clima muy inhóspito al hombre.

Presenta este bioclima un rango de precipitación pluvial superior a los 3600 mm como promedio anual; su límite máximo no está bien definido, pero puede alcanzar en algunos sectores los 7500 mm a 8000 mm. El ámbito de biotemperatura media anual al igual que el de temperatura varía entre 12˚C y 17˚C. El período efectivamente seco en este bioclima es moderado o no existe (0-3 meses), dependiendo si está en la vertiente del Pacífico o del Atlántico. Las neblinas son parte integral de esta Zona de Vida.

Los bosques de esta Zona de Vida se caracterizan por ser siempre verdes, de baja o mediana altura (20 m a 30 m), muy densos, con troncos delgados y muchas ramas, con abundantes epífetas, especialmente musgos, que comúnmente cubren todo el tronco y ramas de los árboles".

5.5.6 Bosque Pluvial Premontano

"En general, los bioclimas pluviales son muy restrictivos para el desarrollo de actividades agropecuarias en forma sostenible, debido a la excesiva precipitación y a la alta tasa de humedad predominante. Por estas mismas razones, pocos grupos humanos habitan esta zona de vida.

Se caracteriza por presentar una precipitación pluvial superior a los 4000 mm anuales y que en algunas partes del país sobrepasan los 6000 o 7000 mm. El rango de biotemperatura y el de temperatura media anual varía entre 17˚C y 24˚C. No presenta período efectivamente seco definido o éste es muy corto (menos de dos meses). La ocurrencia de neblinas es muy común en esta Zona de Vida. En el caso de la transición Basal Tropical, ésta tiene un rango de precipitación entre 6000 mm y 6500 m y un rango de biotemperatura de 24˚C a 25˚C y la temperatura media anual varía entre 24˚C y 26˚C.

Los bosques de esta Zona de Vida se caracterizan por ser siempreverdes, con abundante cantidad de epífetas, alta biodiversidad; son muy densos, de mediana altura (30 m a 40 m) y de 3 estratos.

En el siguiente cuadro se resumen los rangos de precipitación y temperatura característicos de cada una de las zonas de vida encontradas en el área de estudio. Según el Mapa *8*, Zonas de vida de Holdridge, es posible identificar que la precipitación se incrementa con la altura, mientras que la temperatura media disminuye.

Cuadro 6. Caracterización de las zonas de vida

Zona de vida	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Bosque húmedo montano bajo	1400-2000	12-17
Bosque húmedo premontano	1200-2200	17-24
Boque muy húmedo montano bajo	1850-4000	12-17
Bosque muy húmedo montano bajo transición a húmedo	1850-4000	12-17
Bosque muy húmedo premontano	2000-4000	17-24
Bosque muy húmedo premontano transición a pluvial	4000-4500	17-24
Bosque pluvial montano bajo	>3600	12-17
Bosque pluvial premontano	>4000	17-24

5.6 Precipitación

La subcuenca del río Paz posee un área de 35 km^2, mientras que el área de la cuenca alta del río Barranca es de 38 km^2. Dentro de estas grandes extensiones de terreno hay variabilidad climática, como se explicó en el apartado anterior; por lo que para estimar la precipitación sobre el área de estudio es preferible contar con varias estaciones climatológicas que representen dicha variabilidad. Cuanto más completa sea la información disponible alrededor de la subcuenca, mayor será la exactitud del modelo generado.

Para calcular la precipitación sobre las subcuencas del río La Paz y Río Barranca en su parte alta, se utilizaron los registros de lluvia del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) en el área cercana a las subcuencas. Se encontró que las estaciones de Picada de Palmira, Zarcero y Piedades Sur de San Ramón tienen registros de precipitación en un mismo periodo (1985 al 2013). Con el fin de tomar en cuenta tanto la variabilidad espacial como temporal de los registros, el análisis de la precipitación en el área de estudio se llevó a cabo a partir de los valores promedio mensuales del período 1985 al 2013. Es importante mencionar que estas estaciones cuentan con registros que son actuales, o sea que representan la influencia que tiene el cambio climático sobre las subcuencas en años recientes.

Cuadro 7. Estaciones meteorológicas

Estación	Número	Institución	Altitud (msnm)	x (m)	y (m)
Picada de Palmira	69616	ICE	2072	499081.61	242418.81
Piedades Sur	80009	IMN	1020	477867.29	233275.89
Zarcero	69512	IMN	1736	494308.35	240643.08

En el Mapa 9 se muestra la ubicación de las tres estaciones. La subcuenca del río La Paz y cuenca alta del río Barranca se localizan en la subcuenca del Río Barranca, que a nivel nacional pertenece a la vertiente pacífico. Hacia el Sur de la subcuenca del río La Paz se encuentra la estación meteorológica Piedades Sur. La divisoria de aguas hacia el norte de ambas subcuencas limita con la vertiente atlántica en donde se ubican las estaciones Zarcero y Picada de Palmira, por lo que se consideró de importancia incluir estas estaciones, ya que según su ubicación geográfica representan zonas de vida presentes en las subcuencas de estudio. Se aclara que las tres estaciones indicadas anteriormente fueron utilizadas para obtener datos únicamente de precipitación. Cabe aclarar como se indica en la sección de Variación de la temperatura mensual, que la estación Cooperativa de Naranjo fue utilizada únicamente para calcular la temperatura media en el área de estudio.

La estimación de la precipitación promedio mensual y anual de las subcuencas se realizó utilizando el programa de análisis espacial Surfer 11, mediante el método de “Kriging”, desarrollado para interpolaciones en la naturaleza. Este método geoestadístico de estimación de puntos utiliza un modelo de variograma para la obtención de datos, calcula los pesos que se darán a cada uno de los puntos de referencias usados en la valoración, basándose para ello en la premisa de que la variación espacial de determinada población continúa con el mismo patrón, es decir, los puntos próximos en el espacio tienden a tener valores más parecidos que los puntos más distantes. Por ello, el método *Kriging* es considerado como un modelo de predicción lineal, asumiendo que los datos recogidos de una determinada población se encuentran correlacionados en el espacio.

Este método busca hallar la mejor estimación o predicción lineal posible de la variable analizada a partir de la información disponible, valores muestreables y relaciones de dependencia espacial, cuando ésta sigue una distribución de probabilidad normal, imponiendo el criterio de ausencia de sesgo y minimización de la varianza de estimación,

la cual a su vez, permitirá detectar algún error sistemático, tal como sucede en los fenómenos naturales inducidos por procesos físicos.

Frecuentemente estos procesos físicos tienen orientaciones preferentes. Al calcular los pesos de interpolación, el algoritmo incorpora esta anisotropía natural. La escala de longitud, repetibilidad de datos, y la anisotropía no son una función de las ubicaciones de datos. Estos entran en el algoritmo de Kriging a través del variograma.

Para realizar la interpolación de la precipitación en el área de estudio se recurrió a la creación de 2 estaciones homólogas a partir del criterio de zonas de vida de Holdridge. Se les llamó estaciones homólogas ya que se ubicaron espacialmente en la misma zona de vida que otra estación, con el fin de abarcar más área espacialmente y modelar la interpolación de mejor manera.

La parte noroeste de la subcuenca del río La Paz se encuentra en la zona de vida bosque pluvial montano bajo, al igual que la estación Picada de Palmira, por lo que se utilizaron los registros de esta estación para crear la estación homóloga 1. Por otro lado, el sur de la subcuenca alta del río Barranca se localiza en la zona de vida bosque muy húmero premontano, por lo que se tomó como referencia la estación Piedades Sur para crear la estación homóloga 2.

Mediante el procedimiento de interpolación se generaron los mapas de celdas para cada uno de los meses del año, como insumo para el balance hídrico. En el Mapa *10* se observa la variación de la precipitación en el área de estudio.

De acuerdo con el Mapa 10, la lluvia se incrementa hacia las partes altas de ambas subcuencas, sin embargo la subcuenca del río Barranca presenta una disminución de la precipitación media anual en su parte central. Este comportamiento se justifica desde el punto de vista de las zonas de vida, ya que la parte central de esta subcuenca se encuentra cerca de las zonas de vida bosque húmedo premontado, hacia el sur en gran parte de su extensión y bosque húmedo montano bajo, en el tercio superior de la subcuenca hacia el noreste. Ambas zonas de vida presentan los menores rangos de precipitación, de 1200 a 2000mm y 1400 a 2000mm respectivamente, de acuerdo con el Cuadro 6.

En el Cuadro 8 se desglosa a nivel mensual el comportamiento de la precipitación en el área de estudio. Se observa que la precipitación promedio varía entre los 2222 mm a los 3145 mm por año, y el valor medio ponderado en el área de estudio es de 2719 mm.

Cuadro 8. Precipitación promedio mensual en el área de estudio

Mes	Pmín (mm)	Pmáx (mm)	Pmed (mm)
Enero	7,52	179,76	51,59
Febrero	13,27	105,75	36,54
Marzo	8,27	76,9	26,99
Abril	35,09	78,27	50,47
Mayo	237,71	320,44	291,06
Junio	307,08	399,86	361,87
Julio	239,68	313,2	274,43
Agosto	292,39	353,63	334,49
Septiembre	378,96	501,84	447,53
Octubre	390,15	599,54	488,35
Noviembre	190,15	339,79	260,06
Diciembre	47,48	239,98	95,61
Anual	2222,44	3145,73	2719,00

En el Cuadro 9 se presenta la precipitación media mensual ponderada por subcuenca, para cada mes del año. Al tratarse de valores medios ponderados según el área de cada subcuenca, se entiende que en ambas subcuencas se presentan precipitaciones mayores y menores a la media mostrada.

Cuadro 9. Precipitación media mensual ponderada por área de cada subcuenca (mm)

Mes	La Paz	Barranca
Enero	72,47	31,83
Febrero	48,73	24,8
Marzo	36,92	17,33
Abril	57,51	43,48
Mayo	304,36	278,36
Junio	372,59	351,55
Julio	288,54	260,94
Agosto	346,82	322,67
Septiembre	458,29	437,16
Octubre	506,74	470,99
Noviembre	288,97	232,94
Diciembre	120,18	72,45
Anual	2902,12	2544,5

En la Figura 31 se observa que el régimen de lluvias en ambas subcuencas presenta el mismo comportamiento a lo largo del año, sin embargo la precipitación media mensual de la subcuenca del río La Paz presenta magnitudes mayores que en la subcuenca alta del río Barranca. El régimen de precipitación presenta el comportamiento típico de las subcuencas de la vertiente pacífico, disminuyendo en los primeros meses del año y se incrementa principalmente en los meses de setiembre y octubre. Además se evidencia la influencia del fenómeno del veranillo de San Juan, con una leve disminución de las lluvias en el mes de julio. Esto se debe a que los frentes frío provenientes del sur no logran subir hacia el norte, producto de las altas temperaturas que se presentan en esta época del año, y por ende se interrumpe parcialmente la estación lluviosa.

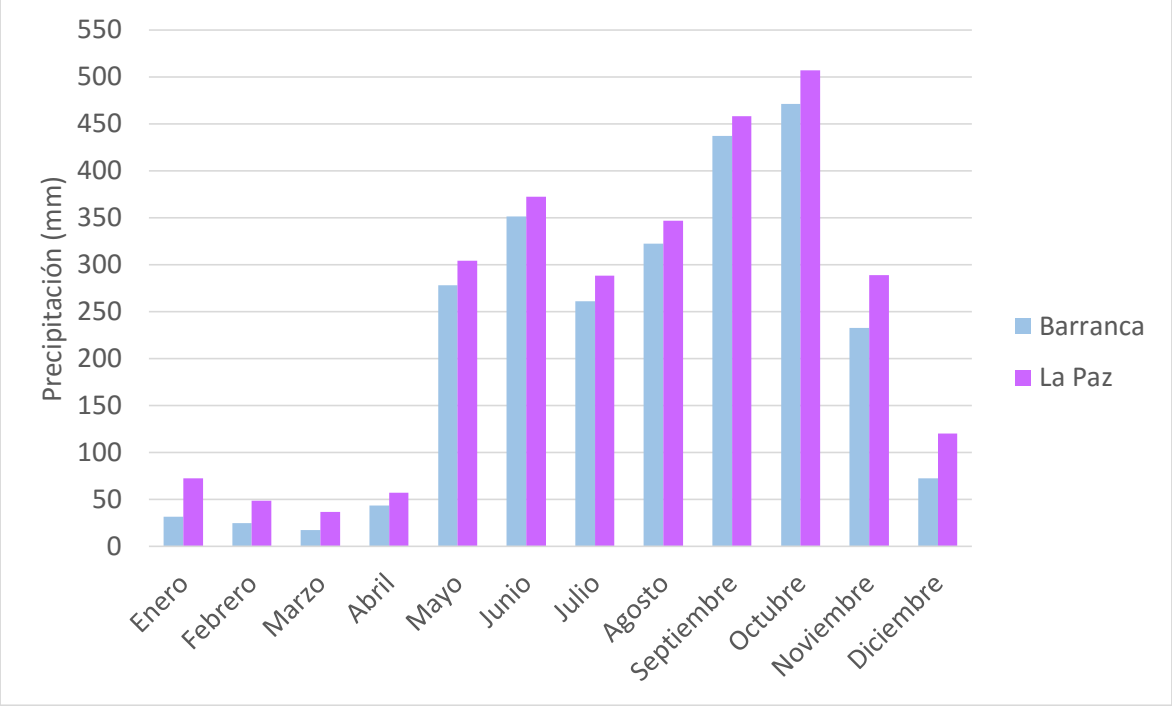


Figura 31. Precipitación media mensual

5.7 Evapotranspiración potencial

En el área de estudio no se cuenta con registros de temperatura media de ninguna estación meteorológica, motivo por el cual se aplicó el método de Holdridge para determinar la evapotranspiración potencial, con ayuda del método propuesto por Agustín Rodríguez para el cálculo de la temperatura media.

El método de Holdridge toma como referencia la biotemperatura (t_{bio}). Según Holdridge, la biotemperatura es el promedio de las temperaturas (°C) a las cuales tiene lugar el crecimiento vegetativo, en relación con el periodo anual. El rango de temperaturas dentro del cual ocurre el crecimiento vegetativo tiene lugar entre los 0°C y 30 °C.

$$(24) \quad \overline{ETP} = 58{,}93 * t_{bio}$$

5.7.1 Biotemperatura

En 1983 el Ing. Agustín Rodríguez realizó una investigación que provee una metodología para la evaluación de los recursos hídricos en una subcuenca con información insuficiente, basado en los diagramas de Holdridge para la determinación de las zonas de vida.

"La biotemperatura se define como la temperatura media anual, calculada de manera que todos los valores horarios de temperatura por debajo de 0°C y mayores de 30°C se consideran como cero. Esta modalidad da como resultado que en los climas de temperaturas extremas, la biotemperatura es menor que la temperatura ambiental del aire. En los climas moderados, es decir donde 0°C<T<30°C, ambas temperaturas son iguales, cual es el caso para la mayoría de la superficie de Costa Rica, y solamente en las más altas montañas de Talamanca o en las costas es necesario recalcular los promedios de temperatura, para encontrar el valor correcto de la biotemperatura". (Rodríguez, 1983)

En el estudio de Rodríguez (1983) se plantea que la temperatura varía con la altitud y por lo tanto se determinó una relación entre el gradiente térmico con la altura a partir de registros de 25 estaciones ubicadas a lo largo de todo el país. Es importante mencionar que la ecuación resultante se calibró para datos meteorológicos en Costa Rica. Además, la ecuación resultante incorpora una corrección de acuerdo con el régimen pluviométrico.

$$(25) \quad t_{bio} = 27{,}55 - 0{,}00045\bar{P} - 0{,}0055 * \bar{E}$$

Donde,

Tbio=biotemperatura (°C)

$\bar{P}$=precipitación media anual (mm)

$\bar{E}$=Elevación media de la subcuenca (m.s.n.m.)

En el Cuadro 10 se presenta la biotemperatura de ambas subcuencas. La biotemperatura alcanza valores menores en la subcuenca alta del río Barranca, ya que presenta mayores altitudes, según indicó en el apartado *Características del relieve.*

Cuadro 10. Biotemperatura en las subcuencas

Subcuenca	T_{bio} min. (°C)	T_{bio} máx. (°C)	T_{bio} media (°C)
Río La Paz	17,39	21,03	19,64
Río Barranca	14,25	21,10	18,77

En el Mapa *11* se aprecian los rangos de temperatura media en las subcuencas. Se observa que la biotemperatura disminuye con la altitud, tal y como lo planteó Rodríguez (1983). En general, la biotemperatura en el área de estudio varía entre los 14,25 y 21,10°C a lo largo del año; siendo su valor medio de 19,17°C. Nótese que este valor

medio de toda el área de estudio no coincide con el Cuadro 10 pues se presenta la información por subcuenca.

La biotemperatura calculada en el área de estudio es coherente con el Mapa *8*, ya que según el Cuadro 6, los rangos de temperatura que se estimaron con la ecuación calibrada por Rodríguez (1983) coinciden con lo planteado por Holdridge.

A partir del mapa de celdas de biotemperatura se calculó un mapa de evapotranspiración potencial de Holdridge, donde se obtuvo la ETP anual que se tomó de punto de partida para estimar la ETP mensual.

5.7.2 Variación de la temperatura mensual

Se empleó la metodología utilizada por Rodríguez (2013), la cual establece que para determinar la ETP mensual debe corregirse el valor anual por un porcentaje de variación de la temperatura a nivel mensual y multiplicar por la razón de días en el mes entre días al año.

Como no se tienen registros de la temperatura media en ninguna estación dentro del área de estudio se tomó como referencia la variación de la temperatura promedio (con respecto al promedio anual) en una estación cercana del IMN, la 84075 Cooperativa de Naranjo en las coordenadas x y y de la cuadrícula Lambert Norte 494 655 este y 232 160 norte a una elevación de 1100 m.s.n.m. Se muestra la ubicación de esta estación en el Mapa *11*.

Esta estación no se tomó en cuenta para el cálculo de la precipitación en el área de estudio, ya que la extensión de los registros de la estación Cooperativa de Naranjo va de 1971 al 2001 y este periodo no coincide con el rango de años utilizado para estimar la precipitación (1985-2013). No se tienen registros de temperatura de otras estaciones en el mismo periodo de años que el utilizado para determinar la precipitación.

Se considera que la temperatura promedio en esta estación no es representativa de toda el área de estudio, ya que se ubica en una zona de baja altitud dentro de la zona de vida bosque muy húmedo premontano. Ya se ha discutido ampliamente en este estudio que ambas subcuencas presentan amplia variabilidad climática; sin embargo se trabajó con la variabilidad mensual, no con la magnitud de la temperatura promedio. En el Anexo 2 se

encuentran los registros de temperatura máxima y mínima utilizados para realizar el gráfico de variabilidad mensual de la estación Cooperativa de Naranjo.

Para obtener la variación mensual de la temperatura a nivel mensual se calculó la temperatura promedio anual de la estación Cooperativa de Naranjo y posteriormente se comparó contra la temperatura promedio de cada mes, según de los registros del IMN. De la Figura 32 se observa que en la estación 84075 Cooperativa de Naranjo, la temperatura promedio mensual es mayor que el promedio anual durante los meses de marzo a agosto, y menor de setiembre a febrero.

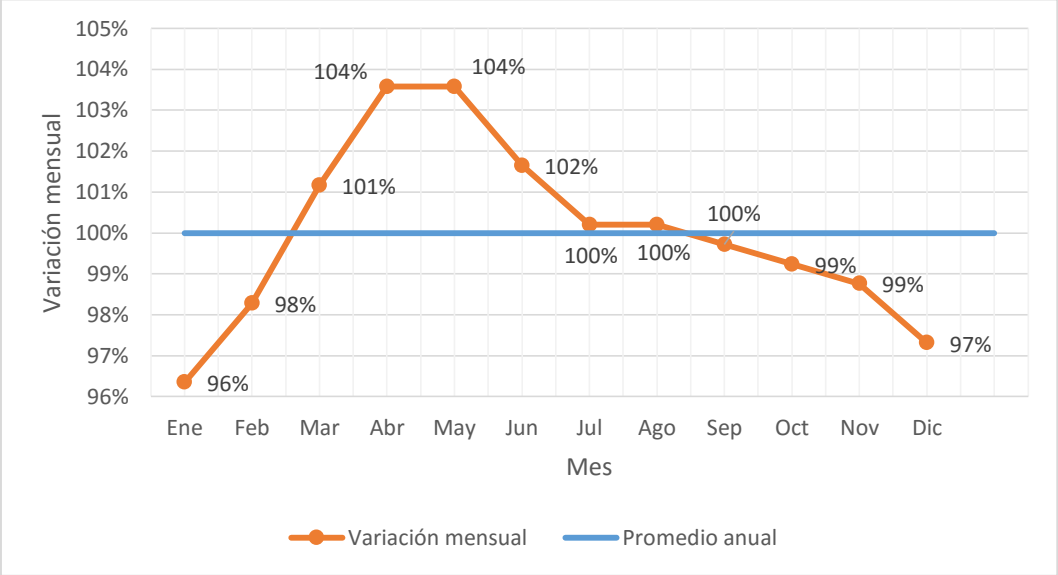


Figura 32. Variación mensual de la temperatura promedio en la estación Coop. Naranjo

5.7.3 Evapotranspiración potencial

Se estimó la evapotranspiración potencial mensual partiendo del mapa de celdas de la evapotranspiración potencial anual en la zona de estudio calculado a partir de la biotemperatura con el método de Holdridge y la variación de la temperatura promedio en una estación cercana.

En el Cuadro 11. Evapotranspiración potencial promedio mensual del área de estudio se resumen el valor mínimo, máximo y medio de la ETP. Se observa que dentro del área de estudio la ETP varía de los 840 mm a 1241 mm al año.

Cuadro 11. Evapotranspiración potencial promedio mensual del área de estudio

Mes	ETP mín (mm)	ETP máx (mm)	ETP med (mm)
Enero	68,48	101,35	92,13
Febrero	63,14	93,45	84,95
Marzo	72,05	106,63	96,93
Abril	71,8	106,25	96,59
Mayo	74,19	109,79	99,80
Junio	70,42	104,21	94,73
Julio	71,34	105,57	95,97
Agosto	71,34	105,57	95,97
Septiembre	69,04	102,16	92,87
Octubre	70,62	104,51	95,01
Noviembre	68,35	101,14	91,94
Diciembre	69,20	102,40	93,09
Anual	839,95	1241,45	1130,0

A continuación se presenta la evapotranspiración media mensual ponderada por área de ambas subcuencas para cada mes del año. Se aclara que al tratarse de valores medios ponderados habrá valores mayores y menores de evaportranspiración potencial en ambas subcuencas según el área respectiva.

Cuadro 12. Evapotranspiración potencial media mensual ponderada por área de cada subcuenca

Mes	La Paz (mm)	Barranca (mm)
Enero	94,33	90,11
Febrero	86,98	83,08
Marzo	99,25	94,80
Abril	98,90	94,47
Mayo	102,20	97,62
Junio	97,00	92,66
Julio	98,27	93,87
Agosto	98,27	93,87
Septiembre	95,10	90,84
Octubre	97,29	92,93
Noviembre	94,14	89,93
Diciembre	95,32	91,05
Anual	1157,05	1105,23

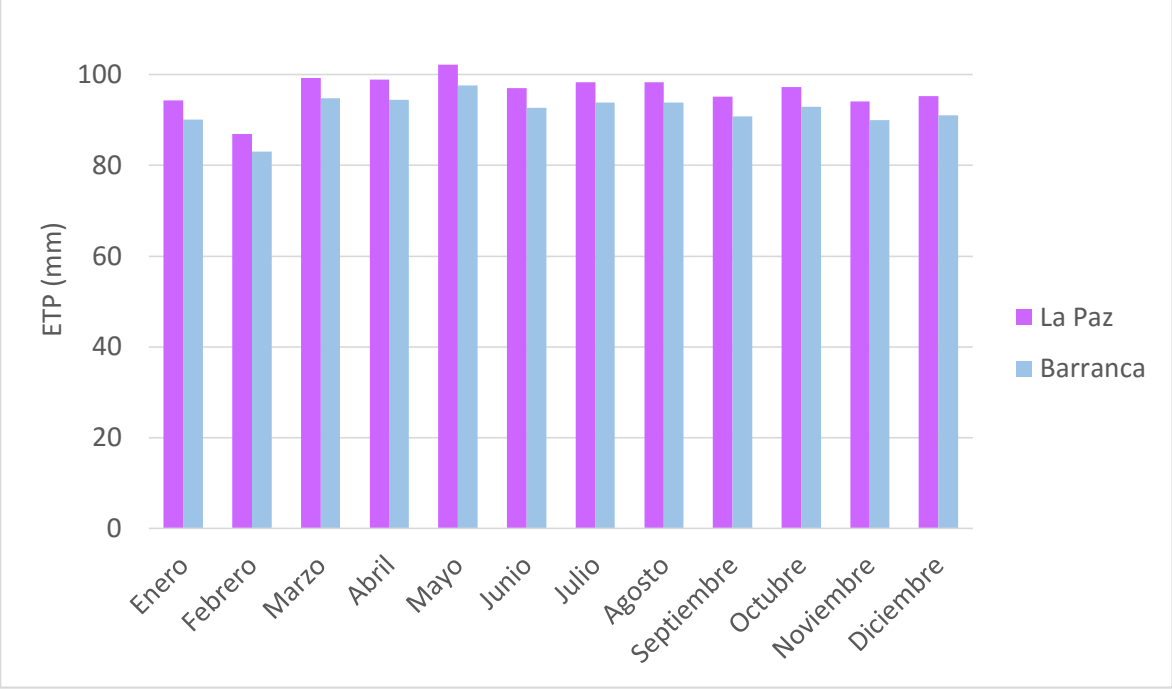


Figura 33. Evapotranspiración potencial mensual

A partir de la información mostrada en el Cuadro 12 y la Figura 33 se aprecia que la evapotranspiración media anual en la subcuenca del río La Paz es mayor que para la subcuenca alta del río Barranca, ya que la primera subcuenca presenta temperaturas medias mayores (ver mapa 12.). Lo anterior puede corroborarse en el Mapa *12*, pues se observa que conforme aumenta la altitud, disminuye la evapotranspiración potencial, alcanzando valores mínimos en la parte noreste de la subcuenca alta del río Barranca que es donde se presentan las mayores elevaciones.

5.8 Aforos

En el área de estudio se realizaron un total de 46 aforos (Mapa *13*Mapa 13.) durante 5 días de trabajo de campo, distribuidos en ambas cuencas con el fin de obtener los resultados aplicables para poder determinar si las características de los distintos ríos son influentes o efluentes con relación a los acuíferos locales. Para cada uno de los cauces definidos para aforar, se procedió a ubicar un punto triple y un cuarto punto de control, lo que en otras palabras comprende la ubicación de dos puntos para aforar en cada uno de los dos cauces tributarios, para un posterior aforo en un punto cercano al sitio de confluencia. El cuarto punto de aforo se midió aguas abajo del río, en un punto de control donde no existieran aportes de tributarios a éste.

El Anexo 3 muestra los resultados obtenidos de los caudales aforados. En todos los casos se utilizó el método de velocidad - sección, los cuales fueron medidos con instrumentos de precisión.

-Subcuenca La Paz

- **Punto triple P1, P2, P3 y P4**

  En la sección de la red fluvial para la subcuenca del rio La Paz (P1-P4), el comportamiento de dicho tramo es tipo efluente, donde el acuífero descarga agua al río en dicha zona, con un caudal total medido en el aforo P4 de 621 l/s.

- **Punto triple quebrada El Manco Río La Paz (P5, P6, P7 y P8)**

En esta zona, el punto triple tiene un comportamiento de río efluente sin embargo entre los aforos P7 y P8, el tramo del río La Paz pierde considerablemente el caudal (824 l/s). Dicho comportamiento de influencia del río en el último tramo se puede atribuir a la presencia de un alineamiento (falla cubierta). El mapa geológico muestra facetas triangulares asociadas a dicha falla.

- **Punto triple P10, P11, P12, y P13**

Para dicho punto triple, es importante aclarar que el aforo P 13 no tiene agua para aforar.

Analizando los puntos de aforo P13 (0 l/s) y P12 (2208 l/s) para un punto triple de P11 (1304 l/s) se tiene un comportamiento de influencia del río, asociado a la presencia de de una falla sinestral, ver mapa geológico (Mapa *3*).

Sin embargo en el tramo de aforos entre el P11 y P10 se tiene un comportamiento efluente, esto debido al aumento de caudal de 1304 l/s a 1352 l/s.

- **Sitio toma Barranca P9, B3, B2 y B1**

Para el sitio denominado como sitio de toma del río Barranca, donde el caudal aforado en P9 (1989 l/s) y el caudal del B3 (379 l/s), con un caudal aforado de 2403 l/s (PB2) en el punto triple y un caudal de 2 464 l/s (B1) en el punto de amarre o punto de aforo ubicado aguas abajo, ver anexo 3, Mapa *13*, generan un comportamiento del río tipo efluente.

Además, el AYA tiene un registro histórico de caudales en el sitio de toma desde el año 1999. Para el mes de mayo, mismo mes donde se realizaron los aforos del presente informe, el caudal máximo histórico (de 16 años de mediciones) es de 2524 l/s. (ver Anexo 4, Registro histórico de caudales). Según lo observado en la figura, para el mes de mayo el caudal mínimo histórico es de 750 l/s y el promedio es de 1400 l/s

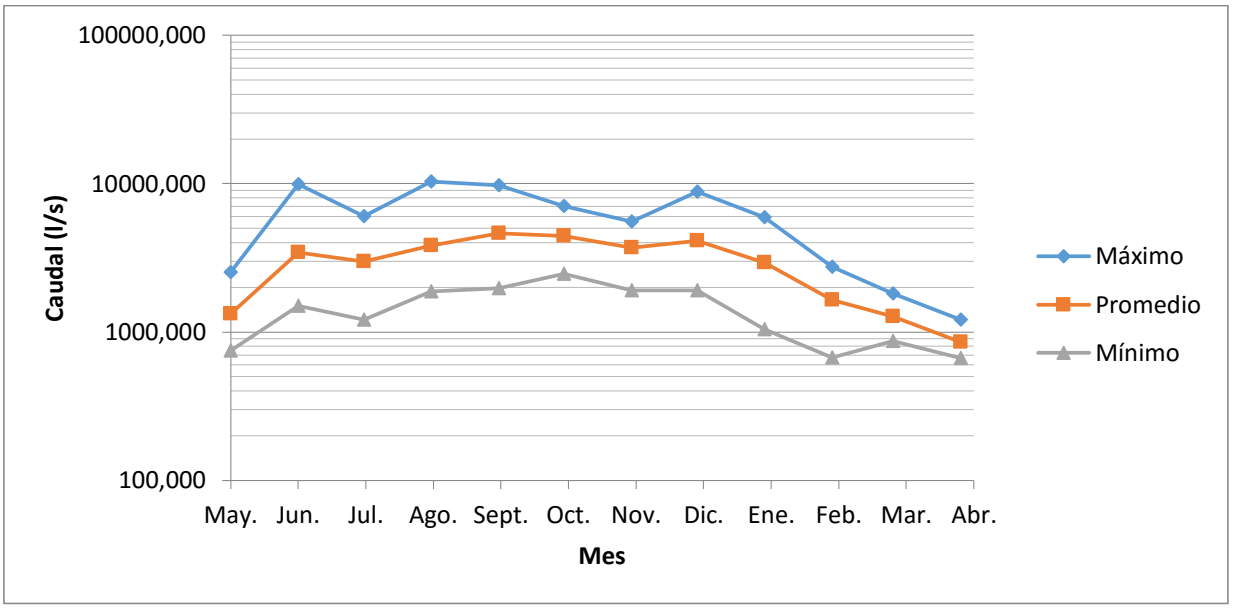


Figura 34. Gráfico de Registro histórico de aforos de 1999 al 2015 en el sitio de toma del AYA sobre el río Barranca debajo de la unión con el río la Paz .

Fuente: AYA 2015

- ***Parte alta cuenca río Barranca***

- **Punto triple rio Barranca B31, B30, B32 y B33**
  El comportamiento del río Barranca en este tramo es tipo efluente.

  El punto B30 no tiene caudal en el cauce y el B31 (11 l/s). El punto triple correspodniente con el B32 tiene 14 l/s y el punto de amarre B33 tiene un volumen aforado de 15 l/s.

- **Punto triple B15, B14, B16 y B17**
  En el tramo de los aforos B15 (45 l/s) y el aforo B14 (2 l/s), el punto triple B16 (51 l/s) y el punto de control tiene un caudal aforado de 52 l/s.

  El comportamiento del río Barranca en dicho tramo es tipo efluente.

- **Punto triple B27, B26, B29 y B28**
  Para el tramod el río Barranca el aforo B27 (9 l/s) y el B26 (65 l/s), donde el punto triple aforado B29 (80 l/s). El punto de amarre aguas abajo tiene un caudal aforado de 61 l/s. El tramo entre los aforso B27, B26 y B29 el comportamiento del río es tipo efluente, siendo influente entre los puntos aforados B29 y B28. Dicha pérdida de agua estaría asociada a extracciones y/ó tomas de agua dentro del cauce.

- **Punto triple rio Barranca B22, B25, B24 y B23**
  El comportamiento del río Barranca y tributario en dicho tramo del río es tipo efluente iniciando en el aforo B22 con un caudal de 66 l/s, B25 (0 l/s), punto triple (B24) 236 l/s y terminando en 260 l/s en el aforo B23 (260 l/s).

  Entre el aforo B23 y el B19 se presenta una pérdida de 5 l/s lo que se analiza más como una extracción del cauce, porque en el tramo existen las nacientes Volio que demuestran que el acuífero descarga en la superficie y drena hacia los ríos. Además, la presencia de la falla incluida en el Mapa *2*, podría asociarse a dicha pérdida hídrica dentro el cauce del río Barranca en este tramo.

- **Punto triple río Barranca B19, B20, B21 y B13**

  El comportamiento del río Barranca y tributario es de tipo influente, ya que se inicia con un caudal B19 de 255 l/s y aguas abajo en el aforo B13 el caudal reportado es de 45 l/s.
  Dicha pérdida de volumen dentro del cauce del río Barranca en dicho tramo estaría asociado a la falla antes indicada, Mapa *2*.

- **Punto B12 en río Sifón**
  Aforo de control en río Sifón, con un caudal medido de 15 l/s. El comportamiento del río en dicho tramo es tipo efluente, ya que el aforo B11 tiene un caudal de 69 l/s.

- **Punto triple rio Barranca B10, B11, B9 y B8**
  El comportamiento del río Barranca y tributario es de un río tipo efluente, porque inicia con el aforo B11 con 69 l/s y en el aforo aguas abajo B8 se midió 108 l/s.

- **Punto triple rio Barranca B4, B6, B5 y B7**
  El comportamiento del río Barranca es de un río tipo influente, ya que entre el aforo B5 midió 369l/s y el aforo B6 (324l/s), mientras que al B7 (354l/s), también es influente.

- **Punto B18 al B3**
  Aforo de control en río Barranca B18 tiene un caudal de 423 l/s y corresponde con un tramo influente al aforo B3 (379 l/s).

5.9 Balance Hídrico

5.9.1 Aforos nacientes

Para cada una de las diez nacientes en estudio se realizó un aforo volumétrico utilizando recipientes definidos de acuerdo con las condiciones de cada naciente. En algunos casos se midieron los caudales de cada naciente antes de llegar el agua al tanque de captación (NacV-1, NacV-2 y NacV-3; además de NacLA-1 y LacLA-2. En otros casos se midió el caudal de salida directamente en la naciente (NacBZ-2 y NacV-4).

El caudal mínimo se midió en las nacientes NacLA-2 (0,23 l/s) y NacBZ-2 (0,29 l/s). El caudal máximo obtenido corresponde con la naciente NacBZ-1 (6,64 l/s) y NacV-5 (4,0 l/s).

5.9.2 Balance hídrico de Suelos

Este balance hídrico fue desarrollado basado en la metodología de Schosinsky (2006), según en el principio de la conservación de la materia, es decir, que el agua que entra a un suelo, es igual al agua que se almacena en el mismo, más el agua que sale de él.

Los componentes a determinar para definir el presente modelo de balance hídrico son la **retención** correspondiente a la intercepción del agua de lluvia por parte de la vegetación, la **escorrentía superficial**, que representan los caudales que discurren por la superficie, producto del anegamiento del suelo. En esa misma línea, también lo constituye la **evapotranspiración real**, que es la variable que explica las salidas de agua del sistema por evaporación en los suelos y transpiración de las plantas; mientras que como último componente se tiene la **recarga potencial**, que representa la fracción de la precipitación que ingresa al acuífero, luego de haber superado las rutas antes mencionadas.

Para evaluar la infiltración de lluvia al suelo en una unidad geológica, se determina la **precipitación mensual de la zona**, los diferentes valores de infiltración básica de los suelos, la cobertura vegetal del suelo y su pendiente. Determinados los valores anteriormente mencionados, se puede evaluar la infiltración mediante la ecuación presentada por Schosinsky & Losilla, (2000). Obtenido esto, se puede realizar el balance de suelos para estimar el agua que queda libre para recargar el acuífero que se encuentra debajo del suelo analizado. Realizar el balance, significa determinar: la infiltración de

lluvia que penetra al suelo, la cobertura vegetal del suelo, la profundidad de las raíces extractoras del agua, la capacidad de campo, el punto de marchitez del suelo, la evapotranspiración potencial y la **humedad del suelo al inicio del análisis.**

A solicitud del Área Funcional de Hidrogeología del AyA, se realizó la metodología del Balance Hídrico de Suelos indicada anteriormente. Para ello, se dividió al área de estudio en 8 secciones de análisis, basadas en las unidades geológicas estudiadas en el subtítulo 3.

Dichas secciones fueron clasificadas como: Alto Palomo – Barranca, Toba con Biotita – Barranca, Monteverde – Barranca, Toba Lítica – Barranca, Monteverde - La Paz, Aluvión – La Paz, Toba Lítica – La Paz y Toba con Biotita – La Paz.

En este sentido, se realizó un balance hídrico de suelos para cada una de las 8 secciones indicadas, empleando para ello Sistemas de Información Geográfica (Rafael, 2015). Ver anexo 13.

5.9.2.1 Uso actual de la tierra

El área de estudio se ha subdividido en función al uso del suelo según la clasificación estipulada según Shosinsky (2006), con el propósito de calcular la recarga del acuífero y establecer potenciales impactos de las actividades sobre este recurso. (Ver subtítulo 4.2)

5.9.2.2 Cálculo de la retención (Ret)

Esta variable como las subsiguientes calculadas, fueron estimadas en forma mensual, es decir, que para obtener el valor final de la Retención Anual, debieron de calcularse doce mapas de retención mensual, para posteriormente sumados entre sí, obtener el valor total deseado en mm/año.

Estudios realizados por Schosinsky & Losilla (2000), determinaron que las lluvias menores de 5 mm mensuales, no van a generar infiltración ya que se considera que en un mes con lluvia, al menos 5mm son retenidos por el follaje sin llegar al suelo (Schosinsky & Losilla, 2000). Además, se considera que la retención de la lluvia en follajes, es del 12% (Butler, 1957) de la precipitación mensual, en tanto que en bosques muy densos, la retención de la lluvia se considera un 20% (Linsley et al., 1958).

De esto se define el coeficiente de follaje (Cfo), el cual es el porcentaje de la lluvia mensual que es retenida en la vegetación. Este valor se expresa en tanto por uno.

Considerando las salvedades enunciadas, la retención se puede calcular de acuerdo a la expresión:

$$Ret = P(Cfo) \quad (26)$$

donde:
P = Precipitación mensual del mes (mm/mes)
Ret = Retención de lluvia en el follaje (mm/mes)
Cfo = Coeficiente de retención del follaje (para bosques muy densos Cfo = 0,20, otros Cfo = 0,12)

De acuerdo a estos considerandos, se estimó espacialmente el valor del coeficiente Cfo en función de las ubicaciones del uso de suelo.

Una vez definido este coeficiente, y aplicando la Ecuación (26), se define el primer componente del balance hídrico denominado **retención de lluvia en el follaje**, para ello, se calcularon las retenciones mensuales y se acumularon al final del año para obtener el valor total anual (Mapa *14*).

La variación temporal de la retención, es decir la retención media mensual del área de estudio para cada mes del año, correspondiente a la sección 1 (Alto Palomo – Barranca) se presenta en el Cuadro **13**, en el cual se muestra que el área de estudio presenta un período con altos índices de retención, iniciando este en Mayo y extendiéndose hasta Octubre; en tanto que los meses con menor retención corresponden a los comprendidos entre Noviembre y Abril.

Cuadro 13. Retención media mensual y total anual (Ret) de Tobas 3, Alto Palomo – Barranca (2015)

Mes	Retención (mm/mes)
Enero	10,32
Febrero	7,34
Marzo	6,20
Abril	6,99
Mayo	36,50
Junio	45,81
Julio	36,84
Agosto	43,76
Septiembre	56,21
Octubre	59,59
Noviembre	33,42
Diciembre	15,34
TOTAL	**358,33**

Por su parte, la sección de análisis 2, conformada por las Tobas con Pómez y Biotita de la subcuenca Barranca, presenta un comportamiento muy similar a la anterior sección, presentando tasas de retención muy alta entre los meses de Mayo y Octubre y disminuyendo el resto de meses (Cuadro 14).

Cuadro 14. Retención media mensual y total anual (Ret) de Toba con pómez y biotita, Tobas 2 – Barranca (2015)

Mes	Retención (mm/mes)
Enero	5,00
Febrero	5,00
Marzo	5,00
Abril	5,52
Mayo	37,33
Junio	47,53
Julio	34,23
Agosto	43,05
Septiembre	59,43
Octubre	63,94
Noviembre	29,60
Diciembre	7,16
TOTAL	**342,79**

La sección de análisis 3, constituida por la Formación Lavas Monteverde, presenta similar variación temporal respecto a las otras unidades geológicas de la subcuenca Barranca. Las tasas de retención se concentran con mayor magnitud entre los meses de Mayo y Octubre, disminuyendo, al igual que lo anteriormente indicado, durante los meses de Noviembre y Abril. Así mismo, la razón de retención del follaje promedio (Ret), en todos los casos indicados hasta aquí, no presentan mucha variabilidad respecto de una unidad geológica y otra (Cuadro 15)

Cuadro 15. Retención media mensual y total anual (Ret) de Lavas Monteverde – Barranca (2015)

Mes	Retención (mm/mes)
Enero	5,00
Febrero	5,00
Marzo	5,00
Abril	5,88
Mayo	41,24
Junio	51,80
Julio	36,29
Agosto	46,12
Septiembre	64,91
Octubre	71,49
Noviembre	33,38
Diciembre	7,10
TOTAL	**373,21**

Por otra parte, la sección analizada 4 constituida por Toba Lítica (Toba 1) de la subcuenca Barranca, de similares características que las anteriormente indicadas, es decir, con una variación temporal de marcadas proporciones entre los meses de Mayo y Octubre, disminuyendo hacia tasas de menores rangos en los meses menos lluviosos como lo constituyen Abril y Noviembre (Cuadro 16).

Cuadro 16. Retención media mensual y total anual (Ret) de Toba Lítica (Toba 1) – Barranca (2015)

Mes	Retención (mm/mes)
Enero	5,03
Febrero	5,00
Marzo	5,00
Abril	5,82
Mayo	38,75
Junio	48,85
Julio	35,27
Agosto	44,18
Septiembre	60,98
Octubre	66,36
Noviembre	31,85
Diciembre	8,39
TOTAL	**355,48**

En cuanto la subcuenca La Paz, los valores de retención del follaje, tienden a incrementarse ligeramente en cuanto a su valor medio, respecto a la subcuenca Barranca. Así, las mayores tasas de retención, para la Formación Lavas Monteverde se dan entre los meses de Mayo y Octubre tal como se indica en el Cuadro *17*.

Cuadro 17. Retención media mensual y total anual (Ret) de Lavas Monteverde – La Paz (2015)

Mes	Retención (mm/mes)
Enero	16,32
Febrero	10,61
Marzo	8,31
Abril	10,42
Mayo	49,79
Junio	60,32
Julio	48,80
Agosto	57,31
Septiembre	73,56
Octubre	81,36
Noviembre	50,28
Diciembre	24,58
TOTAL	**491,66**

En cuanto la sección 6, correspondiente a los aluviones de la subcuenca la Paz, esta unidad, de pequeña proporción en tamaño, respecto a las anteriores, presenta similar comportamiento temporal, tal como se puede apreciar en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Retención media mensual y total anual (Ret) de Depósitos Cuaternarios (Aluviones) – La Paz (2015)

Mes	Retención (mm/mes)
Enero	8,29
Febrero	6,32
Marzo	5,61
Abril	7,20
Mayo	40,14
Junio	49,30
Julio	37,28
Agosto	45,37
Septiembre	60,90
Octubre	67,51
Noviembre	37,04
Diciembre	13,89
TOTAL	**378,85**

En tanto la sección 7 correspondiente a la Toba Lítica (Toba 1) , y la sección 8 a la Toba con Biotita y pómez (Toba 2) de la subcuenca La Paz, presentan comportamiento temporal muy similar a todas las áreas anteriormente indicadas, siguiendo estas, el patrón de lluvias del área de estudio total.

Cuadro 19. Retención media mensual y total anual (Ret) de Toba Lítica (Toba 1) – La Paz (2015)

Mes	Retención (mm/mes)
Enero	9,65
Febrero	7,21
Marzo	6,25
Abril	7,55
Mayo	42,10
Junio	52,20
Julio	39,97
Agosto	48,46
Septiembre	64,45
Octubre	70,37
Noviembre	38,22
Diciembre	14,75
TOTAL	**401,17**

Cuadro 20. Retención media mensual y total anual (Ret) de Tobas con Pómez y Biotita (Toba 2) – La Paz (2015)

Mes	Retención (mm/mes)
Enero	9,65
Febrero	7,21
Marzo	6,25
Abril	7,55
Mayo	42,10
Junio	52,20
Julio	39,97
Agosto	48,46
Septiembre	64,45
Octubre	72,59
Noviembre	33,80
Diciembre	7,07
TOTAL	**391,29**

5.9.2.3 Cálculo de la infiltración pluvial mensual (Pi)

En el cálculo de la precipitación que infiltra mensualmente por unidad geológica, se han de considerar los siguientes factores: la precipitación mensual, la retención pluvial mensual en el follaje, Ecuación (26) y el coeficiente de infiltración, Ecuación (28). El cálculo de la precipitación que infiltra mensualmente (Pi) al suelo, está dado por la siguiente ecuación:

$$Pi = (Ci)(P - \mathrm{Re}\,t) \quad (27)$$

donde:
P = Precipitación mensual del mes (mm/mes)
Pi = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo (mm/mes)
Ci = Coeficiente de infiltración (adimensional)

De la relación anterior, se puede definir al coeficiente de infiltración como el factor que hay que multiplicar la precipitación mensual para obtener la fracción total que ingresa mensualmente al subsuelo. El valor de este coeficiente depende de la textura del suelo, la pendiente del terreno y la vegetación. Cada una de estas variables se consignan en pesos de coeficientes, conformando con ello el **coeficiente de infiltración del suelo (Ci)**, a través de la siguiente ecuación (ONU, 1972):

$$Ci = Kp + Kv + Kfc \quad (28)$$

donde:
C (adimensional) = Coeficiente de infiltración.
Kp (adimensional) = Fracción que infiltra por efecto de pendiente.
Kv (adimensional) = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal.
Kfc (adimensional) = Fracción que infiltra por textura del suelo.

Si esta sumatoria es mayor que 1, se considera Ci = 1; en tanto que si esta es menor o igual a 1, entonces se usará dicha ecuación, Ecuación (28).

Los valores sugeridos por Schosinsky & Losilla (2000), para los componentes que conforman el coeficiente de infiltración se muestran en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Coeficientes de infiltración según Schosinsky

Por textura de suelo		**Kfc**
Arcilla compacta impermeable		0.10
Combinación de limo y arcilla		0.20
Suelo limo arenoso no muy compacto		0.40
Por pendiente		**Kp**
Muy plana	0.02 - 0.06%	0.30
Plana	0.3 - 0.4%	0.20
Algo plana	1 - 2%	0.15
Promedio	2 - 7%	0.10
Fuerte	mayor de 7%	0.06
Por cobertura vegetal		**Kv**
Cobertura con zacate menos 50%		0.09
Terrenos cultivados		0.10
Cobertura con pastizal		0.18
Bosques		0.20
Cobertura con zacate más de 75%		0.21

Uno de los factores que más influyen en la infiltración de la lluvia en el suelo, es el coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo (Kfc), que está dado tentativamente por la siguiente ecuación (Schosinsky & Losilla, 2000):

$$K_{fc} = 0.2671\ln(fc) - 0.000154fc - 0.723 \quad (29)$$

donde:
Kfc (adimensional) = Coeficiente de infiltración por textura de suelo.
fc (mm/día) = Infiltración básica del suelo.

Para aplicar la ecuación, el rango de fc ha de encontrarse entre 16 a 1568 mm/día. Para valores de fc menores a 16 mm/día, Kfc = 0,0148fc/16, en tanto que para valores de fc mayores a 1568 mm/día, Kfc = 1.

El valor de Kfc, fue derivado para los valores de lluvia mensual. Por lo tanto, la fracción que infiltra debido a la textura del suelo, nos permite obtener la infiltración mensual debido a este concepto. En tanto, el valor de fc corresponde a la permeabilidad del suelo saturado, **en los primeros 30 cm de profundidad**, por considerar que este es el espesor que está en contacto directo con el agua de lluvia. Dicho valor se obtiene en el campo, con la prueba Porchet aplicada en la superficie del terreno.

a. Infiltración

La determinación de la infiltración es posible llevarla a cabo por medio de ensayos de percolación, entre ellos el ensayo de Porchet. Este método consiste en realizar un agujero de cierta profundidad conocida e introducir un volumen de agua hasta cierta altura dentro del agujero y medir el abatimiento del nivel de agua dentro del agujero durante un período de tiempo a intervalos de 1 minuto.

Para este trabajo se ha derivado la expresión requerida para estimar la conductividad hidráulica. Considerando que un caudal se infiltra desde el agujero hacia el suelo adyacente, y que dicho caudal se puede expresar como un volumen de agua que se infiltra en un determinado tiempo, entonces este caudal se puede calcular como el área de la base del cilindro multiplicado por un diferencial de altura dh.

Desarrollando las expresiones matemáticas correspondientes, y pasando el gradiente al lado izquierdo se obtiene la expresión de la infiltración de la página 345 de Custodio & Llamas (1983).

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r} \quad (30)$$

donde:

K = conductividad hidráulica
i = gradiente hidráulico
f = infiltración
r = radio de la excavación.
h = lecturas de los descensos de agua
t = tiempo transcurrido entre los descensos de agua.

Ahora considerando un gradiente unitario (i = 1) entonces la conductividad hidráulica es igual a la infiltración. Este supuesto se toma en virtud de que el flujo tiene una orientación preferencial en dirección vertical.

De acuerdo a los términos del contrato, se realizaron 40 pruebas de infiltración en toda el área de estudio (Cuadro 22 y Anexo 5). La ubicación de todas las pruebas realizadas en campo, se presenta en el Mapa 15.

b. Análisis de suelos

En los puntos donde se efectuaron las pruebas de infiltración, se extrajeron muestras de suelo, las cuales fueron debidamente empacadas y trasladadas al laboratorio de suelos del INTA del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en donde se realizaron ensayos para determinar la capacidad de campo, el punto de marchitez y la densidad aparente. Los resultados de los análisis realizados a las 40 muestras de suelo se muestran en el Cuadro 22 y el Anexo 6.

Además se realizaron análisis de laboratorio de granulometría y clasificación de suelos (Ver anexos 7 y 8).

Cuadro 22. Resultados de las pruebas de infiltración y análisis de suelos

ID	Nom. de Prueba	X	Y	Velocidad de Infiltración		Capacidad de Campo	Punto de Marchitez	A. Útil	Dens. aparente	Geología
				(mm/día)	(m/d)	(%)	(%)	(%)	(g/cc)	
1	Infil 1	447616	1119031	244	0.2444	38.61	21.77	16.84	1.09	Toba con pómez y biotita (Toba 2)
2	Infil 2	447470	1119108	248	0.2476	41.73	22.06	19.67	1.19	Toba con pómez y biotita (Toba 2)
3	Infil 3	447139	1119110	374	0.3738	39.04	21.85	17.19	1.12	Lavas Monteverde
4	Infil 4	445504	1121245	1545	1.5446	38.91	21.43	17.48	1.14	Toba lítica (Toba 1)
5	Infil 5	444155	1120773	192	0.1918	39.07	22.34	16.73	1.1 2	Lavas Monteverde
6	Infil 6	441445	1122488	150	0.1499	37.82	21.66	16.16	1.21	Depósitos Cuaternarios
7	Infil 7	436921	1124798	265	0.2652	39.53	21.94	17.59	1.12	Depósitos Cuaternarios
8	Infil 8	437543	1125228	300	0.3002	34.35	20.82	13.53	1.06	Lavas Monteverde
9	Infil 9	438655	1125334	70	0.0705	36.89	20.68	16.21	1.25	Lavas Monteverde
10	Infil 10	443701	1122295	772	0.7717	37.04	21.39	15.65	1.24	Lavas Monteverde
11	Infil 11	449471	1120657	1750	1.7504	24.31	17.43	6.88	1.28	Lavas Monteverde
12	Infil 12	450133	1120570	610	0.6101	39.49	21.85	17.64	1.1 4	Lavas Monteverde
13	Infil 13	458213	1124576	1322	1.3215	37.15	22.01	15.14	1.22	Tobas Alto Palomo (Toba 3)
14	Infil 14	449584	1119256	751	0.7509	38.71	21.44	17.27	1.1 2	Lavas Monteverde
15	Infil 15	451035	1121168	192	0.1921	40.86	22.35	18.51	1.21	Toba con pómez y biotita (Toba 2)
16	Infil 16	452755	1121518	341	0.3410	39.04	21.71	17.33	1.09	Toba con pómez y biotita (Toba 2)
17	Infil 17	456494	1122561	741	0.7405	39.16	21.85	17.31	1.1 4	Tobas Alto Palomo (Toba 3)
18	Infil 18	456445	1122993	382	0.3821	38.96	20.87	18.09	1.1 1	Toba con pómez y biotita (Toba 2)
19	Infil 19	461132	1124560	1253	1.2530	35.76	20.43	15.33	1.26	Tobas Alto Palomo (Toba 3)
20	Infil 20	459433	1123705	2806	2.8061	32.27	20.65	11.62	1.1 4	Tobas Alto Palomo (Toba 3)

Continuación…….Cuadro 22. Resultados de las pruebas de infiltración y análisis de suelos

ID	Nom. de Prueba	Este	Norte	Velocidad de Infiltración		Capacidad de Campo	Punto de Marchitez	A. Útil	Densidad aparente	Geología
				(mm/día)	(m/d)	(%)	(%)	(%)	(g/cc)	
21	Infil Nac 1-1 BZ	444981	1122198	250	0.2503	41.58	22.87	18.71	1.03	Toba lítica (Toba 1)
22	Infil Nac 1-2 BZ	445044	1122251	192	0.1922	38.42	21.36	17.06	1.29	Toba lítica (Toba 1)
23	Infil Nac 2-1 BZ	446383	1121494	955	0.9549	38.97	21.84	17.13	1.19	Toba lítica (Toba 1)
24	Infil Nac 2-2 BZ	446334	1121544	82	0.0822	39.05	21.89	17.16	1.07	Toba lítica (Toba 1)
25	Infil Nac 1-1 Volio	452177	1122638	421	0.4212	41.69	22.73	18.96	1.17	Toba con pómez y biotita (Toba 2)
26	Infil Nac 1-2 Volio	452266	1122651	1328	1.3277	29.32	20.35	8.97	0.95	Toba con pómez y biotita (Toba 2)
27	Infil Nac 3-1 Volio	452416	1123474	159	0.1594	39.71	22.04	17.67	0.93	Toba lítica (Toba 1)
28	Infil Nac 3-2 Volio	452574	1123457	1524	1.5236	38.97	21.66	17.31	1.09	Toba con pómez y biotita (Toba 2)
29	Infil Nac 2-1 Volio	452297	1123038	455	0.4551	39.54	21.89	17.65	1.06	Toba con pómez y biotita (Toba 2)
30	Infil Nac 2-1 LA	449114	1122922	184	0.1841	38.76	21.34	17.42	1.19	Toba lítica (Toba 1)
31	Infil Nac 1-1 LA	449102	1122898	73	0.0732	41.74	22.87	18.87	1.15	Toba lítica (Toba 1)
32	Infil Nac 1-2 LA	449096	1122985	620	0.6204	41.69	22.68	19.01	1.21	Toba lítica (Toba 1)
33	Infil Nac 2-2 LA	449181	1122971	935	0.9352	39.28	21.87	17.41	1.09	Toba lítica (Toba 1)
34	Infil Nac 3-2 LA	449212	1122540	762	0.7622	38.79	21.98	16.81	1.29	Toba lítica (Toba 1)
35	Infil Nac 3-1 LA	449269	1122424	121	0.1208	38.97	22.04	16.93	1.32	Toba lítica (Toba 1)
36	Infil Nac 4-1 Volio	450127	1122313	55	0.0553	40.09	22.71	17.38	1.26	Toba lítica (Toba 1)
37	Infil Nac 4-2 Volio	450229	1122324	152	0.1521	40.58	21.94	18.64	1.16	Toba lítica (Toba 1)
38	Infil Nac 5-2 Volio	450239	1122252	987	0.9873	39.84	21.67	18.17	1.09	Toba lítica (Toba 1)
39	Infil Nac 5-1 Volio	450155	1122164	247	0.2473	39.68	21.75	17.93	1.27	Toba lítica (Toba 1)
40	Infil Nac 2-2 Volio	452533	1123010	1120	1.1202	38.23	20.35	17.88	1.07	Toba con pómez y biotita (Toba 2)

De acuerdo a los resultados mostrados en el cuadro anterior, se estimó la variación espacial de la infiltración básica del suelo (fc) para cada una de las secciones anteriormente indicadas, evitando emplear promedios, pues le quitarían precisión al modelo.

Aplicando la Ecuación (29), se estimó el coeficiente de infiltración por textura de suelo (Kfc) espacialmente, observándose variabilidad en las diferentes zonas del área de estudio.

Del mismo modo, a fin de calcular el **coeficiente de infiltración del suelo (Ci),** se estimaron espacialmente las fracciones que infiltran por efecto de la pendiente y la cobertura vegetal, señaladas en la Ecuación (28).

Obtenidos los valores de las fracciones anteriormente indicadas, a través de la Ecuación (28) y sus salvedades, se calculó el **coeficiente de infiltración del suelo (Ci).** De acuerdo a lo enunciado líneas arriba, y obtenido el coeficiente de infiltración (Ci), la retención de la lluvia y la precipitación para los doce meses del año (ver capitulo 5.6), se calculó el valor de la precipitación que infiltra mensualmente al suelo (mm/mes).

5.9.2.4 Cálculo de la escorrentía superficial (ESC)

La escorrentía superficial generada por la lluvia mensual según unidad geológica, se puede estimar de acuerdo a la fórmula de la Ecuación (31)

$$ESC = P - \mathrm{Re}\,t - Pi \qquad (31)$$

donde:
ESC = Escorrentía superficial en mm/mes
P = Precipitación en mm/mes
Ret = Retención de lluvia mensual por follaje en mm/mes
Pi = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en mmm/mes.

La precipitación mensual hallada en el subtítulo 5.6, así como la retención de lluvia mensual vista en el subtítulo 5.9.2.2 y la recientemente estimada precipitación que infiltra mensualmente, han permitido estimar la escorrentía superficial a escala mensual, para posteriormente acumularla y obtener en el balance hídrico final el valor total anual de dicha escorrentía (Mapa *16*mapa 16.).

Cuadro 23. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de Tobas Alto Palomo (Toba 3) – Barranca (2015)

Mes	Escorrentía superficial (mm/mes)
Enero	0,0
Febrero	0,0
Marzo	0,0
Abril	0,0
Mayo	0,0
Junio	0,0
Julio	0,0
Agosto	0,0
Septiembre	0,0
Octubre	0,0
Noviembre	0,0
Diciembre	0,0
TOTAL	**0,00**

Cuadro 24. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de Toba con pómez y biotita – Barranca (2015)

Mes	Escorrentía superficial (mm/mes)
Enero	0,22
Febrero	0,32
Marzo	0,20
Abril	1,16
Mayo	8,23
Junio	10,39
Julio	7,33
Agosto	9,29
Septiembre	13,02
Octubre	14,24
Noviembre	6,59
Diciembre	1,42
TOTAL	**72,41**

Cuadro 25. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de la unidad geológica 3 Monteverde – Barranca (2015)

Mes	Escorrentía superficial (mm/mes)
Enero	0,0
Febrero	0,0
Marzo	0,0
Abril	0,0
Mayo	0,0
Junio	0,0
Julio	0,0
Agosto	0,0
Septiembre	0,0
Octubre	0,0
Noviembre	0,0
Diciembre	0,0
TOTAL	**0,00**

Cuadro 26. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de la unidad geológica 4 Toba Lítica – Barranca (2015)

Mes	Escorrentía superficial (mm/mes)
Enero	1,38
Febrero	1,28
Marzo	0,87
Abril	3,26
Mayo	21,98
Junio	27,63
Julio	19,79
Agosto	24,87
Septiembre	34,52
Octubre	37,76
Noviembre	18,086
Diciembre	4,570
TOTAL	**195,99**

Cuadro 27. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de la unidad geológica 5 Monteverde – La Paz (2015)

Mes	Escorrentía superficial (mm/mes)
Enero	2,24
Febrero	1,43
Marzo	1,06
Abril	1,45
Mayo	6,98
Junio	8,47
Julio	6,85
Agosto	8,04
Septiembre	10,33
Octubre	11,41
Noviembre	7,03
Diciembre	3,43
TOTAL	**68,72**

Cuadro 28. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de la unidad geológica 6 Aluvión – La Paz (2015)

Mes	Escorrentía superficial (mm/mes)
Enero	5,54
Febrero	3,91
Marzo	2,93
Abril	5,50
Mayo	31,33
Junio	38,55
Julio	28,86
Agosto	35,30
Septiembre	47,71
Octubre	52,93
Noviembre	28,56
Diciembre	10,21
TOTAL	**291,34**

Cuadro 29. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de la unidad geológica 7 Toba Lítica – La Paz (2015)

Mes	Escorrentía superficial (mm/mes)
Enero	4,53
Febrero	3,27
Marzo	2,35
Abril	4,98
Mayo	29,61
Junio	36,75
Julio	27,37
Agosto	33,64
Septiembre	45,57
Octubre	50,09
Noviembre	26,19
Diciembre	8,89
TOTAL	**273,24**

Cuadro 30. Escorrentía superficial media mensual y total anual (ESC) de la unidad geológica 8 Toba con Biotita – La Paz (2015)

Mes	Escorrentía superficial (mm/mes)
Enero	0,89
Febrero	1,29
Marzo	0,98
Abril	4,34
Mayo	30,20
Junio	37,78
Julio	26,32
Agosto	33,50
Septiembre	47,35
Octubre	52,50
Noviembre	24,66
Diciembre	5,16
TOTAL	**264,95**

5.9.2.5 Parámetros de humedad del suelo

El estado del agua en la zona no saturada, es de suma importancia para poder determinar la cantidad de agua que ingresa al acuífero, dado que en esta zona, la humedad se mueve de mayor potencial hacia posiciones de menor potencial, que depende a su vez, de potenciales parciales como el potencial gravitacional, matricial, osmótico y de presión hidrostática.

El agua en el suelo puede estar en estado de saturación, dándose este, cuando todos los poros están ocupados por agua. Cuando a un suelo saturado se le deja drenar, el agua sobrante pasa al suelo por la acción de la gravedad. El agua eliminada de esta forma, que no es retenida por el suelo, se llama agua libre o gravitacional.

Partiendo de esta situación, cuando el suelo ya no pierde más agua por gravedad se dice que está a la **capacidad de campo**. En esta situación, el agua ocupa los poros pequeños y el aire ocupa una gran parte del espacio de los poros grandes.

Inmediatamente después de la saturación, el drenaje es muy rápido, pero después se hace más lento, pudiendo durar más o menos tiempo, según la textura del suelo. Se admite que el estado de capacidad de campo se alcanza en suelos bien drenados a los dos o tres días después de una lluvia copiosa, aunque esto no es cierto para todos los suelos, ya que en los arcillosos se alcanza con más lentitud que en los arenosos.

El estado de capacidad de campo es la situación más favorable para el desarrollo de los cultivos, ya que tienen a su disposición una gran cantidad de agua retenida por el suelo con una energía que es superada con facilidad por la succión de las raíces, a la vez que disponen de aire abundante para la respiración de las raíces.

A partir de la capacidad de campo, el agua del suelo se va perdiendo progresivamente por evaporación y absorbida por las plantas. Llega un momento en el que las plantas ya no pueden absorber toda el agua que necesitan y se marchitan irreversiblemente. Se dice entonces que el suelo ha alcanzado el **punto de marchitez**. Este estado marca el límite inferior de aprovechamiento del agua del suelo por las plantas. Por esto, la porción de agua que puede ser absorbida por las raíces de las plantas con suficiente rapidez para

compensar las pérdidas por transpiración, se le denomina agua disponible, y viene estimada por la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez.

En el área de estudio, y tal como se manifestó en el subtitulo 5.9.2.3, se analizaron 40 muestras de suelos, para determinar el estado de humedad de los mismos. Así, usando algoritmos matemáticos de interpolación como el método Krigging, se procesaron dichas muestras, obteniéndose isovalores de capacidades de campo (%), puntos de marchitez (%) y densidades aparente (g/cm^3), los cuales presentan una distribución heterogénea que responde principalmente a las diversas texturas del suelo, lo que indicaría que suelos de textura porosa, bien drenados, presentan menor capacidad de campo y puntos de marchitez que los de textura poco permeables.

Para ser consistente con las unidades de los parámetros que se utilizaran en adelante, tal como la capacidad de campo, el punto de marchitez, la humedad del suelo, precipitación y evapotranspiración se emplearan unidades en milímetros.

5.9.2.6 Determinación del coeficiente de humedad al inicio del mes (C1)

Al iniciar un mes cualquiera, el suelo tendrá una humedad inicial (HSi) por unidad geológica. Si no existiese evapotranspiración, la precipitación que infiltra (Pi) vendría a aumentar la humedad en el suelo, permitiendo una mayor evapotranspiración. Si no consideramos la evapotranspiración, el coeficiente de humedad, al inicio del mes, sería (C1), y se puede determinar mediante la siguiente relación:

$$C1 = (HSi - PM + Pi)/(CC - PM) \quad (32)$$

donde:
C1 = Coeficiente de humedad al inicio del mes antes de que ocurra la evapotranspiración
HSi = Humedad al inicio del mes, humedad del suelo inicial en mm
PM = Punto de marchitez en mm
Pi = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en mm/mes
CC = Capacidad de campo en mm

En este punto, es preciso señalar la metodología para determinar la humedad del suelo inicial (HSi) en un mes determinado. Generalmente, no se lleva un registro de dicha humedad para poderla determinar.

En el caso de Costa Rica, casi siempre al final de la época de mayor precipitación, el suelo se encuentra a capacidad de campo. Uno de los criterios para seleccionar el mes, en el que vamos a considerar que el suelo se encuentra a capacidad de campo, es seleccionar meses consecutivos, en que la precipitación que infiltra mensualmente supere la evapotranspiración potencial mensual, asignando al mes siguiente, de los meses consecutivos seleccionados, una humedad inicial igual a la capacidad de campo.

Conocida la humedad inicial de un mes, podemos calcular la humedad final de dicho mes, la que será igual a la humedad inicial del mes siguiente y así sucesivamente. Al final del ciclo, la humedad final calculada para el último mes, ha de coincidir con la humedad inicial del mes de partida, o sea, la del mes con humedad conocida.

Para el área de estudio, comparando la evapotranspiración potencial (ETP) del Cuadro 11 versus los valores de la precipitación que infiltra al suelo (Pi), se obtuvo que el mes de la humedad inicial del suelo fue el mes de diciembre.

Se llega a esta conclusión dado que los meses consecutivos en que la precipitación que infiltra (Pi), supera la evapotranspiración potencial (ETP) son septiembre, octubre y noviembre. Esto quiere decir, que al mes de diciembre se le asignará una humedad de suelo inicial, igual a la capacidad de campo. Con esta humedad, se pueden ir calculando las humedades finales e iniciales de los suelos, en los meses siguientes. Al cerrar el ciclo, puede observarse que el mes de noviembre posee una humedad final (HSf) igual a la capacidad de campo, lo que confirma que el procedimiento ha sido desarrollado correctamente.

Los valores mensuales promedio de HSi fueron calculados de acuerdo a los considerandos anteriormente.

Teniendo en cuenta los considerandos anteriores, y aplicando la Ecuación (32), se calcula el coeficiente C1 para los doce meses del año.

5.9.2.7 Determinación del coeficiente de humedad al final del mes (C2)

Si consideramos que ocurre la evapotranspiración, una vez ocurrida la infiltración, el coeficiente de humedad, al final del mes sería:

$$C2 = (HSi - PM + Pi - (C1 * ETP))/(CC - PM) \quad (33)$$

donde:
C1 = Coeficiente de humedad al inicio del mes antes de que ocurra la evapotranspiración
C2 = Coeficiente de humedad al final del mes después de que ocurra la evapotranspiración
ETP = Evapotranspiración potencial en mm/mes

Ninguno de los coeficientes de humedad, C1 y C2, pueden ser superiores a 1, ni menores a 0. En caso que C1 o C2, sea mayor de 1, se tomará igual a 1. Si C1 o C2 son negativos se tomarán con valor de 0.

Aplicando la Ecuación (33), se estimó el valor del coeficiente C2, empleando para ello la variación mensual de la ETP calculada en Cuadro 11 del subtítulo 5.7.3.

5.9.2.8 Determinación de la humedad disponible (HD)

La humedad disponible (HD) es aquella humedad que pueden tomar las raíces de las plantas, para poder evapotranspirar. La humedad disponible está dada por la siguiente ecuación:

$$HD = HSi + Pi - PM \quad (34)$$

donde:
HD = Humedad disponible en mm/mes
HSi = Humedad de suelo inicial (al inicio del mes en mm)
Pi = Precipitación que infiltra en mm/mes
PM = Punto de marchitez en mm

Se estimó la HD para los doce meses del año.

5.9.2.9 Cálculo de la evapotranspiración real (ETR)

La infiltración y la evapotranspiración que ocurre durante el mes, puede ser estimada por el coeficiente de humedad del mes, correspondiendo ello al promedio de C1 y C2; o sea, (C1+C2)/2; esto quiere decir que la evapotranspiración potencial real ocurrida en un mes dado es:

$$ETR = ((C1 + C2)/2) * ETP \quad (35)$$

donde:
ETR = Evapotranspiración real tentativa promedio, ocurrida durante el mes en mm/mes
C1 = Coeficiente de humedad máximo, sin considerar la evapotranspiración.
C2 = Coeficiente de humedad mínimo considerando evapotranspiración calculada con C1.
ETP = Evapotranspiración potencial en mm/mes

Si la humedad disponible es menor que la ETR de la Ecuación (35), la planta no podrá evapotranspirar dicha cantidad, sino que evapotranspirará únicamente la humedad disponible, debido a que no hay suficiente humedad para evapotranspirar la cantidad de agua indicada en la Ecuación (35). Sin embargo, si la humedad disponible (HD) es mayor que la cantidad de agua indicada en la Ecuación (35), la planta evapotranspirará la cantidad expresada en dicha ecuación.

Por lo tanto la evapotranspiración real será igual a la Ecuación (35), si HD es mayor o igual a dicha relación, mientras que si sucede lo contrario, la ETR (mm/mes) = HD.

En el *Cuadro 31* se puede visualizar la variación mensual de dicho parámetro, presentándose mayores valores entre los meses lluviosos de Mayo y Octubre y menores entre los meses más secos de Noviembre a Abril.

Ver mapa 17. Evapotranspiración

Cuadro 31. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Alto Palomo (Toba 3) – Barranca (2015)

Mes	Evapotranspiración real (mm/mes)
Enero	66,91
Febrero	53,11
Marzo	49,61
Abril	48,79
Mayo	87,99
Junio	84,44
Julio	85,55
Agosto	85,55
Septiembre	82,79
Octubre	84,69
Noviembre	81,96
Diciembre	77,91
TOTAL	**889,29**

Cuadro 32. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Toba con pómez y biotita (Toba 2) – Barranca (2015)

Mes	Evapotranspiración real (mm/mes)
Enero	55,31
Febrero	36,82
Marzo	28,67
Abril	32,22
Mayo	96,74
Junio	94,78
Julio	96,02
Agosto	96,02
Septiembre	92,92
Octubre	95,06
Noviembre	91,99
Diciembre	78,34
TOTAL	**894,86**

Cuadro 33. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Lavas Monteverde – Barranca (2015)

Mes	Evapotranspiración real (mm/mes)
Enero	53,46
Febrero	35,01
Marzo	28,05
Abril	34,46
Mayo	102,67
Junio	100,11
Julio	101,42
Agosto	101,42
Septiembre	98,15
Octubre	100,41
Noviembre	97,17
Diciembre	78,41
TOTAL	**930,75**

Cuadro 34. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Toba lítica (Toba 1) – Barranca (2015)

Mes	Evapotranspiración real (mm/mes)
Enero	73,17
Febrero	54,88
Marzo	49,80
Abril	47,21
Mayo	93,46
Junio	98,14
Julio	99,59
Agosto	99,65
Septiembre	96,48
Octubre	98,71
Noviembre	95,50
Diciembre	88,25
TOTAL	**994,82**

Cuadro 35. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Lavas Monteverde - La Paz (2015)

Mes	Evapotranspiración real (mm/mes)
Enero	85,56
Febrero	73,18
Marzo	73,79
Abril	69,66
Mayo	99,93
Junio	25,36
Julio	96,61
Agosto	96,61
Septiembre	93,49
Octubre	95,64
Noviembre	92,56
Diciembre	91,78
TOTAL	**994,16**

Cuadro 36. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Depósitos Cuaternarios (Aluviones) - La Paz (2015)

Mes	Evapotranspiración real (mm/mes)
Enero	75,20
Febrero	57,83
Marzo	51,92
Abril	50,62
Mayo	103,59
Junio	99,85
Julio	101,15
Agosto	101,15
Septiembre	97,89
Octubre	100,14
Noviembre	96,91
Diciembre	89,93
TOTAL	**1026,16**

Cuadro 37. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Toba lítica (Toba 1) - La Paz – Barranca (2015)

Mes	Evapotranspiración real (mm/mes)
Enero	75,67
Febrero	58,33
Marzo	53,67
Abril	51,03
Mayo	95,58
Junio	96,65
Julio	98,32
Agosto	98,81
Septiembre	96,27
Octubre	98,95
Noviembre	95,56
Diciembre	89,95
TOTAL	**1008,79**

Cuadro 38. Evapotranspiración real media mensual y total anual (ETR) de Toba con pómez y biotita (Toba 2) - La Paz (2015)

Mes	Evapotranspiración real (mm/mes)
Enero	54,45
Febrero	35,84
Marzo	28,28
Abril	32,44
Mayo	104,80
Junio	101,69
Julio	103,02
Agosto	103,02
Septiembre	99,70
Octubre	101,99
Noviembre	98,70
Diciembre	80,90
TOTAL	**944,83**

5.9.2.10 Determinación de la humedad del suelo al final del mes (HSf)

Para poder realizar el cálculo de la recarga del acuífero, se requiere conocer la humedad del suelo al final del mes o humedad del suelo final (HSf), la cual se obtiene con la siguiente ecuación:

$$HS_f = HD + PM - ETR \quad (36)$$

donde:
HSf = Humedad del suelo final en mm
HD = Humedad disponible en mm/mes
PM = Punto de marchitez en mm
ETR = Evapotranspiración real en mm/mes
CC = Capacidad de campo en mm

Esta ecuación solo se cumple cuando esta es menor a la capacidad de campo (CC), en caso contrario HSf es igual a dicha capacidad.

Como se presentó anteriormente, para el cálculo de estas variables, es necesario conocer la humedad de suelo al inicio del mes, o sea, humedad inicial (HSi). La humedad inicial de un mes dado es la siguiente:

HSi = Es igual a la humedad de suelo final del mes anterior (HSf de ecuación (37))
HSi = Humedad del suelo inicial (inicio de mes en mm)
HSf = Humedad del suelo final (final de mes en mm)

5.9.2.11 Cálculo de la recarga potencial al acuífero (Rp)

La recarga al acuífero se lleva a cabo por unidad geológica. Si la cantidad de agua que infiltra es suficiente para llevar al suelo a capacidad de campo y además satisfacer la evapotranspiración de las plantas. El agua sobrante, una vez satisfecha la capacidad de campo y la evapotranspiración, es la que recarga al acuífero, la que se calcula con la siguiente relación:

$$Rp = Pi + HSi - HSf - ETR \quad (37)$$

donde:
Rp = Recarga potencial mensuanl en mm/mes
HSi = Humedad del suelo al inicio del mes en mm
HSf = Humedad del suelo al final del mes en mm
ETR = Evapotranspiración real en mm/mes.

La metodología del balance hídrico de suelo indica aplicar ésta a cada mes del año. En ese sentido, dicha variable fue estimada en los doce meses del año a través de la Ecuación (37), y posteriormente totalizada para obtener el valor anual (Mapa *18*).
Se puede precisar entonces que en el área de estudio la recarga potencial del acuífero presenta tasas de recarga muy elevadas.

En forma similar, en los cuadros siguientes se puede visualizar la variación temporal de la recarga para cada una de las secciones litológicas señaladas, siendo los meses entre Agosto y Octubre los que presentan mayor recarga, frente a los meses de verano (Diciembre – Abril) en donde la recarga disminuye grandemente.

Cuadro 39. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Tobas Alto Palomo (Toba 3) - Barranca (2015)

Mes	Recarga potencial (mm/mes)
Enero	8,63
Febrero	0,92
Marzo	0,00
Abril	0,00
Mayo	44,61
Junio	190,79
Julio	138,99
Agosto	182,96
Septiembre	264,80
Octubre	283,42
Noviembre	119,08
Diciembre	22,56
TOTAL	**1256,78**

Cuadro 40. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Toba con pómez y biotita (Toba 2) - Barranca(2015)

Mes	Recarga potencial (mm/mes)
Enero	0,00
Febrero	0,00
Marzo	0,00
Abril	0,00
Mayo	28,77
Junio	179,32
Julio	117,36
Agosto	172,39
Septiembre	277,82
Octubre	303,93
Noviembre	92,63
Diciembre	0,00
TOTAL	**1172,23**

Cuadro 41. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Lavas Monteverde - Barranca (2015)

Mes	Recarga potencial (mm/mes)
Enero	0,00
Febrero	0,00
Marzo	0,00
Abril	0,00
Mayo	56,30
Junio	214,21
Julio	130,16
Agosto	193,07
Septiembre	316,70
Octubre	356,79
Noviembre	116,18
Diciembre	0,00
TOTAL	**1383,42**

Cuadro 42. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Toba lítica (Toba 1) – Barranca (2015)

Mes	Recarga potencial (mm/mes)
Enero	0,000
Febrero	0,000
Marzo	0,000
Abril	0,000
Mayo	8,529
Junio	126,280
Julio	106,985
Agosto	160,262
Septiembre	262,422
Octubre	291,650
Noviembre	91,838
Diciembre	0,000
TOTAL	**1047,97**

Cuadro 43. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Lavas Monteverde - La Paz (2015)

Mes	Recarga potencial (mm/mes)
Enero	5,95
Febrero	0,00
Marzo	0,00
Abril	0,00
Mayo	43,80
Junio	199,53
Julio	142,29
Agosto	185,94
Septiembre	272,67
Octubre	309,53
Noviembre	151,84
Diciembre	27,39
TOTAL	**1338,94**

Cuadro 44. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Depósitos Cuaternarios (Aluviones) - La Paz (2015)

Mes	Recarga potencial (mm/mes)
Enero	0,66
Febrero	0,00
Marzo	0,00
Abril	0,00
Mayo	34,66
Junio	180,00
Julio	118,87
Agosto	166,56
Septiembre	261,48
Octubre	298,23
Noviembre	121,75
Diciembre	10,02
TOTAL	**1192,23**

Cuadro 45. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Toba lítica (Toba 1) - La Paz (2015)

Mes	Recarga potencial (mm/mes)
Enero	0,00
Febrero	0,00
Marzo	0,00
Abril	0,00
Mayo	21,51
Junio	155,44
Julio	110,00
Agosto	160,19
Septiembre	259,49
Octubre	295,04
Noviembre	106,74
Diciembre	0,88
TOTAL	**1109,28**

Cuadro 46. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) de Toba con pómez y biotita (Toba 2) - La Paz (2015)

Mes	Recarga potencial (mm/mes)
Enero	0,00
Febrero	0,00
Marzo	0,00
Abril	0,00
Mayo	21,77
Junio	180,62
Julio	106,23
Agosto	163,38
Septiembre	276,82
Octubre	315,33
Noviembre	97,26
Diciembre	0,00
TOTAL	**1161,41**

Cuadro 47. Recarga potencial media mensual y total anual (Rp) Subcuencas La Paz y Barranca

Unidades Litológicas									Recarga Potencial Total Anual
Área (m2)	Toba Alto Palomo (Toba 3, Barranca)	Toba pómez y biotita (Toba 2, Barranca)	Lavas Monteverde Barranca	Toba lítica (Toba 1, Barranca)	Lavas Monteverde La Paz	Depósitos Cuaternarios (Aluviones La Paz)	Toba lítica (Toba 1, La Paz)	Toba con pómez y biotita (Toba 2, La Paz)	
	13576870.5	10875904.8	5221465.8	8361359.3	21952254.8	2379395.6	10550573.7	681052.9	
Mes	**(mm/año)**	**(mm/año)**	**(mm/año)**	**(mm/año)**	**(mm/año)**	**(mm/año)**	**(mm/año)**	**(mm/año)**	**(mm/año)**
Enero	8.631	0	0	0	5.948	0.664	0	9.7E-08	1.91
Febrero	0.916	0	0	0	0	0	0	0	0.11
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Mayo	44.608	28.773	56.303	8.529	43.796	34.661	21.508	21.772	32.49
Junio	190.793	179.318	214.214	126.28	199.531	179.998	155.435	180.621	178.27
Julio	138.994	117.361	130.156	106.985	142.289	118.866	110.003	106.234	121.36
Agosto	182.962	172.392	193.069	160.262	185.944	166.563	160.186	163.376	173.09
Septiembre	264.803	277.815	316.703	262.422	272.665	261.482	259.489	276.818	274.02
Octubre	283.424	303.934	356.788	291.65	309.529	298.233	295.038	315.33	306.74
Noviembre	119.082	92.633	116.183	91.838	151.843	121.75	106.736	97.257	112.17
Diciembre	22.564	0	0	0	27.392	10.017	0.881	0	7.61
Total	**1256.78**	**1172.23**	**1383.42**	**1047.97**	**1338.94**	**1192.23**	**1109.28**	**1161.41**	**1207.78**

Ver mapa 18. Recarga potencial anual.

5.9.2.12 Balance hídrico total

El método de balance hídrico de suelos desarrollado por Schosinsky (2006), se realizó por unidad geológica y se basa en el principio de la conservación de la materia, por tanto, este debería cumplir mentada ley física y siendo la precipitación la única variable “input” que se le da al modelo, se debe verificar que tanto la precipitación total anual y la sumatoria de componentes del balance total anual, ambos en formato raster, deben coincidir en sus magnitudes.

De acuerdo con el capítulo 5.6 (análisis meteorológico), se pudo obtener que en el área de estudio, la precipitación total anual es de 2719 mm.

En esta misma línea de análisis, se puede precisar que los valores alcanzados por el balance hídrico de suelos, coinciden con las magnitudes "input", en un margen de error del 0,67%, dado que al realizar la sumatoria espacial de los valores medios de los cuatro componentes que conforman el balance (retención total anual, escorrentía total anual, evapotranspiración real total anual y recarga potencial total anual) a través del algebra de mapas del Arc Gis 10.2, esta alcanzó los resultados de la ecuación 27; permitiendo ello a su vez sustentar y validar el modelo.

La ecuación planteada permite visualizar dicha comprobación a nivel promedio total anual en mm/año.

$$\text{Pr}ecipitación = \text{Re}t + ESC + ETR + \text{Re}c \quad (38)$$

donde:
Ret: Promedio de la retención total anual de las 8 litologías (mm/año)
ESC: Promedio de la escorrentía total anual de las 8 litologías (mm/año)
ETR: Promedio de la evapotranspiración real total anual de las 8 litologías (mm/año)
Rec: Promedio de la recarga potencial total anual de las 8 litologías (mm/año)

$$386{,}60 + 145{,}83 + 960{,}46 + 1207{,}78 = 2700{,}7mm$$

6 Hidrogeología

6.1 Modelo conceptual hidrogeológico

La unidad de estudio de la presente investigación es la subcuenca del río La Paz y la cuenca alta del río Barranca.

6.1.1 Acuíferos

Acuífero Lavas Aguacate

Las Lavas Aguacate de acuerdo con el levantamiento geológico de campo, no se observaron en los distintos afloramientos analizados a lo largo de las subcuencas La Paz como en la cuenca alta del río Barranca. Sin embargo, las lavas basalto andesíticas asociadas a dicho grupo geológico con textura afanítica porfirítica, bastante oxidadas con porosidad secundaria por fracturas, se mencionan en 5 reportes litológicos de pozos perforados registrados únicamente en cuenca del río La Paz, correspondiendo con los pozos NA-647, NA-636, NA-864, NA-337 y NA-796. Dichas lavas aparecen a una profundidad promedio de 36,25 m para los pozos NA-647, NA-636, NA-864 y NA-796. En el caso del pozo NA-337 aparecen a una profundidad de 92 m, Anexo 9.El perfil hidrogeológico AA-AA' ,Figura 35: Perfil hidrogeológico AA-AA´, incluye los datos de armado y litología de los pozos NA-337, NA-864 y NA-796, donde se define que dicho acuífero tiene un comportamiento libre.

El nivel estático en el pozo NA-796, estaría en el techo de las lavas a una profundidad de 36,25 m o su equivalente entre 1020 m.s.n.m y 1120 m.s.n.m., según perfil hidrogeológico

Del análisis anterior, se define que el acuífero de Lavas Aguacate se comporta como un acuífero tipo libre.

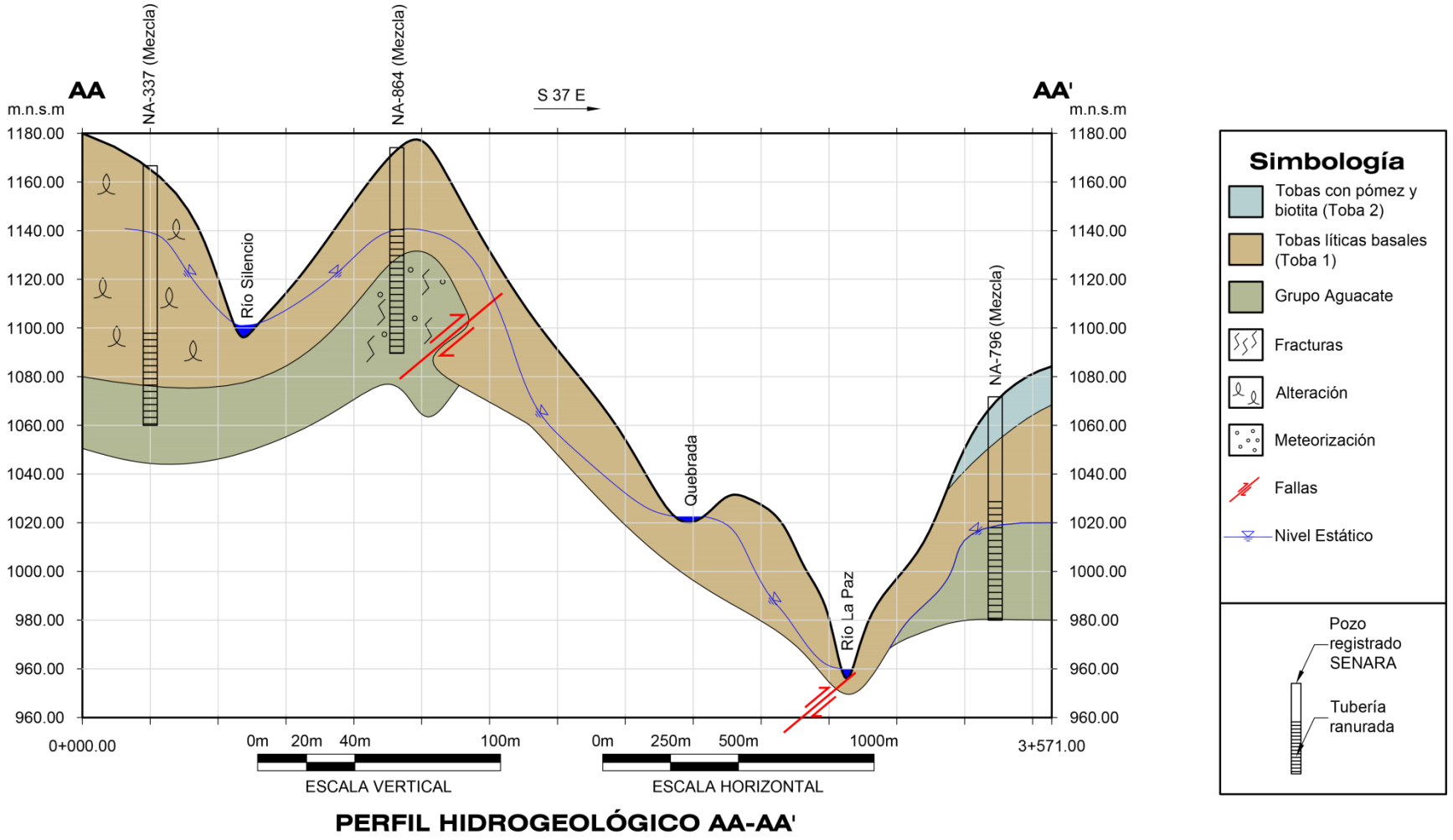


Figura 35: Perfil hidrogeológico AA-AA

El caudal promedio para los pozos registrados que están captando agua mezclada con lavas y demás tobas es de 2,14 l/s.

Según datos del pozo MI-76, perforado fuera del área de la subcuenca La Paz, la transmisividad de las lavas del Grupo Aguacate es de 27,32 m^2/día.

Acuífero tobas líticas (Toba 1)

Este acuífero no está asociado con ninguna unidad geológica formal tal como se indicó en la Geología Regional. Sin embargo, de acuerdo con el trabajo de campo, se vió la necesidad de separar dicha unidad de tobas asignándosele el nombre de Tobas líticas (Toba 1).

El acuífero de tobas líticas (Toba 1) se extiende tanto en la parte media y baja de la subcuenca La Paz como en la parte baja de la parte alta de la cuenca del río Barranca. Corresponde con tobas polimícticas en matriz café claro-oscuro a rosado, soldadas, con bloques líticos angulares a subangulares milimétricos hasta llegar a los 20 cm de diámetro con permeabilidad aparente acuífera media a baja según reportes de perforación (SENARA, 2015) con intercalaciones de arcillas como el caso de los pozos NA-881 y NA-559.

De acuerdo con los datos de pozos registrados (SENARA, 2015) en el area de estudio incluyendo los datos de los pozos ubicados fuera de la cuenca La Paz, (NA-881, MI-70) y los pozos dentro de las cuencas de estudio NA-449, NA-507, como los pozos NA-337, NA-864 y NA-796 del perfil hidrogeológico AA-AA´, el espesor promedio de las tobas líticas es de 66,58 m, con un espesor mínimo registrado en el pozo NA-647 de 10 m y un espesor máximo registrado de 105 m para el pozo MI-559, Ver Anexo 9 con esquema litológico. El nivel estático promedio para las tobas líticas es de 42,28 m, el nivel dinámico promedio de 32,1 m con caudales promedio de 2,16 l/s. Cabe aclarar que los niveles y el caudal fue tomado en aquellos pozos que no presentan mezclas entre las distintas formaciones hidrogeológicas.

Debido a la extensión de las Tobas 1, el espesor y caudales, se considera dicha litología como un acuífero, el cual, según el análisis del armado de los pozos y la litología registrada de éstos, se comporta como tipo libre. El gradiente hidráulico para las Tobas 1

en la parte alta de la subcuenca Barranca entre equipotenciaes 1080 m.s.n.m. y 1120 m.s.n.m. es de 0,08969 y el valor obtenido para la subcuenca La Paz entre 1080 m.s.n.m y 1040 m.s.n.m. es de 0,1055. La dirección de flujo preferencial es hacia el Suroeste en la subcuenca La Paz y hacia el Sur, Sureste y Oeste para la cuenca alta del río Barranca.

Las nacientes NacV-3, NacV-4, NacV-5, NacBZ-1, NacBZ-2, NacLA-1, NacLA-2 y NacLA-3 afloran en las tobas líticas (Toba 1), con un caudal promedio de 2,0 l/s.

Acuífero Lavas Monteverde

El acuífero de origen volcánico Monteverde corresponde con lavas andesitas-basálticas con textura fanerítica las cuales se observaron en la parte media y alta de la subcuenca del río La Paz y al Este de la parte baja de la subcuenca río Barranca.

De acuerdo con el mapa geológico, la línea de perfil BB-BB, Figura 36 y la ubicación de los pozos MI-30 y MI-100, éstos están perforados en dicho acuífero sin embargo no tienen información litológica ni de armado, Anexo 9. La profundidad promedio de éstos es de 46 m.

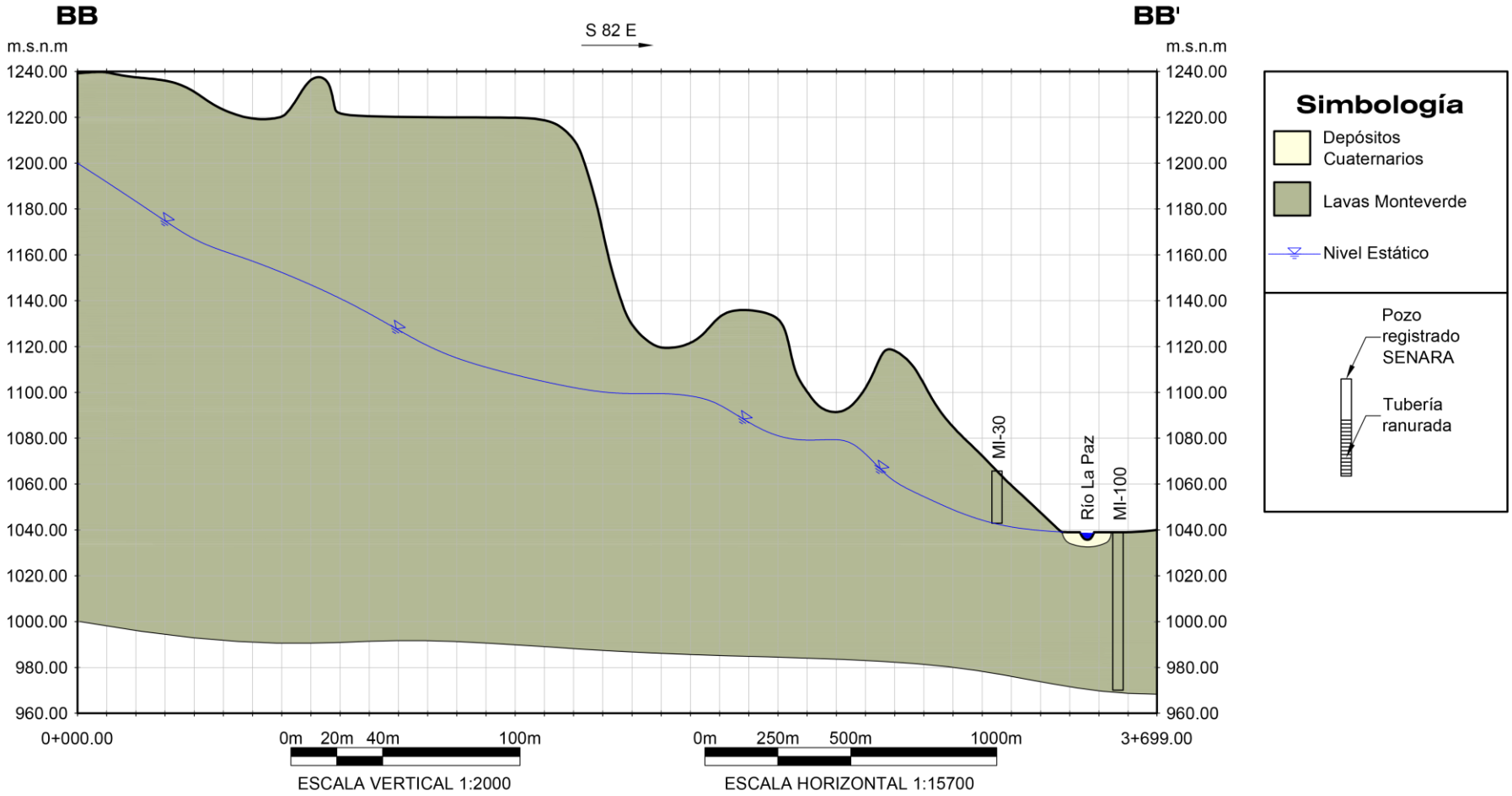
El perfil hidrogeológico BB-BB´ incluye los pozos MI-30 y MI-100 ambos perforados sobre Lavas Monteverde, con profundidades de 22,0 m y 69,0 m respectivamente. Dichos pozos no poseen información litológica, armado ni registro de niveles estáticos.

El valor de gradiente hidráulico para el acuífero de Lavas Monteverde es de 0,05235, valor obtenido entre las equipotenciales de 1200 m.s.n.m. y 1180 m.s.n.m. para subcuenca La Paz (0,064) y las equipotenciales 1080 m.s.n.m. y 1060 m.s.n.m. (0,0407), para la cuenca alta del río Barranca. La dirección de flujo prefencial del agua subterránea es hacia el Sureste, figura 19.

Acuífero tobas con pómez y biotita (Toba 2)

Dicho acuífero está constituido por tobas color café claro con presencia de pómez, biotitas, algunas secciones arcillosas y/ó arenosas y con fragmentos líticos, según descripciones de los reportes de pozos (SENARA, 2015), por lo que se asocian con las Tobas 2 (Tobas con pómez y biotita).

Se encuentra en una pequeña área, en la parte baja de subcuenca La Paz y en la cuenca media de la cuenca alta del río Barranca. Los pozos NA-917, NA-815 y NA-796 se encuentran perforados propiamente en dicho acuífero mientras que los pozos NA-686 y NA-859 aunque en superficie se encuentran en otras unidades, captan el mismo acuífero a profundidad. El nivel estático promedio entre los pozos NA-686, NA-917 y NA-859 es de 44 m, nivel dinámico de 51,3 m y un caudal de 2,0 l/s. El espesor promedio de dicho acuífero es de 82,3 m y tiene un comportamiento de acuífero tipo libre, de acuerdo con las litologías y armados de los pozos.



PERFIL HIDROGEOLÓGICO BB-BB'

Figura 36: Perfil hidrogeológico BB-BB´

Del perfil hidrogeológico CC-CC´, se define la presencia de un nivel freático regional para el acuífero de Tobas 2 entre 40 m y 60 m de profundidad. Cabe aclarar sin embargo, según la información litológica y registro de profundidad del nivel freático del pozo NA-971, la presencia de una fuga en dicho pozo. En dicho perfil se muestra un nivel freático regional para el acuífero de las Tobas 3, ubicado a una profundidad promedio de 30 m subyacido por un nivel freático regional para las Tobas 2.

El gradiente hidráulico para la subcuenca alta del río Barranca entre las equipotenciales de 1320 y 1280 m.s.n.m. es de 0,09975 y el valor para subcuenca del río La Paz tomado entre equipotenciales 1010 m.s.n.m. y 990 m.s.n.m.; es de 0,08163. La dirección de flujo de aguas subterráneas preferencial para el acluífero de Tobas con pómez y biotita es hacia el Suroeste en la subcuenca La Paz y hacia el Suroeste para la cuenca alta del río Barranca.

El punto triple de los aforos B26, B27 y B29 ubicado cerca del perfil hidrogeológico CC-CC´, Figura 37: Perfil hidrogeológico CC-CC´en río Barranca y tributario, se tiene un comportamiento de efluencia por parte de los ríos, lo cual se evidencia en el perfil en cuestión. Sin embargo el punto de amarre aguas abajo (aforo B28) presenta una pérdida de 19 l/s, la cual podría estar asociada a extracciones en la zona y/ó a un comportameinto de influencia donde el río aporta agua al acuífiero Tobas pómez con Biotita (Toba 2) por un fallamiento aparente local.

Las nacientes NacV-1 y NacV-2 afloran en dicho acuífero.

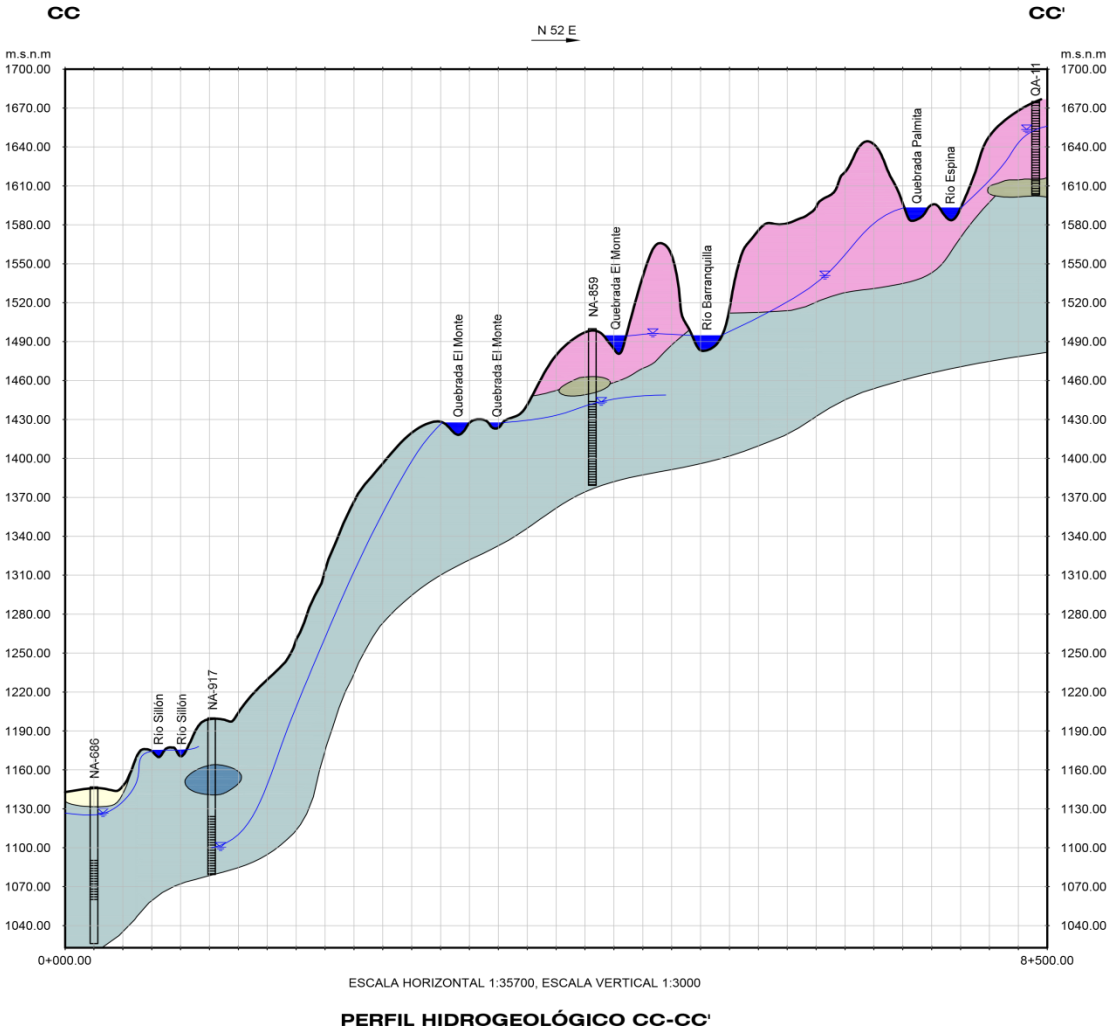


Figura 37: Perfil hidrogeológico CC-CC´

Acuífero tobas Alto Palomo

Dicho Acuífero está constituido por tobas de granulometría fina tipo arena, no consolidadas, con fragmentos milimétricos, matriz arcillosa en algunas secciones, de acuerdo con descripciones litológicas (SENARA, 2015). Se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Barranca.

El Acuífero de tobas Alto Palomo sobreyace el acuífero de Tobas con biotita y pómez (Toba 2) y el acuífero de lavas Monteverde.

Con relación al perfil hidrogeológico CC-CC', Figura 37, se puede observar la ubicación estratigráfica de dichas tobas con relación a los acuíferos Monteverde y de Tobas líticas (Toba 1). El espesor acuífero promedio según los registros litológicos de los pozos (SENARA 2015), es de 41,5 m. El nivel estático registrado para el pozo QA-11 está a 21 m.b.n.s.

Según el análisis realizado, el Acuífero de Tobas Alto Palomo es de tipo libre, con un gradiente hidráulico de 0,086 obtenido entre equipotenciales 1750 y 1700 m.s.n.m. y una dirección de flujo hacia el Suroeste, del mapa de hidrogeología.

De las nacientes de estudio ninguna se encuentra aflorando en las tobas Alto Palomo.

Depósitos Cuaternarios

Se observan varias zonas donde hay Depósitos coluvio aluviales (Depósitos Cuaternarios) principalmente en la parte media de la subcuenca La Paz. Estos poseen pequeñas áreas y están asociados a procesos de depositación cercanos a los ríos.

No existen nacientes dentro los Depósitos Cuaternios correspondientes al presente estudio. El pozo NA-686 está perforado en dicha formación, sin embargo, no está captando materiales coluvio aluviales según descripción litológica, SENARA (2015).

Ver mapa 19. Hidrogeología.

6.2 Análisis por naciente

A continuación se describen las condiciones y se caracterizan cada una de las diez nacientes del presente estudio, separadas entre sí de acuerdo con el Acueducto Rural al que pertenecen.

Es importante aclarar que según las condiciones hidrogeológicas observadas, incluyendo verificación de geología aguas arriba y aguas abajo de cada naciente, todas éstas tienen un comportamiento de acuífero tipo libre.

Se generaron líneas equipotenciales y líneas de flujo en las zonas aledañas a las 10 nacientes a partir de la información de campo, geología observada y la aplicación de la metodología descrita por Davis & Wiest (1976) en función de los niveles base de los cauces (ríos o quebradas).

Entre los parámetros definidos para el análisis de cada naciente, se incluye la transmisividad hidráulica (T), la cual se define como la tasa de flujo que se filtra a través de una franja vertical de terreno de ancho unitario y de altura igual a la del manto permeable saturado bajo un gradiente unitario (Custodio et al., 1983). Este parámetro permite conocer el caudal que pasa a través de una sección cualquiera de un acuífero, toda vez que sean conocidos el espesor saturado del acuífero (b), el gradiente hidráulico (i), y la conductividad hidráulica del acuífero (K). El valor de transmisividad con el que se trabajó para cada naciente corresponde a la relación entre espesor y conductividad hidráulica, donde el espesor fue obtenido de cada perfil hidrogeológico. Es importante aclarar que dicho espesor se determinó a partir de observaciones de campo.

El gradiente hidráulico corresponde a la relación que existe entre la distancia en la vertical (x) y en la horizontal (y) para una zona determinada, donde el agua subterránea se moviliza. El gradiente hidráulico para el análisis en la horizontal fue obtenido desde la divisoria de aguas de cada microcuenca hasta la salida de agua en cada naciente, tomados del perfil hidrogeológico para cada una de éstas.

El espesor saturado corresponde con la sección de material que está saturada con aguas subterráneas o espesor de acuífero.

La conductividad hidráulica (k) es un parámetro que expresa la facilidad con que el agua circula a su través de un medio específico, Custodio et al. (1983).

6.2.1.1 Acueducto de Volio

El Acueducto de Volio está conformado por las nacientes NacV-1 (436-N1) NacV-2 (436-N2), NacV-3 (436-N3), NacV-4 (436-N4) y NacV-5 (436-N5).
A continuación se presentan los resultados de los análisis obtenidos para cada una de éstas nacientes.

Tránsito en la zona no saturada

En el Cuadro 48 se indican las pruebas de infitración utilizadas para el análisis de las nacientes de Volio. En el Cuadro 49 se presentan los datos para el cálculo del tránsito en la zona no saturada para las nacientes que abastecen el acueducto de Volio, aplicando la ecuación (4). Cabe aclarar que según litología donde afloran las nacientes, se analiza el tiempo de tránsito de 100 días, correspondiente con materiales no porosos con fracturamiento secundario observado en el campo.

$$(4)\ T = b * \theta / k$$

dónde:

b: espesor zona no saturada

θ: porosidad eficaz del medio

k: permeabilidad zona no saturada

La conductividad hidráulica en la zona no saturada fue utilizada para el análisis del tiempo de tránsito en dicha zona. Este valor corresponde con el dato máximo de las dos pruebas de infiltración obtenidas en el campo para cada naciente Cuadro 48, Anexo 5.
La porosidad utilizada en el análisis de las nacientes corresponde con el promedio de las porosidades efectivas obtenidas de las muestras entregadas al laboratorio, Anexo 10.

Cuadro 48: Pruebas de infiltración realizadas en campo para las nacientes Volio.

Naciente	Nom. de Prueba	X	Y	Velocidad de Infiltración (m/d)
NacV-1 (436-N1)	Infil Nac 1-1 Volio	452177	1122638	0.4212
NacV-1 (436-N1)	Infil Nac 1-2 Volio	452266	1122651	1.328
NacV-2 (436-N2)	Infil Nac 2-1 Volio	452297	1123038	0.4551
NacV-2 (436-N2)	Infil Nac 2-2 Volio	452533	1123010	1.1202
NacV-3 (436-N3)	Infil Nac 3-1 Volio	452416	1123474	0.1594
NacV-3 (436-N3)	Infil Nac 3-2 Volio	452574	1123457	1.5236
NacV-4 (436-N4)	Infil Nac 4-1 Volio	450127	1122313	0.0553
NacV-4 (436-N4)	Infil Nac 4-2 Volio	450229	1122324	0.1521
NacV-5 (436-N5)	Infil Nac 5-1 Volio	450155	1122164	0.2473
NacV-5 (436-N5)	Infil Nac 5-2 Volio	450239	1122252	0.9873

Cuadro 49: Tránsito de contaminantes en la zona no saturada (Volio)

Naciente	Conducti-vidad Hidráulica ZNS (m/d)	Gradiente Hidráulico (m/m)	Porosidad Efectiva promedio por naciente (%) Laboratorio Geosolu-ciones Civiles	Espesor No Saturado en cada naciente (m)	Tránsito Contami-nantes ZNS (días)
NacV-1 (436-N1)	1,32∗	1	43,72	16,00	5,31
NacV-2 (436-N2)	1,12∗	1	47,17	12,00	5,06
NacV-3 (436-N2)	1,52∗	1	38,93	8,00	2,06
NacV-4 (436-N4)	0,15∗	1	43,62	16,00	46,53
NacV-5 (436-N5)	0,99∗	1	40,87	2,00	0,83

∗ : Mayor valor para cada prueba infiltración

Según los datos obtenidos de Cuadro 49, se tiene un tiempo de tránsito menor para la naciente NacV-5 de 0,83 días mientras que el tiempo de tránsito en la zona no saturada mayor corresponde con la naciente NacV-4 (46,53 días). Cabe aclarar que las nacientes

NacV-1 y NacV-2 están asociadas al acuífero Tobas con biotita (Tobas 2) mientras que las NacV-3, NacV-4 y NacV-5 se ubican en Acuífero Tobas líticas (Toba 1). La naciente NacV-5 no está captada.

Parámetros hidráulicos en la zona saturada

De acuerdo con la descripción metodológica de la Etapa 1, a continuación se presentan los parámetros hidrogeológicos utilizados para calcular los tiempos de tránsito en la zona saturada, Cuadro 50, ecuación 5.

$$(5)\ T = d * \theta / k*i$$

d: distancia desplazamiento del contaminantes

θ: porosidad del medio

k: permeabilidad del acuífero

i: gradiente hidráulica

Cuadro 50: Tránsito de contaminantes en la zona saturada (Volio)

Naciente	Tiempo faltante (días)	Distancia (m)	Porosidad (%)	Permeabilidad acuífera (m/d)	Gradiente hidráulico	Acuífero
NacV-1 (436-N1)	94,69	28,35	43,72	1,32	0,099	Toba pómez biotita (Tobas 2)
NacV-2 (436-N2)	94,99	35,34	47,17	1,12	0,1568	Toba pómez biotita (Tobas 2)
NacV-3 (436-N2)	97,94	38,62	38,93	1,52	0,1010	Toba lítica (Toba 1)
NacV-4 (436-N4)	53,47	1,779	43,62	0,15	0,09676	Toba lítica (Toba 1)
NacV-5 (436-N5)	99,17	26,11	40,87	0,99	0,08847	Toba lítica (Toba 1)

Zonas de protección

Para determinar el ancho del tubo de flujo de la zona de protección se aplica la ley de Darcy.

- Ley de Darcy

Cabe aclarar que para cada caso se aplica la ecuación de Darcy, Q = T * i * L ; para poder determinar el ancho de cada celda por donde pasa una sección unitaria de agua por un sitio específico.

Donde Q: caudal (m^3/día)

T: transmisivdad (m^2/día)

L: ancho de la celda (m)

El Cuadro 51 muestra los datos utilizados para el análisis según ecuación de Darcy.

Cuadro 51. Cálculo ecuación Darcy (Volio)

Fuente	Caudal (l/s)	Caudal (m3/s)	T (m2/d)	Gradiente Hidráulico obtenido para cada perfil	Longitud (m)
NacV-1 (436-N1)	6,64	573,7	57,60	0,099	100,61
NacV-2 (436-N2)	1,52	131,34	112,00	0,1568	7,48
NacV-3 (436-N3)	2,24	193,54	143,94	0,1010	13,31
NacV-4 (436-N4)	1,94	167,62	13,99	0,09676	124,16
NacV-5 (436-N5)	2,00	172,8	124,74	0,08897	15,57

T: k x b; donde k corresponde con permeabilidad acuífera y b corresponde con espesor acuífero saturado (H1) para cada naciente.

- **Zona de captura**

Para determinar las zonas de captura en las distintas nacientes, se utilizaron las ecuaciones (6) estableciada según Grubb (1993). El Cuadro 52 muestra los datos utilizados para dicho análisis.

$$(6)\ y_{max} = \pm \frac{Q*L}{k(h_1^2 - h_2^2)}$$

Dónde:

y_{max}: Mitad del ancho de la zona de captura

K: Conductividad Hidráulica del medio geológico (m/d)

Q: Caudal en m^3/d

L: longitud entre dos puntos de observación de nivel freático (m)

h1: espesor de acuífero

h2: espesor de acuífero

Para el análisis de las zonas de captura, descritas en el Cuadro 52, el valor de L (m) corresponde con la distancia entre los espesores de acuífero H1 y H2.

El espesor h1 corresponde con un espesor saturado (a su vez espesor acuífero) obtenido del perfil hidrogeológico aguas arriba de la naciente el cual tendría un valor mayor que el espesor del acuífero h2, obtenido cerca de la zona de descarga de aguas subterráneas y/ó cada naciente.

El gradiente hidráulico analiza la relación entre una distancia vertical y horizontal (m/m) y la porosidad eficaz para corresponde al valor promedio entre las dos porosidades eficaces obtenidas de los análisis de laboratorio, Cuadro 52.

Cuadro 52. Parámetros hidrogeológicos (Acueducto Volio)

Fuente	T (m2/día)	K (m/d)	L (m)	Espesor del acuífero H1 (m)	Espesor del acuífero H2 (m)	Gradiente Hidráulico (m/m)	Porosidad Efectiva promedio por naciente (%) Laboratorio Geosolu-ciones Civiles
NacV-1 (436-N1)	57,60	1,32	115,3	43,64	9,00	0,099	43,72
NacV-2 (436-N2)	112,00	1,12	287,2	100,00	45,00	0,1568	47,17
NacV-3 (436-N3)	143,94	1,52	230,20	94,70	32,60	0,1010	38,93
NacV-4 (436-N4)	13,99	0,15	431,82	93,30	23,30	0,09676	43,62
NacV-5 (436-N5)	124,74	0,99	523,8	126,00	32,00	0,08897	40,87

T= transmisividad (m2/d); K = conductividad hidráulica (m/d); L = distancia horizontal tomada de perfil hidrogeológico entre H1 y H2; h1 = espesor saturado 1 en perfil hidrogeológico ; h2 = espesor saturado 2 en perfil hidrogeológico correspondiente con espesor de acuífero utilizado para el análisis

El Cuadro 53 muestra los resultados obtenidos del cálculo de las zonas de protección según Grubb (1993).

Cuadro 53. Cálculo de la zona de protección, Grubb (1993)

Fuente	Caudal (l/s)	Caudal (m3/s)	L (m)	Ymax (m)	2 Ymax (m)
NacV-1 (436-N1)	6,64	573,7	115,3	27,48	54,96
NacV-2 (436-N2)	1,52	131,34	287,2	4,23	8,46
NacV-3 (436-N3)	2,24	193,54	230,2	3,71	7,41
NacV-4 (436-N4)	1,94	167,62	431,82	58,65	117,30
NacV-5 (436-N5)	2,00	172,8	523,8	6,16	12,32

Según cuadro 52, se tiene ; Y = ancho de zona de captura; X (pto. De no retorno) = distancia aguas debajo de la naciente que requiere protección, X = límite máximo o distancia máxima de la zona de captura, aguas arriba de la naciente en cuestión, hasta divisoria de aguas.

- **Radio fijo aguas arriba nacientes**

El radio fijo aguas arriba de cada naciente se analiza con la ecuación (7), la cual se indica a continuación:

(7) $\sqrt{Q \times T / \pi \times n \times b}$

donde:

Q: Caudal en m^3/día

T: Tiempo de vida bacterias zona al llegar a zona saturada (100 días medios fisurados)

n: porosidad

b: espesor acuífero obtenido de cada perfil hidrogeológico (H1 para cada naciente)

El Cuadro 54 muestra los datos utilizados para el cálculo de zona protección según radio fijo.

Cuadro 54. Cálculo de la zona de protección radio fijo

Fuente	Caudal (l/s)	Caudal (m3/día)	Tiempo faltante (días)	Porosidad (%)	Espesor acuífero (m)	Radio fijo (m)
NacV-1 (436-N1)	6,64	573,7	94,69	43,72	43,64	30
NacV-2 (436-N2)	1,52	131,34	94,99	47,17	100,00	84,18
NacV-3 (436-N3)	2,24	193,54	97,94	38,93	94,70	163,75
NacV-4 (436-N4)	1,94	167,62	53,47	43,62	93,30	70,14
NacV-5 (436-N5)	2,00	172,8	99,17	40,87	126,00	105,98

- **Punto de no retorno**

Para determinar la zona del punto de no retorno ecuación (8) se analiza:

(8) Punto No Retorno (estancamiento): $Q \times L / \pi \times k (h_1^2 - h_2^2)$

El Cuadro 55 incluye el resultado del análisis de zonas de protección para cada una de las ecuaciones aplicadas por naciente en estudio.

Cuadro 55: Cuadro resumen

Fuente	Distancia zona saturada 100 días	Ancho tubo flujo protección Darcy	Ancho (Ymax) Grubb	Punto No Retorno	Radio fijo	"X" Límite de zona de captura a divisoria aguas microcuenca
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
NacV-1 (436-N1)	28,35	100,61	27,48	8,74	30	331,12
NacV-2 (436-N2)	35,34	7,48	4,23	1,34	84,18	538,01
NacV-3 (436-N3)	38,62	13,31	7,41	1,18	163,75	530,52
NacV-4 (436-N4)	1,779	124,16	58,65	18,83	70,14	672,69
NacV-5 (436-N5)	26,11	15,57	6,16	1,96	105,98	854,17

Se calcularon los puntos de no retorno para cada naciente sin embargo, por criterio de experto y análisis de campo, se recomienda una zona de protección aguas abajo de cada naciente de 5 m salvo en la naciente NacV-4, donde se recomienda una zona de protección mínima de 10 m aguas abajo.

La delimitación de la zonas de protección para las nacientes de Volio se definieron a aprtir del criterio hidrogeomorfológico. Dicha zona considera una zona de protección absoluta definida a partir de la metodología de Rafio Fijo y una zona regulada donde debe imperar el manejo integral del recurso hídrico donde se contemplen buenas prácticas ambientales, agrícolas y antrópicas. Dichas zonas se extienden aguas arriba de cada una de las nacientes, según el criterio hidrogeomorfológico hasta la divisoria de cada microcuenca; distancia correspondiente al límite de la zona de captura a divosoria de aguas para cada microcuenca, según Cuadro 55. Además se inlcuye una zona operacional de 15 m de radio (Foster, 2009) y 5 m aguas abajo según criterio de experto.

El Mapa *20* y Mapa *21*, muestran las zonas de protección y captura para las cada una de las 5 nacientes que administra la Asada de Volio.

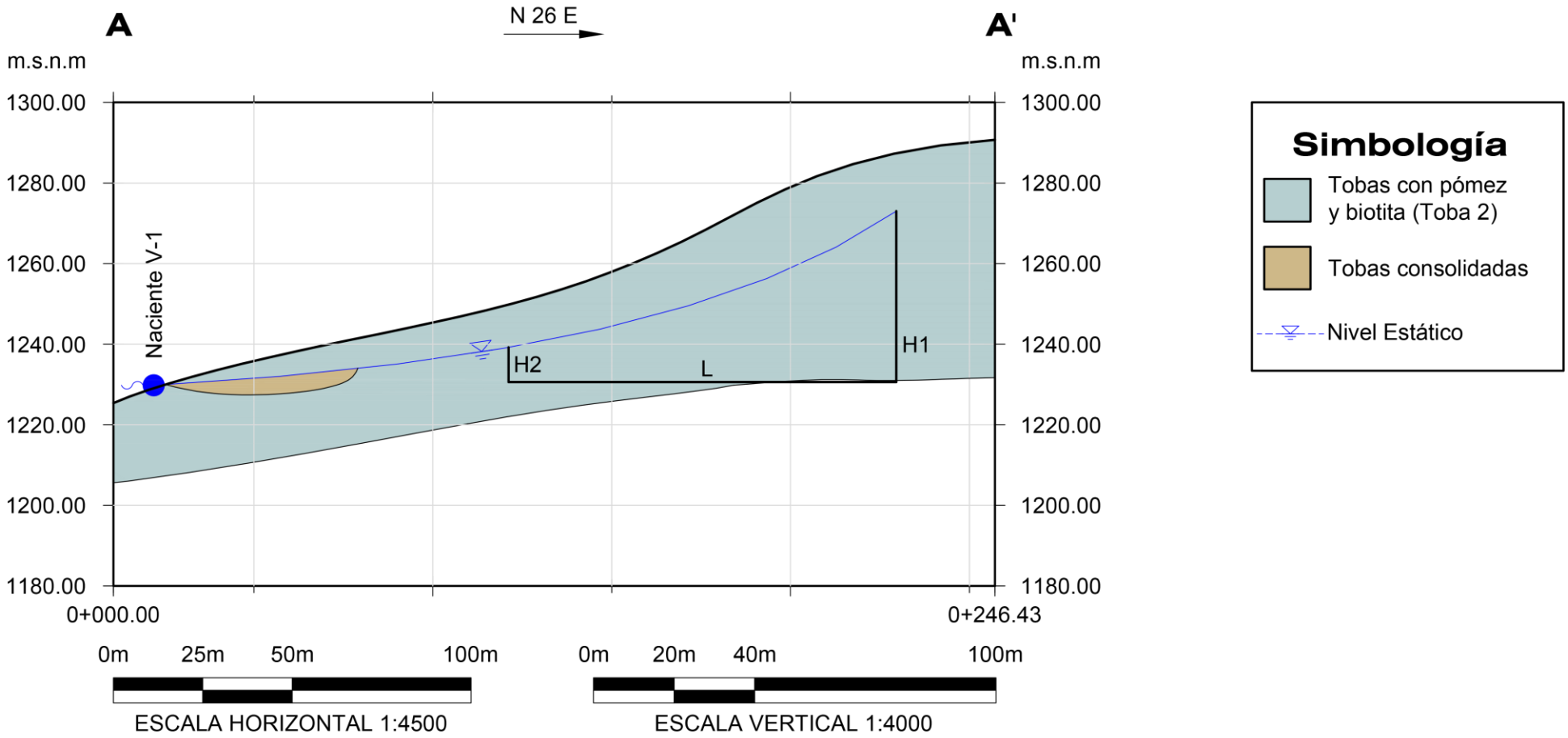
El Cuadro 56, Cuadro 57, Cuadro 58, Cuadro 59 y Cuadro 60; muestran las fichas técnicas para cada naciente, con sus respectivas fotografías (Figura 39, Figura 40, Figura 43, Figura 45, Figura 46, Figura 48, Figura 49 y Figura 51) y perfiles hidrogeológicos, Figura 38, Figura 41, Figura 44, Figura 47 y Figura 50.

Ficha técnica por naciente

Naciente Volio 1 (NacV-1)

Cuadro 56.Ficha técnica de naciente NacV-1 (436-N1)

Formación o unidad: Tobas (Toba 2)	
Coordenadas Lambert	237,230 Norte – 488,505 Este 1 239 m.s.n.m.
Geología	La naciente aflora en tobas color café poco soldadas, con fragmentos pómez subangulares con diámetros hasta de 3 cm, con un 5% de cristales de biotita, piroxenos, anfíboles y otros clastos indiferenciados. Sobreyaciendo las tobas se observa suelo meteorizado y algunos cantos rodados de lavas andesíticas con meteorización esferoida color gris oscuro con presencia de fenocristales de plagioclasas. No se observaron fracturas, contacto geológico ni fallamiento local en los alrededores de la naciente. El gradiente hidráulico obtenido para dicha naciente es de 0,099 m obtenido entre las cotas 1236 m.s.n.m. y 1248 m.s.n.m., el valor de transmisividad hidráulica obtenido del perfil hidrogeológico es de 57,6 m^2/día, para un espesor saturado de 43,64 m. El espesor de la zona no saturada observado en el campo es de 16 m.
Muestras suelo	Nac 1.1 y Nac 2.2
Estado de la captación	La naciente tiene una captación en concreto pintada, cerrada, con tapa metálica. El agua de dicha naciente se traslada vía tubería a un tanque de almacenamiento, donde se mezclan las aguas de las Nacientes NacV-1, NacV-2 y NacV-3. Ubicación tanque: 236,834 Norte – 488,143 Este. La naciente está cercada.
Caudal aforado el 17 febrero 2015	2,77 l/s (573,7 m^3/día)
Uso suelo aledaño a naciente	Aguas arriba de la naciente hay una plantación de café, la cual colinda a su vez por potreros



PERFIL HIDROGEOLÓGICO NACIENTE NacV-1 (436-N1)

Figura 38: Perfil hidrogeológico NacV-1, A-A



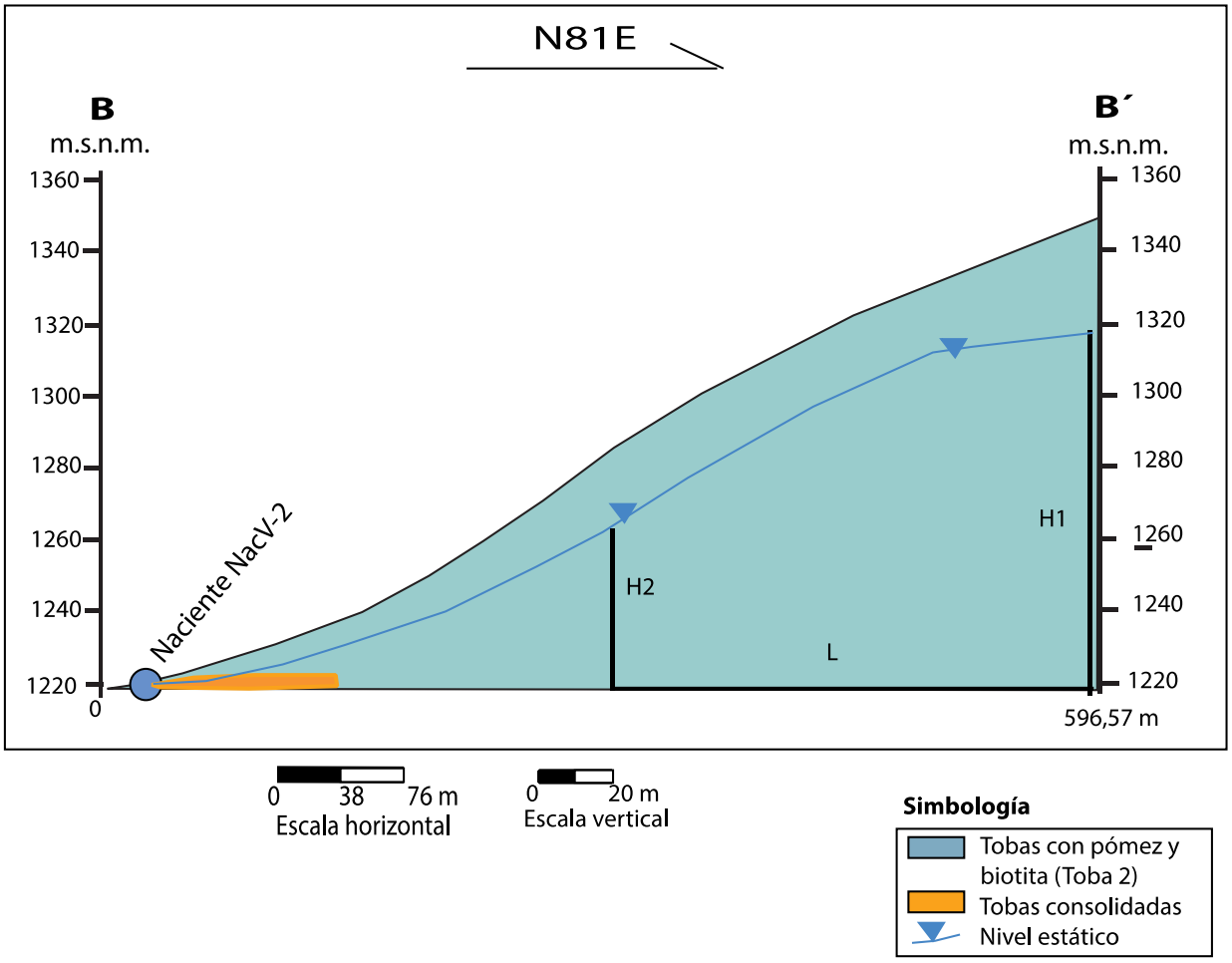
Figura 39. Tobas meteorizadas observadas en Naciente NacV-1



Figura 40.Estado captación NacV-1

Cuadro 57. Ficha técnica de naciente NacV-2 (436-N2)

Formación o unidad: Tobas (Toba 2)	
Coordenadas Lambert	1 123 038 – 452 289
Elevación	1 236 m.s.n.m.
Geología	Geológicamente la naciente NacV-2 se encuentra en tobas con pómez milimétricos (20%) subangulares con diámetros milimétricos, fragmentos líticos indiferenciados, biotita, piroxenos, anfíboles. El estado de las tobas es bastante meteorizado. No se observaron patrones de fracturación, contacto geológico ni zonas de debilidad ni estratificación en el afloramiento. El gradiente hidráulico obtenido para dicha naciente es de 0,1568 obtenido entre las cotas 1265 m.s.n.m. y 1220 m.s.n.m. del perfil hidrogeológico respecitvo, el valor de transmisividad hidráulica obtenido del perifl hidrogeológico es de 112,0 m^2/día, para un espesor saturado de 100 m.
Muestras suelo	Nac 3.1 y Nac 3.2
Estado de la captación	Naciente está cercada y captada por un tanque en concreto pintada. El agua de dicha naciente se traslada vía tubería a un tanque de almacenamiento, donde se mezclan las aguas de las Nacientes NacV-1, NacV-2 y NacV-3. Ubicación tanque: 236,834 Norte – 488,143 Este.
Caudal aforado el 17 febrero 2015	1,52 l/s
Uso suelo aledaño a naciente	Bosque ripario



PERFIL HIDROGEOLOGICO NACIENTE NACV 2 (436-N2)

Figura 41: Perfil hidrogeológico B-B, NacV-2



Figura 42. Tobas con presencia de líticos y pómez, NacV-2



Figura 43. Captación NacV-2

Cuadro 58: Ficha técnica de naciente NacV-3 (436-N3)

Formación o unidad: Tobas (Toba 2)	
Coordenadas Lambert	238,068 N – 488,720 E
Elevación	1 253 m.s.n.m.
Geología	Toba polimíctica con matriz café claro a rosada, consolidada con bloques milimétricos a centimétrios angulares con distintas litologías. Algunos bloques de lavas llegan a medir 20 cm. La naciente propiamente está aflorando en las tobas líticas (Toba 1). No se observó el contacto geológico entre las tobas líticas (Toba 1) y las tobas con pómez y biotita (Toba 2) en el sitio sin embargo, según lo observado en el campo, la estratigrafía en el sitio corresponde con lo indicado en el perfil hidrogeológico A-A´. Dada la densa vegetación del sitio, dicho contacto puede estar oculto entre la flora. Se observó buzamiento hacia el Oeste aguas arriba de la naciente. Espesor tobas en el sitio: Aproximadamente 6 m. El gradiente hidráulico obtenido para dicha naciente es de 0,1010 obtenido entre las cotas 1265 m.s.n.m. y 1248 m.s.n.m. del perfil hidrogeológico respecitvo, el valor de transmisividad hidráulica obtenido del perifl hidrogeológico es de 143,94 m^2/día, para un espesor saturado de 94,7 m y un espesor no saturado de 8 m.
Muestras suelo	2.1 y 2.2
Estado de la captación	La captación es de concreto, está pintada.
Uso suelo aledaño a naciente	Bosque
Caudal aforado 17 febrero 2015	2,24 l/s

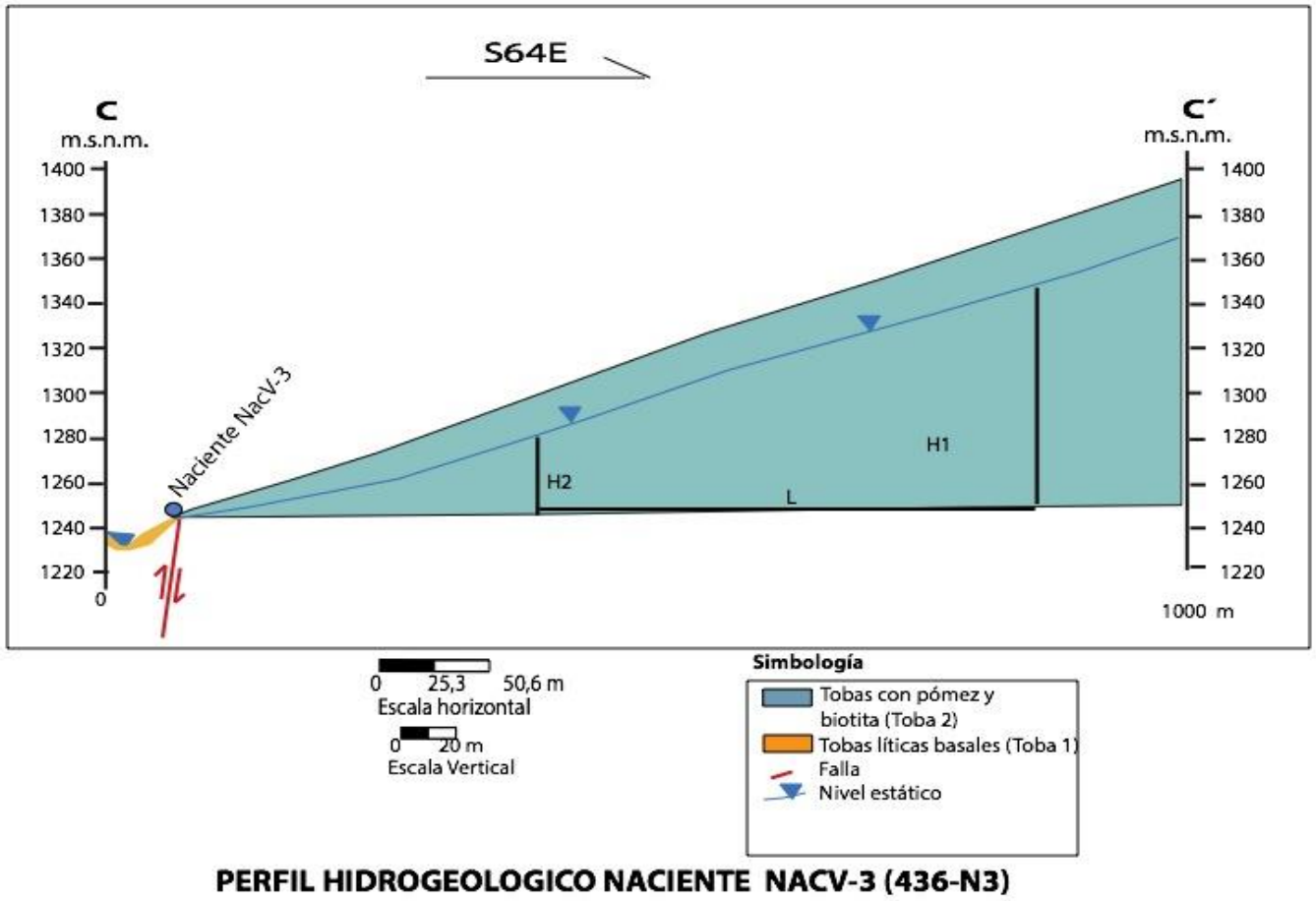


Figura 44: Perfil hidrogeológico C-C´, NacV-3



Figura 45. Vista de las tobas NacV-3, 238,068 N – 488,720 E



Figura 46. Vista de la captación NacV-3, 238,068 N – 488,720 E

Cuadro 59: Ficha técnica de naciente NacV-4 (436-N4)

Formación o unidad: Tobas (Toba 1)	
Coordenadas Lambert	236,912 N – 486,431 E
Elevación	1 165 m.s.n.m.
Geología	Toba color café claro a oscuro con fragmentos líticos, pómez angulares, biotita, piroxenos y anfíboles. Se encuentran fracturas secundarias no rellenas. El gradiente hidráulico obtenido para dicha naciente es de 0,09676 obtenido entre las cotas 1200 m.s.n.m. y 1164,5 m.s.n.m. del perfil hidrogeológico respectivo, el valor de transmisividad hidráulica obtenido del perfil hidrogeológico es de 13,99 m^2/día, para un espesor saturado de 93,30 m y un espesor no saturado de 16 m.
Muestras suelo	4.1 y 4.2
Estado de la captación	La captación es de concreto, está pintada.
Uso suelo aledaño a naciente	Bosque. Aguas arriba de la naciente, saliendo del bosque hay potreros.
Caudal aforado 19 febrero 2015	1,94 l/s

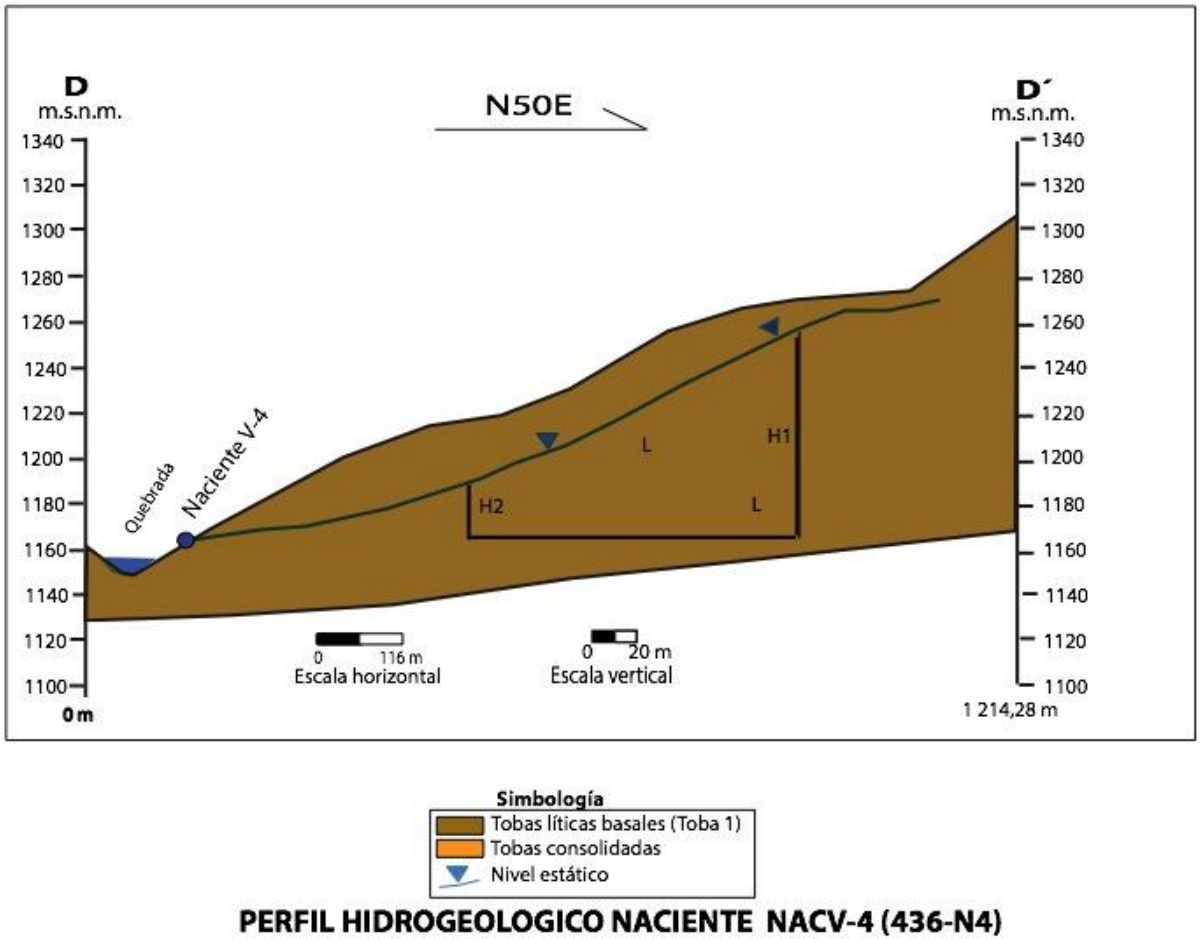


Figura 47. Perfil hidrogeológico D-D´, NacV-4



Figura 48. Tobas en la margen derecha de la naciente, coordenadas 236,912 N – 486,431 E



Figura 49. Captación de NacV-4, 236,912 N – 486,431 E)

Cuadro 60: Ficha técnica de naciente NacV-5 (436-N5)

Formación o unidad: Tobas (Toba 1)	
Coordenadas Lambert	236,745 N – 486,466 E
Elevación	1 165 m.s.n.m.
Geoogía	No se observa un afloramiento como tal. El agua está brotando sobre el nivel topográfico de la zona. En los alrededores del sitio se observan tobas color café claro a oscuro con fragmentos líticos, pómez angular, biotita con alta meteorización. El gradiente hidráulico obtenido para dicha naciente es de 0,09676 obtenido entre las cotas 1176 m.s.n.m. y 1140 m.s.n.m. del perfil hidrogeológico respectivo, el valor de transmisividad hidráulica obtenido del perfil hidrogeológico es de 124,74 m^2/día, para un espesor saturado de 126,0 m y un espesor no saturado de 2 m.
Muestras suelo	5.1 y 5.2
Estado de la captación	Esta naciente no tiene captación.
Uso suelo aledaño a naciente	Cafetales
Caudal aforado 19 febrero 2015	No se aforó esta naciente por las condiciones de ésta. Está pendiente el aforo.

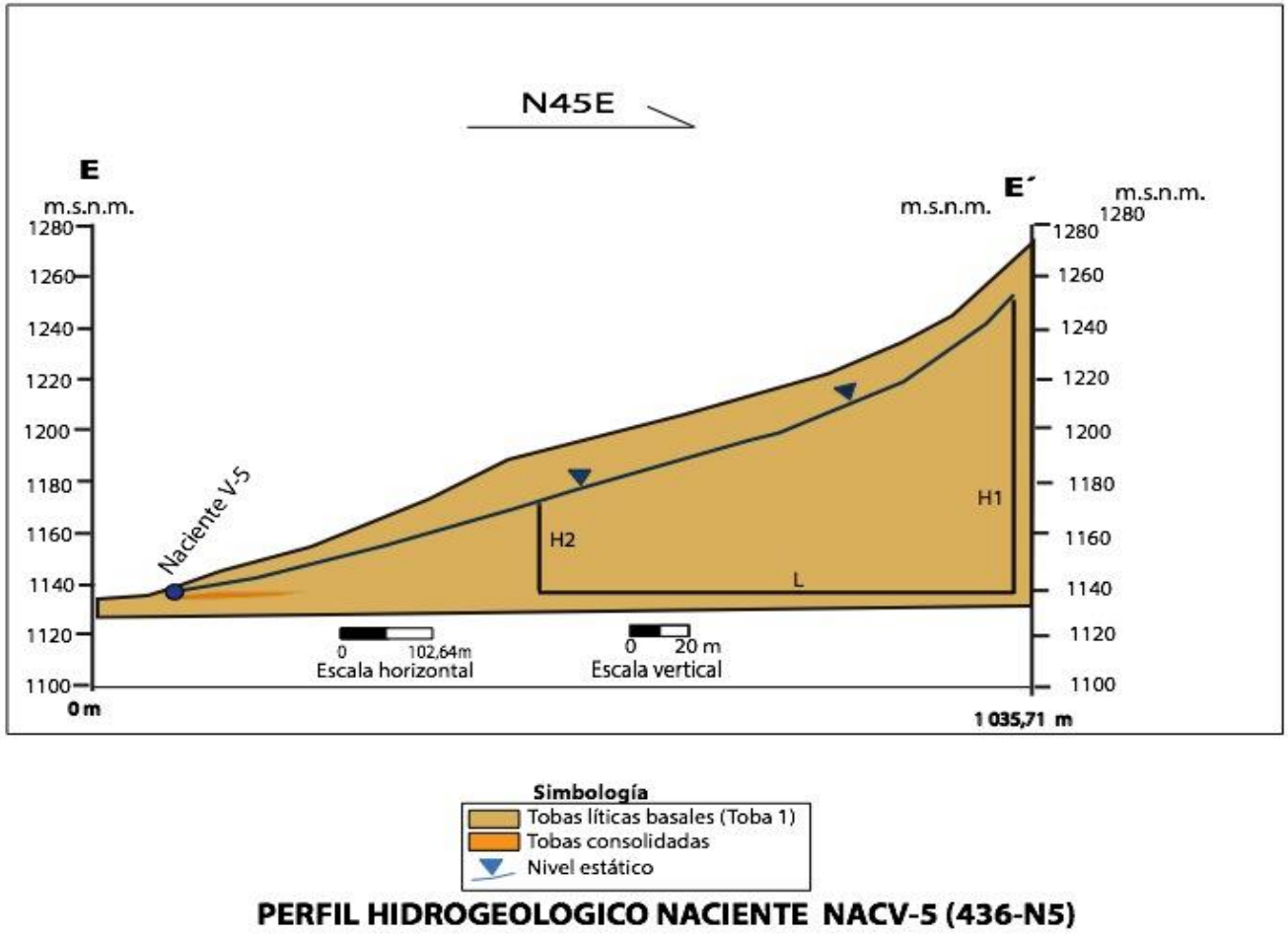


Figura 50: Perfil hidrogeologico E-E´, NacV-5



Figura 51. Vista de la naciente NacV-5, 236,745 N – 486,466 E

6.2.1.2 Acueducto de Ángeles Sur

El acueducto de Angeles Sur incluye las nacientes NacLA-1 (404-N1), NacLA-2 (404-N2) y NacLA-3 (404-N3).

A continuación se presentan los resultados de los análisis obtenidos para cada una de éstas.

Tránsito en la zona no saturada

El Cuadro 61 muestra los resultados de las pruebas de infiltración realizadas en la zona no saturada para las nacientes del acueducto Angeles Sur.

El se presenta los datos para el cálculo del tránsito en la zona no saturada para las nacientes que abastecen el acueducto Angeles Sur aplicando la ecuación (4). Cabe aclarar que según litología donde afloran las nacientes, se analiza el tiempo de tránsito de 100 días, correspondiente con materiales no porosos con fracturamiento secundario observado en el campo.

$$(4)\ T = b * \theta / k$$

donde:

b: espesor zona no saturada

θ: porosidad eficaz del medio

k: permeabilidad zona no saturada

La conductividad hidráulica en la zona no saturada fue utilizada para el análisis del tiempo de tránsito en dicha zona. Este valor corresponde con el valor máximo de las dos pruebas de infiltración obtenidas en el campo para cada naciente Cuadro 61, Anexo 5.

La porosidad utilizada en el análisis de las nacientes corresponde con el promedio de las porosidades efectivas obtenidas de las muestras entregadas al laboratorio, Anexo 10

Cuadro 61. Pruebas de infiltración realizadas en campo para las nacientes los Ängeles.

Nom. de Prueba	X	Y	Velocidad de Infiltración (m/día)
Infil Nac 1-1 LA (404-N1)	449102	1122898	0.0732
Infil Nac 1-2 LA (404-N1)	449096	1122985	0.6204
Infil Nac 2-1 LA (404-N2)	449114	1122922	0.1841
Infil Nac 2-2 LA (404-N2)	449181	1122971	0.9352
Infil Nac 3-1 LA (404-N3)	449269	1122424	0.1208
Infil Nac 3-2 LA (404-N3)	449212	1122540	0.7622

El *Cuadro 62* muestra los datos utilizados para el cálculo de las zonas de protección en la zona no saturada.

Cuadro 62.Tránsito de contaminantes en la zona no saturada (Angeles Sur)

Naciente	Conducti-vidad Hidráulica ZNS (m/d)	Gradiente Hidráulico (m/m)	Porosidad Efectiva promedio por naciente (%) Laboratorio Geosolu-ciones Civiles	Espesor No Saturado en cada naciente (m)	Tránsito Contami-nantes ZNS (días)
NacLA-1 (404-N1)	0,62∗	1	37,71	20,00	12,16
NacLA-2 (404-N2)	0,94∗	1	35,78	20,00	7,61
NacLA-3 (404-N3)	0,76∗	1	34,35	12,00	5,42

∗ : Mayor valor para cada prueba infiltración

Según los datos obtenidos del Cuadro 62, se tiene un tiempo de tránsito menor para la naciente NacLA-3 de 5,42 días mientras que el tiempo de tránsito en la zona no saturada mayor corresponde con la naciente NacLA-1 (12,16 días).

Parámetros hidráulicos en la zona saturada

De acuerdo con la descripción metodológica de la Etapa 1, a continuación se presentan los parámetros hidrogeológicos utilizados para calcular los tiempos de tránsito en la zona saturada, Cuadro 63, ecuación 5.

$$(5)\ T = d * \theta / k*i$$

d: distancia desplazamiento del contaminantes

θ: porosidad del medio

k: permeabilidad del acuífero

i: gradiente hidráulico

Cuadro 63. Tránsito de contaminantes en la zona saturada (Los Angeles)

Naciente	Tiempo faltante (días)	Distancia (m)	Porosidad (%)	Permeabilidad acuífera (m/d)	Gradiente hidráulico	Acuífero
NacLA-1 (404-N1)	87,84	2,86	37,71	0,62	0,01978	Toba lítica (Toba 1)
NacLA-2 (404-N2)	92,39	5,87	35,78	0,94	0,02419	Toba lítica (Toba 1)
NacLA-3 (404-N3)	94,58	15,18	34,35	0,76	0,07258	Toba lítica (Toba 1)

Zonas de protección

Para determinar el ancho del tubo de flujo de la zona de protección se aplica la ley de Darcy.

- Ley de Darcy

Cabe aclarar que para cada caso se aplica la ecuación de Darcy, $Q = T * i * L$; para poder determinar el ancho de cada celda por donde pasa una sección unitaria de agua por un sitio específico.

Donde Q: caudal (m^3/día)

T: transmisivdad (m^2/día)

L: ancho de la celda (m)

El Cuadro 64 muestra los datos y el cálculo obtenido para ecuación Darcy (Los Angeles).

Cuadro 64. Cálculo ecuación Darcy (Los Angeles)

Fuente	Caudal (l/s)	Caudal (m3/s)	T (m2/d)	Gradiente Hidráulico obtenido para cada perfil	Longitud (m)
NacLA-1 (404-N1)	0,34	29,38	17,71	0,01978	83,94
NacLA-2 (404-N2)	0,23	19,87	3,99	0,024	207,49
NacLA-3 (404-N3)	2,70	233,28	50,69	0,062	63,22

T: k x b; donde k corresponde con permeabilidad acuífera y b corresponde con espesor acuífero saturado (H1) para cada naciente.

- **Zona de captura**

Para determinar las zonas de captura en las distintas nacientes, se utilizaron las ecuaciones (6) estableciada según Grubb (1993). El

Cuadro 65 muestra los datos utilizados para dicho análisis.

$$(6)\ y_{max} = \pm \frac{Q*L}{k(h_1^2 - h_2^2)}$$

Dónde:

y_{max}: Mitad del ancho de la zona de captura

K: Conductividad Hidráulica del medio geológico (m/d)

Q: Caudal en m^3/d

L: longitud entre dos puntos de observación de nivel freático (m)

h1: espesor de acuífero

h2: espesor de acuífero

Para el análisis de las zonas de captura, descritas en el

Cuadro 65, el valor de L (m) corresponde con la distancia entre los espesores de acuífero H1 y H2.

El espesor h1 corresponde con un espesor saturado (a su vez espesor acuífero) obtenido del perfil hidrogeológico aguas arriba de la naciente el cual tendría un valor mayor que el espesor del acuífero h2, obtenido cerca de la zona de descarga de aguas subterráneas y/ó cada naciente.

Cuadro 65. Parámetros hidrogeológicos (Acueducto Angeles Sur)

Fuente	T (m2/d)	K (m/d)	L (m)	Espesor del acuífero H1 (m)	Espesor del acuífero H2 (m)	Gradiente Hidráulico	Porosidad Efectiva promedio por naciente (%) Laboratorio Geosolu-ciones Civiles
NacLA-1 (404-N1)	17,71	0,62	98,03	28,57	6,19	0,01978	37,71
NacLA-2 (404-N2)	3,99	0,94	77,63	4,25	2,55	0,02419	35,78
NacLA-3 (404-N3)	50,69	0,76	195,58	66,7	10,0	0,07258	34,35

T= transmisividad (m2/d); K = conductividad hidráulica (m/d); L= distancia horizontal tomada de perfil hidrogeológico entre H1 y H2; h1 = espesor saturado 1 en perfil hidrogeológico; h2 = espesor saturado 2 en perfil hidrogeológico correspondiente con espesor de acuífero utilizado para el análisis

El

Cuadro 66 muestra los resultados obtenidos aplicando Grubb (1993).

Cuadro 66. Cálculo de la zona de protección, Grubb (1993)

Fuente	Q (l/s)	Q (m3/d)	L (m)	Ymax	2 Ymax
NacLA-1 (404-N1)	0,34	29,38	98,03	5,97	11,94
NacLA-2 (404-N2)	0,23	19,87	77,63	141,97	283,93
NacLA-3 (404-N2)	2,70	233,28	195,58	13,81	27,61

Según

Cuadro 66*: Y= ancho de zona de captura; X (pto. de no retorno) = distancia aguas debajo de la naciente que requiere protección, X=límite máximo o distancia máxima de la zona de captura, aguas arriba de la naciente en cuestión, hasta divisoria de aguas.*

- **Radio fijo aguas arriba nacientes**

El radio fijo aguas arriba de cada naciente se analiza con la ecuación (7), la cual se indica a continuación:

(7) $\sqrt{Q \times T / \pi \times n \times b}$

donde:

Q: Caudal en m^3/día

T: Tiempo de vida bacterias zona al llegar a zona saturada (100 días medios fisurados)

n: porosidad

b: espesor acuífero

El Cuadro 67 muestra los datos utilizados para el cálculo de zona protección según radio fijo.

Cuadro 67. Cálculo de la zona de protección radio fijo

Fuente	Caudal (l/s)	Caudal (m3/d)	Tiempo faltante (días)	Porosidad (%)	Espesor acuífero (m)	Radio fijo (m)
NacLA-1 (404-N1)	0,34	29,38	87,84	37,71	28,57	8,74
NacLA-2 (404-N2)	0,23	19,87	92,39	35,78	4,25	19,61
NacLA-3 (404-N2)	2,70	233,28	94,58	34,35	66,7	17,51

- **Punto de no retorno**

Para determinar la zona del punto de no retorno ecuación (8) se analiza:

(8) Punto No Retorno (estancamiento): $Q \times L / \pi \times k (h_1^2 - h_2^2)$

El Cuadro 68 incluye el análisis de zonas de protección para cada una de las ecuaciones aplicadas por naciente de Asada Angeles Sur.

Cuadro 68. Cuadro resumen Asada Angeles Sur

Fuente	Tiempo tránsito para 100 días	Ancho tubo flujo protección Darcy	Ancho (Ymax) Grubb	Punto No Retorno	Radio fijo	"X" Límite de zona de captura a divisoria aguas microcuenca
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
NacLA-1 (404-N1)	2,86	83,94	23,88	1,90	8,74	234,95
NacLA-2 (404-N2)	5,87	207,49	141,97	45,19	19,61	234,95
NacLA-3 (404-N3)	15,18	63,22	13,81	4,39	17,51	312,36

Se calcularon los puntos de no retorno para cada naciente sin embargo, por criterio de experto y análisis de campo, se recomienda una zona de protección aguas abajo de cada naciente de 5 m.

La delimitación de la zonas de protección para las nacientes de Angeles Sur se definieron a aprtir del criterio hidrogeomorfológico. Dicha zona considera una zona de protección absoluta definida a partir de la metodología de Rafio Fijo y una zona regulada donde debe imperar el manejo integral del recurso hídrico donde se contemplen buenas prácticas ambientales, agrícolas y antrópicas. Dichas zonas se extienden aguas arriba de cada una de las nacientes, según el criterio hidrogeomorfológico hasta la divisoria de cada microcuenca; distancia correspondiente al límite de la zona de captura a divosoria de aguas para cada microcuenca, según Cuadro 55. Además se inlcuye una zona operacional de 15 m de radio (Foster, 2009) y 5 m aguas abajo según criterio de experto.

El Mapa *22* muestra las zonas de protección y captura para las cada una de las 3 nacientes que administra la Asada de Los Angeles Sur.

El Cuadro 69, Cuadro 70 y Cuadro 71, muestran las fichas técnicas para cada naciente, con sus respectivas fotografías (Figura 53, Figura 54, Figura 56, Figura 58 y Figura 59) perfiles hidrogeológicos respectivos, Figura 52, Figura 55 y Figura 57.

Perfiles Hidrogeológicos y fichas por naciente

Naciente Los Ángeles 1 (NacLA-1)

Cuadro 69. Ficha técnica de naciente NacLA-1 (404-N1)

Formación o unidad: Tobas (Toba 1)	
Coordenadas Lambert	237,490 N – 485,411 E
Elevación	1 211 m.s.n.m.
Geología	Tobas color café claro a oscuro, con fragmentos líticos, pómez angular, biotitas. Las tobas se encuentran bastante meteorizadas. Aguas abajo de las nacientes NacLA-1 y NacLA-2 se encuentran estrías y fracturas. El gradiente hidráulico obtenido para dicha naciente es de 0,01978 obtenido entre las cotas 1200 m.s.n.m. y 1180 m.s.n.m. del perfil hidrogeológico respectivo, el valor de transmisividad hidráulica obtenido del perfil hidrogeológico es de 17,71 m^2/día, para un espesor saturado de 28,57 m y un espesor no saturado de 20 m.
Muestras suelo	Nac 1.1 LA y Nac 1.2 LA
Estado de la captación	Esta naciente tiene captación en concreto, está pintada. El agua se dirige a un tanque donde se mezclan aguas con la naciente NacLA-2.
Uso suelo aledaño a naciente	Bosque, potrero con ganado de leche.
Caudal aforado 19 febrero 2015	0,34 l/s

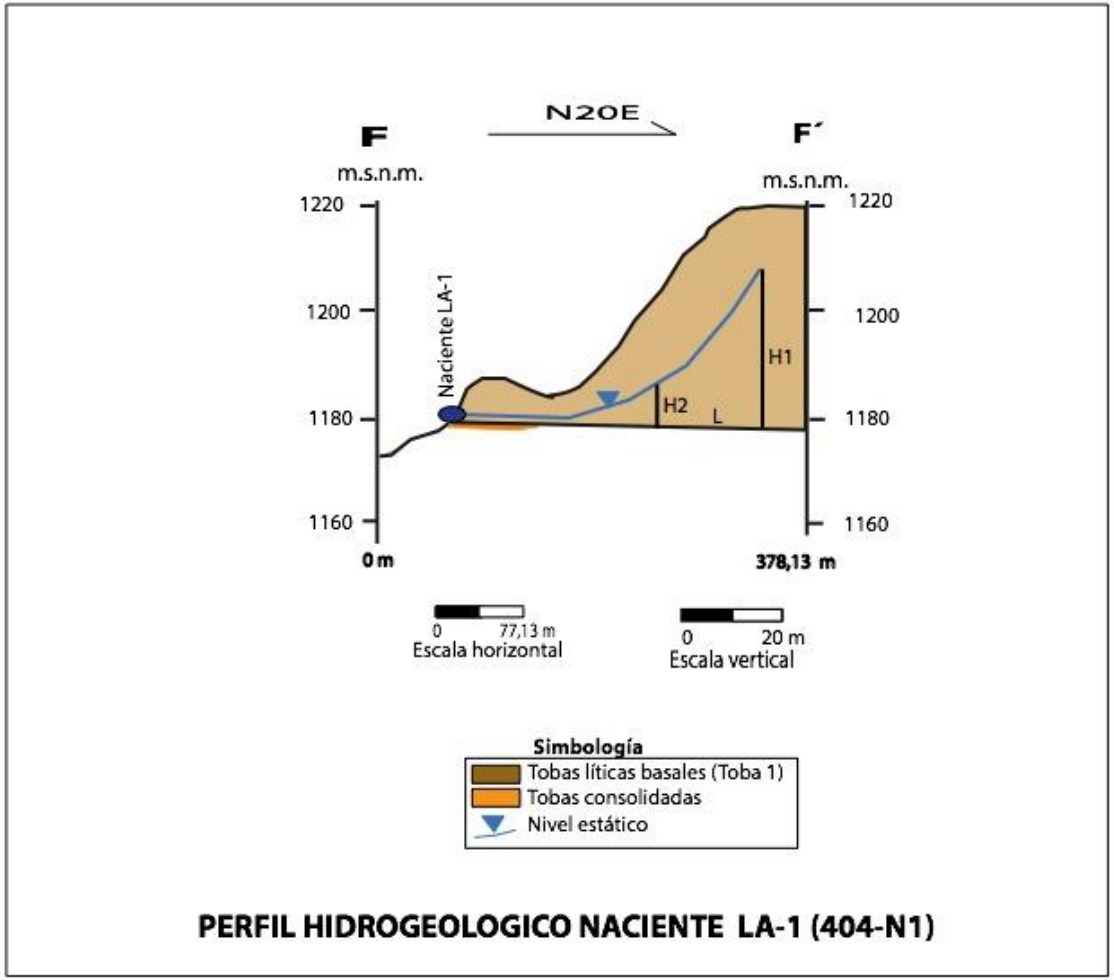


Figura 52. Perfil hidrogeológico Naciente E-E´, NacLa-1



Figura 53. Condiciones geológicas naciente NacLA-1, 237,490 N – 485,414 E



Figura 54. Captación de la naciente NacLA-1

Naciente Los Ángeles 2 (NacLA-2)

Cuadro 70. Ficha técnica de naciente LA-2 (404-N2)

Formación o unidad: Tobas (Toba 1)	
Coordenadas Lambert	237,508 N – 485,434 E
Elevación	1 213 m.s.n.m.
Geología	Tobas color café claro a oscuro, con fragmentos líticos, pómez angular, biotitas altamente meteorizadas. La NacLA-2 se encuentra a 29 m horizontales de la naciente NacLA-1. Aguas abajo de las nacientes NacLA-1 y NacLA-2 se encuentran estrías y fracturas. El gradiente hidráulico obtenido para dicha naciente es de 0,02419 obtenido entre las cotas 1208 m.s.n.m. y 1199 m.s.n.m. del perfil hidrogeológico respectivo, el valor de transmisividad hidráulica obtenido del perfil hidrogeológico es de 3,99 m^2/día, para un espesor saturado de 4,25 m y un espesor no saturado de 20 m.
Muestras suelo	Nac 2.1 LA y Nac 2.2 LA
Estado de la captación	Esta naciente tiene captación en concreto, está pintada. El agua se dirige a un tanque donde se mezclan aguas con la naciente NacLA-1.
Uso suelo aledaño a naciente	Bosque, potrero con ganado de leche.
Caudal aforado 19 febrero 2015	0,23 l/s

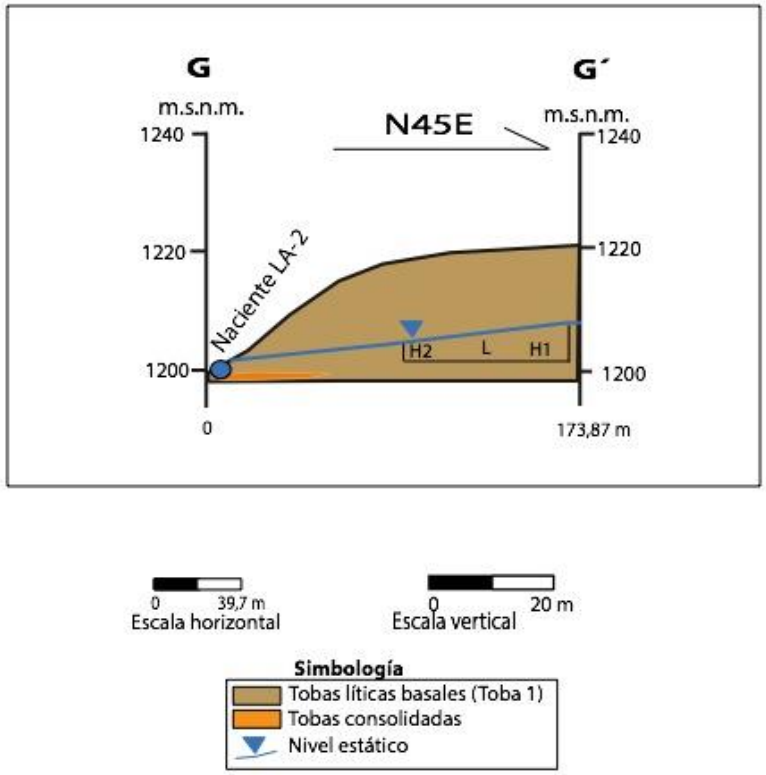


Figura 55. Perfil hidrogeológico NacLA-2, G-G´

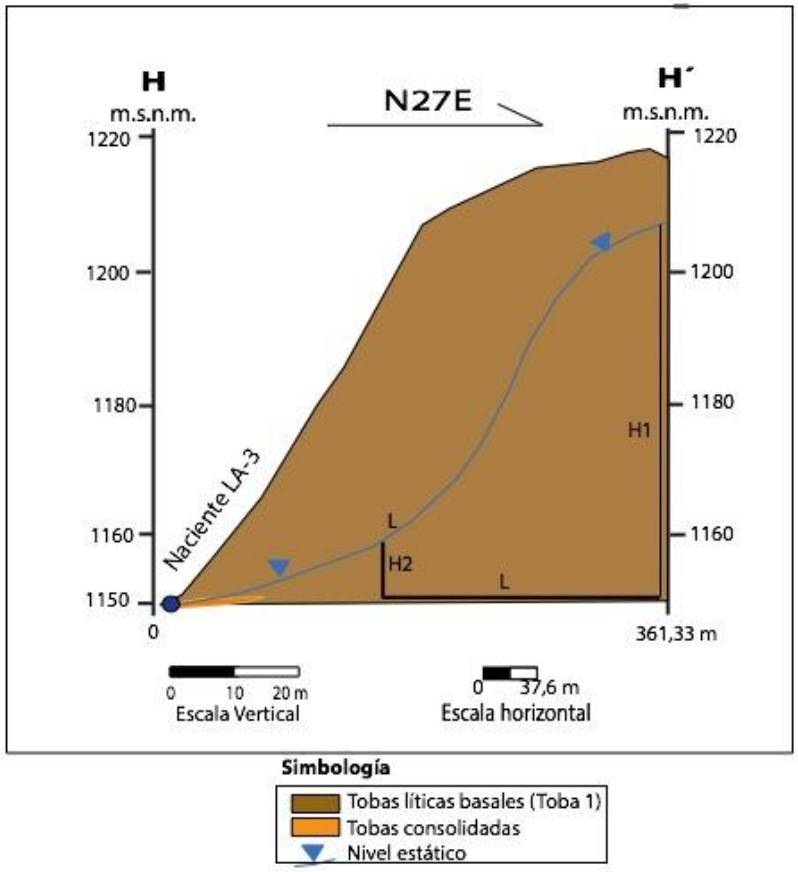


Figura 56. Captación de la naciente NacLA-2, coordenadas 237,508 N – 485,434 E

Naciente Los Ángeles 3 (NacLA-3)

Cuadro 71. Ficha técnica de naciente NacLA-3 (404-N3)

Formación o unidad: Tobas (Toba 1)	
Coordenadas Lambert	236,991 N – 485,579 E
Elevación	1 201 m.s.n.m.
Geología	Tobas color café claro a oscuro, meteorizadas, con fragmentos líticos, pómez angular. En la margen izquierda de la naciente se observa un afloramiento con fracturas secundarias abiertas milimétricas a centimétricas en las tobas, buzando hacia el SE. Las fracturas siguen una dirección preferencial E-W. Aguas abajo de las nacientes NacLA-1 y NacLA-2 se encuentran estrías y fracturas. Se observaron varias coronas de deslizamientos en los potreros alrededor de la naciente. El gradiente hidráulico obtenido para dicha naciente es de 0,07258 obtenido entre las cotas 1158 m.s.n.m. y 1149 m.s.n.m. del perfil hidrogeológico respectivo, el valor de transmisividad hidráulica obtenido del perfil hidrogeológico es de 50,69 m^2/día, para un espesor saturado de 66,7 m y un espesor no saturado de 12 m.
Muestras suelo	Nac 3.1 LA y Nac 3.2 LA
Estado de la captación	Esta naciente tiene captación en concreto, está pintada. Tiene tres tapas metálicas y está sobre el cauce de la quebrada.
Uso suelo aledaño a naciente	Bosque, potreros.
Caudal aforado 19 febrero 2015	2,70 l/s



PERFIL HIDROGEOLOGICO NACIENTE LA-3 (404-N3)

Figura 57. Perfil hidrogeológico NacLA-3, H-H´



Figura 58. Condiciones geológicas naciente NacLA-3, margen izquierda. Coordenadas: 236,990 N – 485,584 E



Figura 59. Captación de la naciente NacLA-3

6.2.1.3 Acueducto de Bajo Zúñiga

El Acueducto de Bajo Zúñiga incluye la captación de las nacientes NacBZ-1 (4498-N1) y NacBZ-2 (4498-N2).

A continuación se presentan los resultados de los análisis obtenidos para cada una de éstas nacientes.

Tránsito en la zona no saturada

El Cuadro 72 indica las pruebas de infitración utilizadas para el análisis de las nacientes de Bajo Zúñiga. En el Cuadro 73 se presentan los datos para el cálculo del tránsito en la zona no saturada para las dos nacientes que abastecen el acueducto de Bajo Zúñiga, aplicando la ecuación (4). Cabe aclarar que según litología donde afloran las nacientes, se analiza el tiempo de tránsito de 100 días, correspondiente con materiales no porosos con fracturamiento secundario observado en el campo.

$$(4)\ T = b * \theta / k$$

dónde:

b: espesor zona no saturada

θ: porosidad eficaz del medio

k: permeabilidad zona no saturada

La conductividad hidráulica en la zona no saturada fue utilizada para el análisis del tiempo de tránsito en dicha zona. El valor utilizado para el análisis respectivo corresponde con el valor máximo de las dos pruebas de infiltración obtenidas en el campo para cada naciente.

La porosidad utilizada en el análisis de las nacientes corresponde con el promedio de las porosidades efectivas obtenidas de las muestras entregadas al laboratorio, Anexo 10

Cuadro 72. Pruebas de infiltración realizadas en campo para las nacientes Bajo Zúñiga.

Nom. de Prueba	X	Y	Velocidad de Infiltración (m/día)
Infil Nac 1-1 BZ (4498-N1)	444981	1122198	0.2503
Infil Nac 1-2 BZ (4498-N1)	445044	1122251	0.1922
Infil Nac 2-1 BZ (4498-N2)	446383	1121494	0.9549
Infil Nac 2-2 BZ (4498-N2)	446334	1121544	0.0822

El Cuadro 73 muestra los datos utilizados para el tránsito de contaminantes de la zona no saturada.

Cuadro 73. Tránsito de contaminantes en la zona no saturada (Bajo Zúñiga)

Naciente	Conductividad Hidráulica ZNS (m/d)	Gradiente Hidráulico	Porosidad Efectiva promedio por naciente Lab. Geosolu-ciones Civiles	Espesor No Saturado en cada naciente (m)	Tránsito Contaminantes ZNS (días)
NacBZ-1 (4498-N1)	0,25∗	1	41,27	4,00	6,60
NacBZ-2 (4498-N2)	0,95∗	1	37,51	10,00	3,95

∗: Mayor valor para cada prueba de infiltración

Del análisis del tiempo de tránsito en la zona no saturada (Cuadro 73), se tiene el resultado más lento se presenta en la naciente NacBZ-1 con un tiempo de tránsito de 6,60 días y el resultado más rápido se obtiene en la naciente NacBZ-2 con un tiempo de 3,95 días.

Parámetros hidráulicos en la zona saturada

De acuerdo con la descripción metodológica de la Etapa 1, a continuación se presentan los parámetros hidrogeológicos utilizados para calcular los tiempos de tránsito en la zona saturada, Cuadro 74, ecuación 5.

$$(5)\ T = d * \theta / k*i$$

d: distancia desplazamiento del contaminantes

θ: porosidad del medio

k: permeabilidad del acuífero

i: gradiente hidráulica

Cuadro 74. Tránsito de contaminantes en la zona saturada (Bajo Zúñiga)

Naciente	Tiempo faltante (días)	Distancia (m)	Porosidad (%)	Permeabilidad acuífera (m/d)	Gradiente hidráulico	Acuífero
NacBZ-1 (4498-N1)	93,39	9,12	41,27	0,25	0,1436	Toba lítica (Toba 1)
NacBZ-2 (4498-N2)	96,05	18,87	37,51	0,95	0,07757	Toba lítica (Toba 1)

El Cuadro 74 muestra los parámetros utilizados para el análisis de la zona saturada para las dos nacientes de Bajo Zúñiga.

Zonas de protección

Para determinar el ancho del tubo de flujo de la zona de protección se aplica la ley de Darcy.

- Ley de Darcy

Cabe aclarar que para cada caso se aplica la ecuación de Darcy, $Q = T * i * L$; para poder determinar el ancho de cada celda por donde pasa una sección unitaria de agua por un sitio específico

Donde Q: caudal (m^3/día)

T: transmisividad (m^2/día)

L: ancho de la celda (m)

El Cuadro 75 muestra los parámetros utilizados para el análisis según Darcy.

Cuadro 75. Cálculo ecuación Darcy (Bajo Zúñiga)

Naciente	Caudal (l/s)	Caudal (m3/d)	T (m2/d)	Gradiente Hidráulico	Largo (m)
NacBZ-1 (4498-N1)	6,64	573,69	3,75	0,1436	1065,35
NacBZ-2 (4498-N2)	0,29	25,06	35,65	0,07757	9,06

- **Zona de captura**

Para determinar las zonas de captura en las distintas nacientes, se utilizaron las ecuaciones (6) estableciada según Grubb (1993). El muestra los datos utilizados para dicho análisis.

$$(6)\ y_{max} = \pm\frac{Q*L}{k(h_1^2-h_2^2)}$$

Dónde:

y_{max}: Mitad del ancho de la zona de captura

K: Conductividad Hidráulica del medio geológico (m/d)

Q: Caudal en m^3/d

L: longitud entre dos puntos de observación de nivel freático (m)

h1: espesor de acuífero

h2: espesor de acuífero

Para el análisis de las zonas de captura, descritas en Cuadro 76, el valor de L (m) corresponde con la distancia entre los espesores de acuífero H1 y H2.

El espesor h1 corresponde con un espesor saturado (a su vez espesor acuífero) obtenido del perfil hidrogeológico aguas arriba de la naciente el cual tendría un valor mayor que el espesor del acuífero h2, obtenido cerca de la zona de descarga de aguas subterráneas y/ó cada naciente.

El gradiente hidráulico analiza la relación entre una distancia vertical y horizontal (m/m) y la porosidad eficaz para corresponde al valor promedio entre las dos porosidades eficaces obtenidas de los análisis de laboratorio,Cuadro 76.

Cuadro 76. Parámetros hidrogeológicos (Bajo Zúñiga)

Naciente	T (m2/d)	K (m/d)	L (m)	Espesor del acuíferoh1 (m)	Espesor del acuíferoh2 (m)	Gradiente Hidráulica	Porosidad Efectiva promedio por naciente Laboratorio Geosolu-
NacBZ-1 (4498-1)	3,75	0,25	46,88	15	7	0,1436	41,27
NacBZ-2 (4498-2)	35,65	0,95	178,5	37,14	10	0,07757	37,51

T= transmisividad (m2/d); K = conductividad hidráulica (m/d); L = distancia horizontal tomada de perfil hidrogeológico entre H1 y H2; h1 = espesor saturado 1 en perfil hidrogeológico ; h2 = espesor saturado 2 en perfil hidrogeológico correspondiente con espesor de acuífero utilizado para el análisis

El Cuadro 77 muestra los resultados obtenidos según análisis de Grubb (1993).

Cuadro 77. Cálculo de la zona de protección, Grubb (1993)

Fuente	Caudal (l/s)	Caudal (m3/d)	L (m)	Ymax (m)	2 Ymax (m)
NacBZ-1 (4498-1)	6,64	573,69	46,88	611,25	1222,49
NacBZ-2 (4498-2)	0,29	25,06	178,5	3,64	7,28

Según cuadro 76, se tiene ; Y = ancho de zona de captura; 2 Ymax: diámetro zona captura

- **Radio fijo aguas arriba nacientes**

El radio fijo aguas arriba de cada naciente se analiza con la ecuación (7), la cual se indica a continuación:

(7) $\sqrt{Q \times T / \pi \times n \times b}$

donde:

Q: Caudal en m^3/día

T: Tiempo de vida bacterias zona al llegar a zona saturada (100 días medios fisurados)

n: porosidad

b: espesor acuífero

El Cuadro 78 muestra los resultaods obtenidos del cálculo del radio fijo para cada naciente de Bajo Zúñiga.

Cuadro 78. Cálculo de la zona radio fijo

Fuente	Caudal (l/s)	Caudal (m3/d)	Tiempo faltante (días)	Porosidad (%)	Espesor acuífero (m)	Radio fijo (m)
NacBZ-1 (4498-1)	6,64	573,69	93,39	41,27	15	52,5
NacBZ-2 (4498-2)	0,29	25,06	96,05	37,51	37,14	7,42

- **Punto de no retorno**

Para determinar la zona del punto de no retorno ecuación (8) se analiza:

(8) Punto No Retorno (estancamiento): $Q \times L / \pi \times k (h_1^2 - h_2^2)$

El Cuadro 79 incluye los resultados obtenidos para el análisis de las zonas de protección para cada una de las ecuaciones aplicadas por naciente en estudio.

Cuadro 79. Cuadro resumen

Fuente	Tiempo tránsito para 100 días (m)	Ancho tubo flujo protección Darcy (m)	Ancho (Ymax) Grubb (m)	Punto No Retorno (m)	Radio fijo (m)	"X" Límite de zona de captura a divisoria aguas microcuenca (m)
NacBZ-1 (4498-1)	9,12	1065,35	611,25	194,57	52,5	548,12
NacBZ-2 (4498-2)	18,87	9,06	3,64	1,16	7,42	154,45

Se calcularon los puntos de no retorno para cada naciente sin embargo, por criterio de experto y análisis de campo, se recomienda una zona de protección aguas abajo de la naciente NacBZ-2 de 5 . Para la naciente NacBZ-1 se recomineda una zona de protección mínima de 20 m.

La delimitación de la zonas de protección para las nacientes de Bajo Zúñiga se definieron a aprtir del criterio hidrogeomorfológico. Dicha zona considera una zona de protección absoluta definida a partir de la metodología de Rafio Fijo y una zona regulada donde debe imperar el manejo integral del recurso hídrico donde se contemplen buenas prácticas ambientales, agrícolas y antrópicas. Dichas zonas se extienden aguas arriba de cada una de las nacientes, según el criterio hidrogeomorfológico hasta la divisoria de cada microcuenca; distancia correspondiente al límite de la zona de captura a divosoria de aguas para cada microcuenca, según Cuadro 79. Además se inlcuye una zona operacional de 15 m de radio (Foster, 2009) y 5 m aguas abajo según criterio de experto.

El Mapa *23* muestra las zonas de protección y captura para las cada una de las 2 nacientes que administra la Asada Bajo Zúñiga.

El Cuadro 80 y el Cuadro 81 muestran las fichas técnicas para cada naciente, perfiles hidrogeológicos respectivos, Figura 60, Figura 61 y Figura 61.

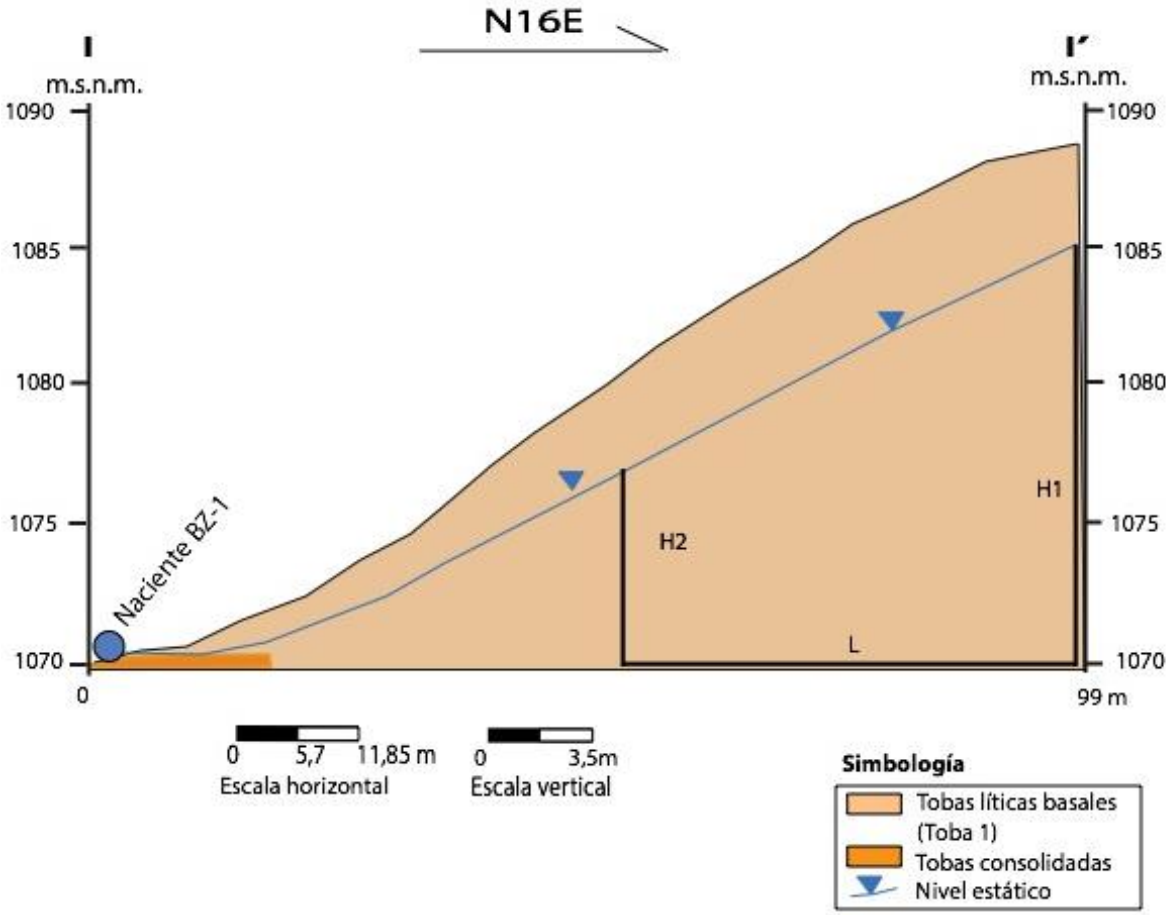
Naciente Bajo Zúñiga 1 (NacBZ-1)

Cuadro 80. Ficha técnica de naciente BZ-1 (4498-N1)

Formación o unidad: Tobas (Toba 1)	
Coordenadas Lambert	236,785 N – 481,286 E
Elevación	1 059 m.s.n.m.
Geología	La naciente se encuentra en tobas meteorizadas con pómez angulares milimétricas a centimétricas. Espesor mínimo observado en el sitio: 3 m Aproximadamente a 50 m aguas arriba de la quebrada donde se encuentra la naciente se observa un contacto quemado y lavas brechosas subyaciendo dicho contacto quemado, asociadas con las lavas de Formación Monteverde. El gradiente hidráulico obtenido para dicha naciente es de 0,1436 obtenido entre las cotas 1075 m.s.n.m. y 1073 m.s.n.m. del perfil hidrogeológico respectivo, el valor de transmisividad hidráulica obtenido del perfil hidrogeológico es de 3,75 m^2/día, para un espesor saturado de 15 m y un espesor no saturado de 4 m.
Muestras suelo	Nac 1.1 BZ y Nac 1.2 BZ
Estado de la captación	La captación de esta naciente es en concreto, con tapa de metal. Está construida sobre el cauce de la quebrada. No está pintada.
Uso suelo aledaño a naciente	Bosque, potrero, plantación de tomate
Caudal aforado 19 febrero 2015	6,64 l/s

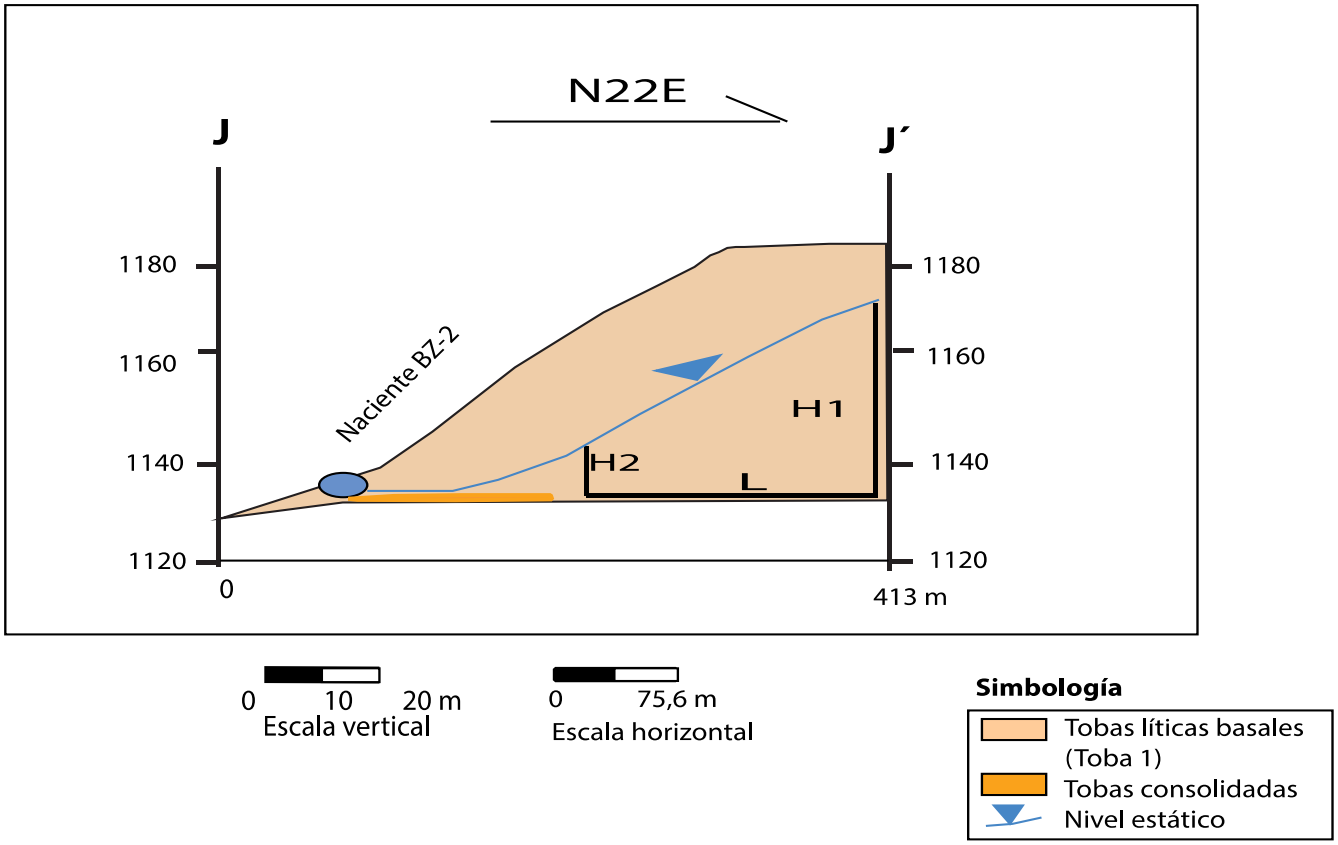
Cuadro 81 Ficha técnica de naciente BZ-2 (4498-N2)

Formación o unidad: Tobas (Toba 1)	
Coordenadas Lambert	236,089 N – 482,688 E
Elevación	1 018 m.s.n.m.
Geología	La naciente se encuentra en tobas color café claro a oscuro, con fragmentos líticos, pómez angular, biotitas. Las tobas se encuentran meteorizadas. Presenta planos con dirección N-S. El gradiente hidráulico obtenido para dicha naciente es de 0,07757 obtenido entre las cotas 1160 m.s.n.m. y 1136 m.s.n.m. del perfil hidrogeológico respectivo, el valor de transmisividad hidráulica obtenido del perfil hidrogeológico es de 35,65 m^2/día, para un espesor saturado de 37,14 m y un espesor no saturado de 10 m.
Muestras suelo	Nac 2.1 BZ y Nac 2.2 BZ
Estado de la captación	La captación está en concreto, no está pintada. Tiene tapa de metal.
Uso suelo aledaño a naciente	Bosque y potreros con ganado de leche. Se percibió un fuerte olor a boñiga antes de llegar a la naciente.
Caudal aforado 19 febrero 2015	0,29 l/s



PERFIL HIDROGEOLOGICO NACIENTE BZ 1 (4498-N1)

Figura 60. Perfil hidrogeológico NacBZ-1 (I-I´)



PERFIL HIDROGEOLOGICO NACIENTE BZ 2 (4498-N2)

Figura 61.Perfil hidrogeológico NacBZ-2, J-J

6.3 Vulnerabilidad acuífera a la contaminación

Para la determinación de la vulnerabilidad se utilizaron las variables que se pueden observar en la metodología descrita. Como ya se explicó anteriormente en la Metodología de trabajo, se aplicó el método para análisis de vulnerabilidad de GOD (Foster, 2013), la cual incluye los parámetros de profundidad del nivel estático por acuífero, el tipo de acuífero y tipos de estratos suprayacentes a los distintos acuíferos. Los valores utilizados para dichos parámetros se indican en el

Cuadro 83 *y Cuadro 84*, los mismos que incluyen el análisis para la subcuenca río La Paz y parte alta de la cuenca río Barranca.

- Tipo de Acuífero (G):

Dicho parámetro analiza el grado de confinamiento y tipo de acuífero en cuestión. De los seis acuíferos definidos en el presente estudio, cinco son de origen volcánico incluyendo tobas no consolidadas, lavas y un acuífero de origen sedimentario (Depósitos Cuaternarios). El comportamiento de éstos los clasifica como acuíferos tipo libres cubiertos. Por lo tanto, según el tipo de acuífero para los seis acuíferos de la zona de estudio, se le asignan un valor de 0,6. En el *Mapa 24* se muestra la distribución de los valores en el área de estudio, tanto para la subcuenca La Paz como para la parte alta de la cuenca río Barranca.

- Cobertura del Acuífero (O):

Con el fin de definir el tipo de material de cobertura correspondiente con la zona no saturada de los distintos acuíferos, se tomaron 40 muestras de suelo para análisis geotécnico en toda el área de estudio, distribuidas según tipo de geología. Cabe aclarar que del total de muestras analizadas, 20 fueron realizadas en zonas aledañas a las nacientes.

Del resultado de los análisis geotécnicos, los suelos a lo largo de ambas subcuencas se clasifican como limos plásticos (CL), según clasificación de la SUCS. Dicha clasificación de suelos permite relacionar con la descripción de Foster (2013), y obtener una caracterización correspondiente a suelos residuales y arcillosos, con un índice respectivo de 0,4.

El Mapa 25 muestra la distribución de los valores en el área de estudio.

- Profundidad al nivel de agua subterránea (D):

El espesor de la zona no saturada fue reclasificado en función de la profundidad del agua subterránea (nivel freático) en la zona de estudio, obtenido a partir del registro litológico e información de la base de pozos utilizada (SENARA, 2015). Los índices obtenidos para la profundidad del nivel de agua subterránea resultaron en un rango entre 0,6 a 0,9; donde para profundidades mayores a 50 m es de 0,6 y profundidades menores a 5 m el índice es de 0,9. El *Mapa 26* se muestra la distribución de los valores en el área de estudio.

Al realizar la multiplicación de los índices respectivos al tipo de acuífero, cobertura de acuífero y profundidad del nivel de agua subterránea, se obtienen un índice de vulnerabilidad comprendido entre el rango de 0,14 a 0,22, correspondiendo así **con una vulnerabilidad baja,** en toda el área de estudio, tanto en la subcuenca del río La Paz como en la parte alta de la cuenca del río Barranca *(Mapa 27)*.

La vulnerabilidad baja en toda la zona de estudio indica que esta es vulnerable a contaminantes conservativos cuando son decargados o lixiviados en forma amplia y continua durante largos períodos de tiempo, (Foster, 2013). Ver *Cuadro 82*

Cuadro 82 Vulnerabilidad en función de la contaminación acuífera (Foster 2001)

Clase de vulnerabilidad	Definición vulnerabilidad a la contaminación acuífera
Extrema	Vulnerable a la mayoría de los contaminantes con impacto rápido en muchos escenarios de contaminación
Alta	Vulnerable a muchos (excepto a los que son fuertemente absorbidos o fácilmente transformados) en muchos escenarios de contaminación
Moderada	Vulnerable a algunos contaminantes sólo cuando son continuamente descargados o lixiviados
Baja	Sólo vulnerable a contaminantes conservativos cuando son descargados o lixiviados en forma amplia y continua durante largos períodos de tiempo
Despreciable	Presencia de capas confinantes en las que el flujo vertical (percolación) es insignificante

Cabe recalcar sin embargo, que aunque la vulnerabilidad acuífera regional tanto para la subcuenca del río La Paz y parte alta del río Barranca es baja, deben incentivarse las buenas prácticas ambientales, incluyendo buenas prácticas agrícolas, el uso al menos de tanques sépticos en buen estado con drenajes en buenas condiciones, entre otros.

Así mismo, es importante aclarar que en caso de realizarse proyectos de desarrollo de cualquier índole, la vulnerabilidad acuífera debe analizarse en forma local.

Cuadro 83. Parámetros de Vulnerabilidad a la contaminación acuífera según metodología GOD, subcuenca La Paz

Litología	**Tipo de Acuífero (G)**	**Cobertura de acuífero (O), suelos residuales (CL)**	**Profundidad del Agua (D)**	**Vulnerabilidad**	
Depósitos Coluvio Aluviales	0,6 (No confinado – cubierto)	0,4	0,8 0,9	0,192 0,216	Baja
Lavas Monteverde	0,6 (No confinado – cubierto)	0,4	0,6 0,9	0,144 0,216	Baja
Tobas con Pómez y biotita (Toba 2)	0,6 (No confinado – cubierto)	0,4	0,6 0,9	0,144 0,216	Baja
Tobas líticas basales (Toba 1)	0,6 (No confinado – cubierto)	0,4	0,6 0,9	0,144 0,216	Baja

Cuadro 84. Parámetros de Vulnerabilidad a la contaminación acuífera, parte alta cuenca Barranca

Litología	Tipo de Acuífero (G)	Cobertura de acuífero (O), suelos residuales (CL)	Profundidad del Agua (D)	Vulnerabilidad	
Depósitos Coluvio Aluviales	0,6 (No confinado – cubierto)	0,4	0,7 0,8	0,168 0,192	Baja
Tobas Alto Palomo (Toba 3)	0,6 (No confinado – cubierto)	0,4	0,6 0,9	0,144 0,216	Baja
Lavas Monteverde	0,6 (No confinado – cubierto)	0,4	0,6 0,9	0,144 0,216	Baja
Tobas con Pómez y biotita (Toba 2)	0,6 (No confinado – cubierto)	0,4	0,6 0,9	0,144 0,216	Baja
Tobas líticas basales (Toba 1)	0,6 (No confinado – cubierto)	0,4	0,6 – 0,9	0,144 - 0,216	Baja

6.4 Contaminación por agroquímicos

Cuando se introducen las sustancias contaminantes a los acuíferos éstos sufren una contaminación directa, pero también se puede dar una contaminación de manera indirecta con dilución, cuando ésta se produce por medio de la recarga natural (Custodio,1983). Existen innumerables formas de contaminación; por ejemplo, a través de letrinas, ríos contaminados, alcantarillados con fugas, riego con agua residuales, lixiviado de depósitos de basura, etc.

Dada el tipo de actividad productiva de la zona que incluye siembra de cultivos como lechuga, caña de azúcar, café, colifor como también ganadería, se tomaron 10 muestras en cada una de las nacientes; analizándose un total de 123 parámetros *(Cuadro 85)* constituidos principalmente por compuestos orgánicos (fungicidas e herbicidas) e indicándose en los resultados que ninguno de estos supera el límite máximo permisible. Todos los ensayos son acreditados por el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) y

están referenciadas a los valores permisibles estipulados por la EPA con un porcentaje de incertidumbre de 95%. El resultado de estas pruebas se muestra en el anexo 11.

Cuadro 85. Parámetros químicos analizados

N°	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
1	Cyhalothrin	ug/L	N.D.
2	Sulfotep	ug/L	N.D.
3	2, 4, 5-T	ug/L	N.D.
4	2, 4-D	ug/L	N.D.
5	2, 4-DB	ug/L	N.D.
6	Acebinzolar-S-metil	ug/L	N.D.
7	Alaclor	ug/L	N.D.
8	Aldicarb	ug/L	N.D.
9	Aldrin	ug/L	N.D.
10	Ametrina	ug/L	N.D.
11	Atrazina	ug/L	N.D.
12	Azinfos-etil	ug/L	N.D.
13	Azinfos-metil	ug/L	N.D.
14	Azoxistrobin	ug/L	N.D.
15	Baytroid	ug/L	N.D.
16	Benomil	ug/L	N.D.
17	Bentazon	ug/L	N.D.
18	Bifentrina	ug/L	N.D.
19	Bitertanol	ug/L	N.D.
20	Bromacil	ug/L	N.D.
21	Bromofos-metil	ug/L	N.D.
22	Captan	ug/L	N.D.
23	Carbaril	ug/L	N.D.
24	Carbofuran	ug/L	N.D.
25	Chlordane	ug/L	N.D.
26	Cianazina	ug/L	N.D.
27	Cimoxanil	ug/L	N.D.
28	Ciromasina	ug/L	N.D.
29	Cis-clordano	ug/L	N.D.
30	Clorfenvinfos	ug/L	N.D.

Continuación del Cuadro 85. Parámetros químicos analizados

N°	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
31	Clorotalonil	ug/L	N.D.
32	Clorpirifos	ug/L	N.D.
33	Clorpirifos-metil	ug/L	N.D.
34	Coumafos	ug/L	N.D.
35	Crotoxifos	ug/L	N.D.
36	Dalapon	ug/L	N.D.
37	Decaclorobifenilo	ug/L	N.D.
38	DEF 6	ug/L	N.D.
39	Demeton	ug/L	N.D.
40	Desmetrina	ug/L	N.D.
41	Diazinon	ug/L	N.D.
42	Dibrom	ug/L	N.D.
43	Dicamba	ug/L	N.D.
44	Diclofention	ug/L	N.D.
45	Dicloroprop	ug/L	N.D.
46	Diclorvos	ug/L	N.D.
47	Dicofol	ug/L	N.D.
48	Dieldrin	ug/L	N.D.
49	Dimetoato	ug/L	N.D.
50	Dinoseb	ug/L	N.D.
51	Disulfoton	ug/L	N.D.
52	Diuron	ug/L	N.D.
53	Endosulfan I	ug/L	N.D.
54	Endosulfan II	ug/L	N.D.
55	Endosulfan Sulfato	ug/L	N.D.
56	Endrin	ug/L	N.D.
57	Endrin-Aldehido	ug/L	N.D.
58	Endrin-Cetona	ug/L	N.D.
59	EPN	ug/L	N.D.
60	Espinosad	ug/L	N.D.

Continuación del Cuadro 85. Parámetros químicos analizados

N°	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
61	Etefon	ug/L	N.D.
62	Etion	ug/L	N.D.
63	Etoprofos	ug/L	N.D.
64	Famphur	ug/L	N.D.
65	Fenamifos	ug/L	N.D.
66	Fenpropimorf	ug/L	N.D.
67	Fensulfotion	ug/L	N.D.
68	Fention	ug/L	N.D.
69	Fluvalinato	ug/L	N.D.
70	Forato	ug/L	N.D.
71	Fosdrin	ug/L	N.D.
72	Fosetil-Al	ug/L	N.D.
73	Fosmet	ug/L	N.D.
74	Glifosato	ug/L	N.D.
75	Heptacloro	ug/L	N.D.
76	Heptacloro Epoxido	ug/L	N.D.
77	Hexaclorobenzeno	ug/L	N.D.
78	Hexaconazol	ug/L	N.D.
79	Hidrametilnona	ug/L	N.D.
80	Imazalil	ug/L	N.D.
81	Imidaclorprid	ug/L	N.D.
82	Isodrin	ug/L	N.D.
83	Ketonexide	ug/L	N.D.
84	Leptofos	ug/L	N.D.
85	Lindano	ug/L	N.D.
86	Naled	ug/L	N.D.
87	Oxamil	ug/L	N.D.
88	Oxidemeton-metil	ug/L	N.D.
89	Oxifluorfen	ug/L	N.D.
90	p,p´-DDD	ug/L	N.D.

Continuación del Cuadro 85. Parámetros químicos analizados

N°	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
91	p,p´-DDE	ug/L	N.D.
92	p,p-DDT	ug/L	N.D.
93	Paraquat	ug/L	N.D.
94	Paration	ug/L	N.D.
95	PCP	ug/L	N.D.
96	Permetrina	ug/L	N.D.
97	Piraclostrobin	ug/L	N.D.
98	Pirimetanil	ug/L	N.D.
99	Pirimifos-etil	ug/L	N.D.
100	Pirimifos-metil	ug/L	N.D.
101	Procloraz	ug/L	N.D.
102	Propanil	ug/L	N.D.
103	Propiconazol 1	ug/L	N.D.
104	Quizalofop P etil	ug/L	N.D.
105	Ronel	ug/L	N.D.
106	Silvex	ug/L	N.D.
107	Sulprofos	ug/L	N.D.
108	Tau-fluvalinato	ug/L	N.D.
109	TCMTB	ug/L	N.D.
110	Tebufenozide	ug/L	N.D.
111	Teflutrin	ug/L	N.D.
112	Terbufos	ug/L	N.D.
113	Terbutilazina	ug/L	N.D.
114	Tetracloro-m-xileno	ug/L	N.D.
115	Tetraclorvinfos	ug/L	N.D.
116	Tiabendazol	ug/L	N.D.
117	Tiofanato-metil	ug/L	N.D.
118	Toxafeno	ug/L	N.D.
119	Trans-clordano	ug/L	N.D.
120	Triadimefon	ug/L	N.D.
121	Triadimenol	ug/L	N.D.
122	Tributilfosfato	ug/L	N.D.
123	Triclorfon	ug/L	N.D.

∗ N.D: No detectado en los análisis realizados

La no presencia de agroquímicos en los análisis de laboratorio realizados en muestras de las nacientes está asociada a la baja vulnerabilidad acuífera obtenida en la subcuenca del río La Paz y la parte alta de la cuenca del río Barranca.

7 Balance de cuenca

El análisis del balance de cuenca, permite conocer la distribución del recurso hídrico tanto superficial, como subterránea a través de la oferta y la demanda.

7.1 Subcuenca La Paz

7.1.1 Demanda hídrica en la Subcuenca La Paz

La demanda hídrica en la Subcuenca la Paz se haya constituida principalmente por las necesidades de riego de los cultivos, así como la demanda poblacional de la ASADA Bajo Zuñiga. A continuación se presenta el análisis respectivo:

7.1.1.1 Demanda de uso agrícola

Áreas bajo riego

Según el levantamiento del uso del suelo realizado con fotogrametría aérea y trabajo de campo, el área cultivada en la Subcuenca La Paz es de 750.94 ha, las cuales se consideran como zonas de riego agrícola. En estas zonas se ubican los poblados de La Paz, Araya, Campos, Piedades Norte y La Esperanza. Algunos de los cultivos más representativos en la zona son café, caña de azúcar, coliflor y lechuga, los cuales se van a utilizar en el cáculo de la demanda de riego y exceso de riego.

El *Cuadro 86* muestra el inventario general de los cultivos hallados en toda la subcuenca La Paz.

Cuadro 86. Área total cultivada – Subcuenca La Paz

CULTIVO	AREA (Has)
Café	149.60
Caña	461.75
Coliflor	9.12
Lechuga	130.46
TOTAL	**750.94**

Cédula y coeficiente de cultivos

Para efectos de determinar la Cédula de Cultivos en condiciones actuales, se ha realizado trabajos de campo a nivel de inventario, además de un reconocimiento con personal de las ASADAS, a fin de conocer sus expectativas y el nivel de practicas culturales en cuanto al manejo de los recursos agua y suelo.

Este análisis también permitió estimar la eficiencia de riego de los sistemas empleados, siendo este un factor preponderante para la determinación de la demanda bruta del recurso hídrico en el área de estudio.

De los cultivos inventariados, y de acuerdo al *Cuadro 87* , se puede observar que son los meses de estiaje (Enero – Abril) donde se da la mayor concentración de la fase de floración y cosecha, dado que entrada la época lluviosa, muy frecuentemente se presentan las labores de plantación, desahíje y siembra.

La disponibilidad hídrica en la cuenca estudiada, también condiciona el desarrollo de los cultivos, así, se ha percibido que los rendimientos de los de ciclo anual como la caña de azúcar y el café, disminuyen por el déficit de agua en los meses de estiaje. La reducción de la cantidad de agua en dichos meses, condiciona también los periodos de siembra de los cultivos de corto periodo vegetativo (lechuga y coliflor), postergándose este hasta

Mayo, lo cual imposibilita el desarrollo de más campañas de siembra al año y la rotación de cultivos.

Teniendo en cuenta las restricciones señaladas y de acuerdo a la época de siembra, cosecha y período vegetativo de los principales cultivos de la subcuenca, así como la disponibilidad de agua, se ha elaborado una cédula de cultivo, priorizando los de mayor importancia *(Cuadro 87)*

Cuadro 87. Cédula de cultivos – Subcuenca La Paz

CULTIVO	HECTAREAS	PERIODO VEGETATIVO	MESES
Café	149.60	May - Mar	11
Caña	461.75	Jun - Jun	12
Coliflor	9.12	Set - Ene	5
Lechuga	130.46	Ene - Abr	4
TOTAL	**750.94**		

Precipitación efectiva

Para la producción agrícola, la precipitación efectiva se refiere a la porción de lluvia que puede ser usada efectivamente por las plantas. Esto quiere decir que no toda la lluvia está disponible para los cultivos puesto que gran parte se pierde por escorrentía (RO) y percolación profunda (DP).

El agua que realmente se infiltra en el suelo depende del tipo de suelo, pendiente, follaje del cultivo, intensidad de las tormentas y el contenido inicial de agua en el suelo.

Muchos modelos matemáticos fueron desarrollados para calcular esta variable, a partir de datos de precipitación mensual como datos de entrada. Por ello, se debe tener cuidado en la selección de los valores adecuados para la precipitación de confianza, llevando análisis estadísticos de los registros de precipitación en periodos de largo plazo. Así, el Departamento de Irrigación y Drenaje de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1999) empleando ecuaciones del Departamento de

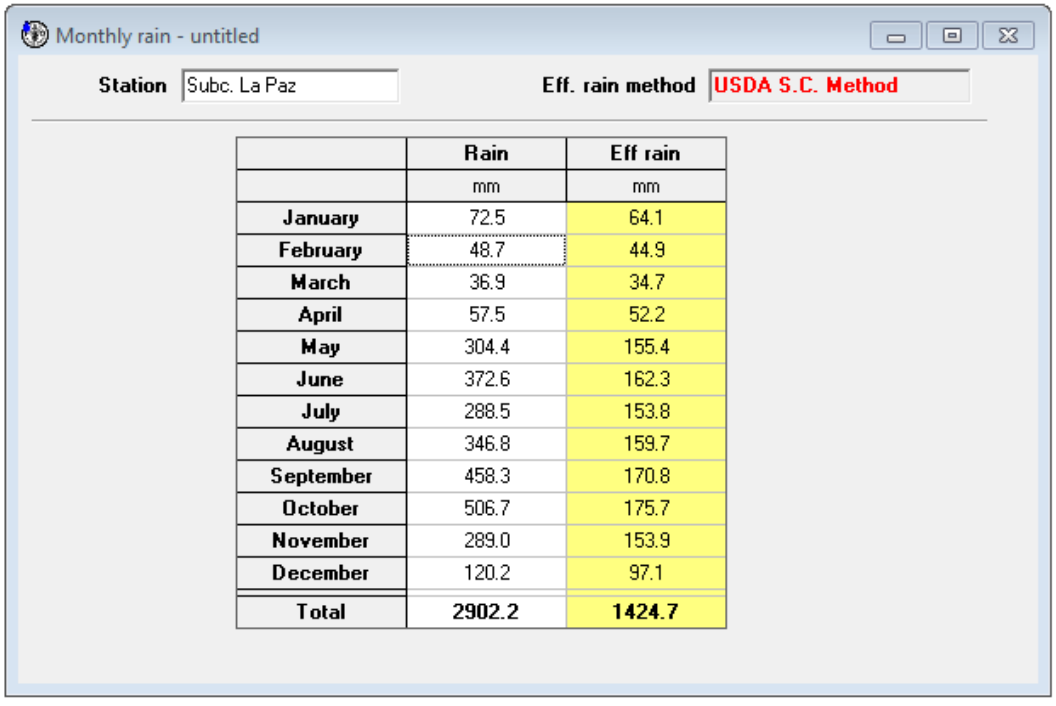
Agricultura de los Estados Unidos (USDA) desarrolló un software especializado (CROPWAT v.8) para evaluar las necesidades hídricas de diversas cédulas de cultivo, incluyendo en este la precipitación efectiva.

Por tanto, de acuerdo a la USDA Soil Conservation Service, la precipitación efectiva puede ser calculada mensualmente de acuerdo a la ecuación:

(28) $$P_{ef} = P_{mes} * (125 - 0.2 * P_{mes}) / 125$$, *para* P_{mes} *<= 250 mm*

(29) $$P_{ef} = 125 + 0.1 * P_{mes}$$, *para* P_{mes} *> 250 mm*

En función a dichas ecuaciones, y empleando CROPWAT v.8, se calcularon las fracciones de lluvia usados por los cultivos (*Figura 62*)



	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	72.5	64.1
February	48.7	44.9
March	36.9	34.7
April	57.5	52.2
May	304.4	155.4
June	372.6	162.3
July	288.5	153.8
August	346.8	159.7
September	458.3	170.8
October	506.7	175.7
November	289.0	153.9
December	120.2	97.1
Total	2902.2	1424.7

Figura 62. Precipitación efectiva mensual – Subcuenca La Paz

Eficiencias de riego

Los métodos de riego tradicionalmente usados por los agricultores ***producen pérdidas*** considerables de agua por percolación y/o escurrimiento superficial. Este riego deficiente, cuyo índice coincide con una alta o baja eficiencia de aplicación, debe implementarse para obtener el resultado que se persigue con el riego, o sea proporcionar a las plantas de un cultivo, en forma homogénea, condiciones de humedad del suelo acordes con sus requerimientos.

La eficiencia de aplicación (E_{fAPL}), como se definirá más adelante, es una variable continua solamente en el rango de 0 a 1 (0 a 100%). Por esto, una variación relativamente pequeña en la eficiencia de aplicación tiene un efecto muy significativo sobre la tasa de riego, al compararlo con el efecto de una variación similar en la ETR. La eficiencia de riego global es la resultante de la interacción de las eficiencias de tres condiciones de aplicación del agua durante el riego, de acuerdo con la ecuación:

$$E_{fR} = E_{fCOND} * E_{fDISTR} * E_{fAPL} \quad (30)$$

donde:

E_{fR} = Eficiencia de riego
E_{fCOND} = Eficiencia de conducción
E_{fDISTR} = Eficiencia de distribución
E_{fAPL} = Eficiencia de aplicación

Por tanto, de acuerdo a la ecuación, la eficiencia de aplicación ha sido estimada alrededor del 40%, considerando riegos con pendiente, derivaciones de tierra, limitaciones en el diseño y operación en las parcelas. En la situación actual se estima entonces una eficiencia de riego global que ronda el 30%, la cual es baja. Esto se observa en la actualidad debido a una operación deficiente del riego parcelario y al mal estado de los canales, como a la deficiente infraestructura de derivación y control del sistema de riego.

Dichos valores fueron obtenidos a partir de estudios realizados en Costa Rica. Así por ejemplo, en el ***"X Congreso Nacional Agronómico / II Congreso de Suelos (1996)"*** se determinó en parcelas demostrativas, que la eficiencia de conducción y distribución se hallaba en el orden de 86.6%. A su vez, a nivel mundial se ha demostrado que la

eficiencia de aplicación varía de 40% a 95%, dependiendo del empleo de riego por gravedad o presurizado de alta frecuencia, respectivamente.

La eficiencia de riego adoptada para toda la subcuenca del Río La Paz se resume en el Cuadro 88.

Cuadro 88. Eficiencia global de riego – Subcuenca La Paz

Eficiencia de conduccion (%)	Eficiencia de distribucion (%)	Eficiencia de aplicación (%)	Eficiencia de riego (%)
86.6	86.6	40.0	30.0

Demanda agrícola neta

El cálculo de la demanda agrícola neta para cada uno de las zonas de riego en la parte baja y media de la subcuenca contó con información de la evapotranspiración potencial, porcentaje de cada cultivo dentro de la cédula y los coeficientes de cultivos respectivos. Los resultados del cálculo de la demanda agrícola neta se estimaron en función de las siguientes ecuaciones:

$$(31) \quad \boxed{ETR_{cult} = ETP * K_C}$$

donde:
ETR_{cult} = Evapotranspiración real de los cultivos
ETP = Evapotranspiración potencial
Kc = Coeficiente del cultivo (adimensional)

$$(32) \quad \boxed{DN = ETR_{cult} - P_{ef}}$$

donde:
DN = Demanda agrícola neta
ETR_{cult} = Evapotranspiración real de los cultivos
P_{ef} = Precipitación efectiva

La mayoría de los efectos de los diferentes factores meteorológicos se encuentran incorporados en la estimación de ETP (utilizando la ecuación de Penman-Monteith.). Por lo tanto, mientras ETP representa un indicador de la demanda climática, el valor de Kc varía principalmente en función de las características particulares del cultivo, variando solo en una pequeña proporción en función del clima. Esto permite la transferencia de valores estándar del coeficiente del cultivo entre distintas áreas geográficas y climas. Este

hecho constituye la razón principal de la aceptación general y utilidad de la metodología del coeficiente del cultivo, así como de los valores de Kc desarrollados.

El valor de Kc permite predecir el valor de ETR_{cult} bajo condiciones estándar. Este valor representa el límite máximo de evapotranspiración del cultivo cuando no existen obstáculos al crecimiento del mismo debido a limitaciones de agua, densidad del cultivo, enfermedades, malezas, insectos o excesiva salinidad.

En el área de estudio se calcularon las necesidades hídricas de cada uno de los cultivos de la cédula a partir de sus pérdidas por ETR_{cult} y coeficientes de cultivo en cada uno de los estadíos de la planta como la etapa inicial (en donde se produce la germinación), desarrollo del cultivo, mediados de temporada y final de temporada (*Cuadro 99*).

Para el cálculo de los respectivos coeficientes, se empleó el Manual # 56 de la FAO y algunos valores promedio desarrollados por el MAG para Costa Rica (2009).

La variación de Kc para los principales cultivos en la Subcuenca La Paz, se muestran de la Figura 63 a la Figura 66

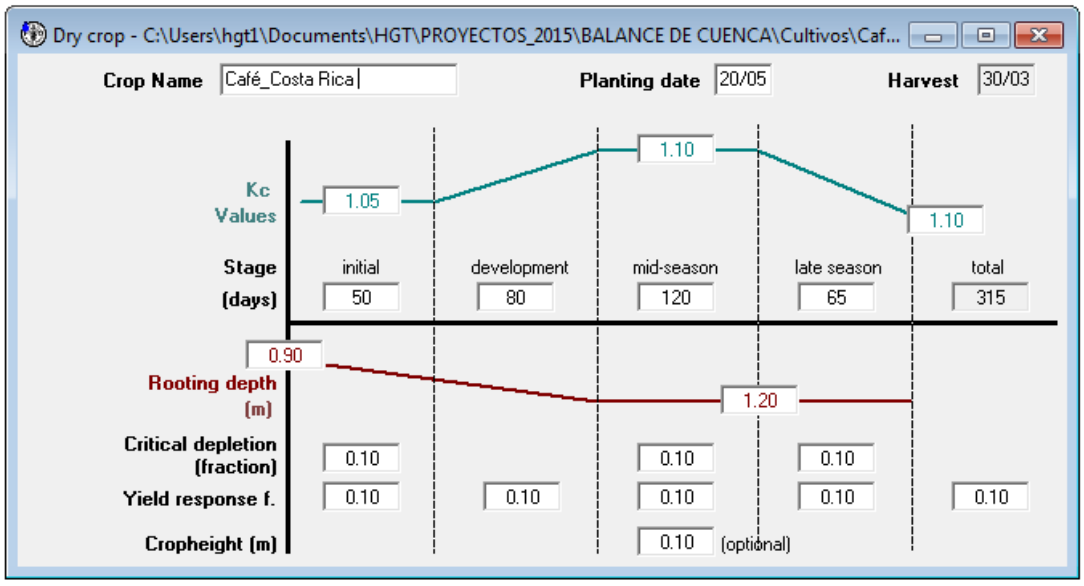


Figura 63. Coeficientes Kc para diversos estadíos del café – Subcuenca La Paz

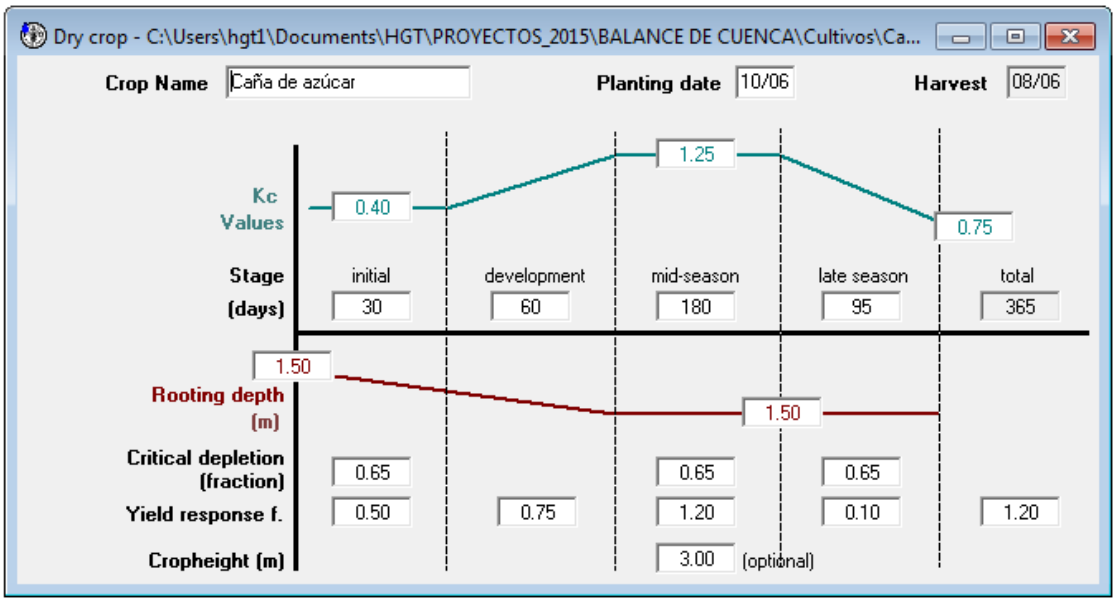


Figura 64. Coeficientes Kc para diversos estadíos de la caña – Subcuenca La Paz

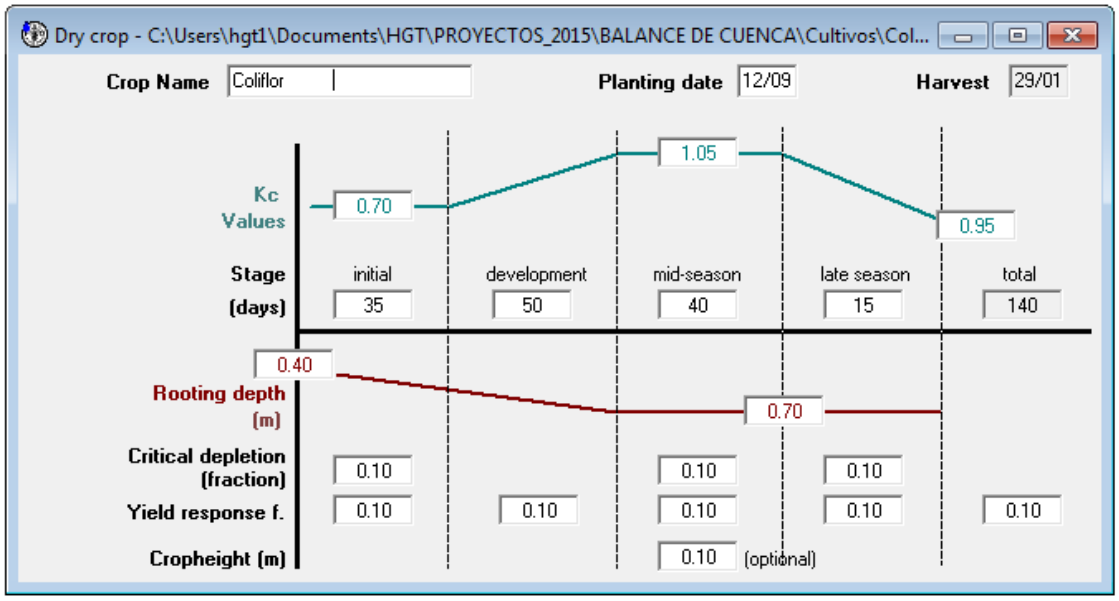


Figura 65. Coeficientes Kc para diversos estadíos del coliflor – Subcuenca La Paz

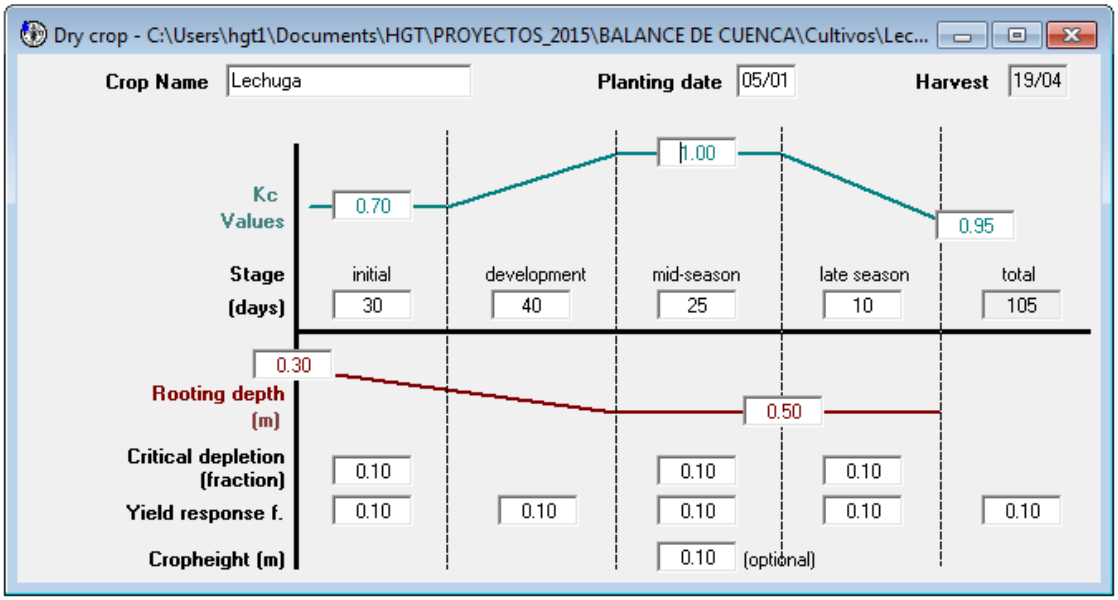


Figura 66. Coeficientes Kc para diversos estadíos de la lechuga – Subcuenca La Paz

Cuadro 89. Coeficiente Kc global de algunos cultivos en Costa Rica

Cultivo	Kc global	Cultivo	Kc global
Aguacate	0,85	Papa	0,75
Arroz	1,20	Papaya	0,80
Café	0,95	pepino	0,90
Caña de azúcar	0,90	Piña	0,50
Cebolla	1,00	Plátano	0,85
Chile	0,60	Remolacha	0,75
frijol	0,70	Repollo	1,10
Maíz	0,85	Sandia	0,60
Mango	0,80	Tiquizque	0,50
Zanahoria	0,60	Tomate	0,70
Melón	0,60	Yuca	0,50
Naranja	0,70	Chayote	0,90

Fuente:Estudio de viabilidad técnica y económica para el desarrollo de opciones de cosecha de lluvia y manejo adecuado en sistemas de riego en la producción agropecuaria (MAG, 2009)

Los resultados mensuales de la demanda neta para la Subcuenca La Paz se presentan en el Cuadro 90.

Demanda agrícola bruta

La demanda agrícola bruta mensual en términos de lámina de riego expresado en mm/mes para el escenario actual, fue calculada considerando la evapotranspiración potencial presentada en el *Cuadro 90*, las áreas bajo riego de las zonas y cultivos indicados en el *Cuadro 86*, la cédula de cultivos elaborada en el *Cuadro 87* y las eficiencias de riego indicadas en el *Cuadro 88.* El *Cuadro 90* presenta los cálculos respectivos

Cuadro 90. Demanda agrícola bruta y excedencias de riego – Subcuenca La Paz

CULTIVO	AREA (ha)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Café	149.60	1.100	1.100	1.100		1.050	1.050	1.057	1.082	1.075	1.100	1.100	1.100
Caña	461.75	1.250	1.250	1.187	1.042	0.882	0.774	0.549	0.924	1.200	1.250	1.250	1.250
Coliflor	9.12	1.000	-	-	-	-	-	-		0.700	0.749	0.907	1.033
Lechuga	130.46	0.700	0.790	0.944	0.975	-	-	-	-	-	-	-	-
Área Cultivada (ha)		750.94	741.81	741.81	592.21	611.35	611.35	611.35	611.35	620.47	620.47	620.47	620.47
Kc promedio		1.12	1.14	1.13	1.03	0.92	0.84	0.67	0.96	1.16	1.21	1.21	1.21
ETP (mm/mes)		94.33	86.98	99.25	98.90	102.20	97.00	98.27	98.27	95.10	97.29	94.14	95.32
ETR (mm/mes)		105.79	99.06	111.81	101.60	94.31	81.61	66.15	94.62	110.58	117.38	113.79	115.40
Pp Efectiva (mm/mes)		64.10	44.90	34.70	52.20	155.40	162.30	153.80	159.70	170.80	175.70	153.90	97.10
Demanda Neta (mm/mes)		41.69	54.16	77.11	49.40	-61.09	-80.69	-87.65	-65.08	-60.22	-58.32	-40.11	18.30
Eficiencia Riego		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Demanda Bruta (mm/mes)		138.99	180.53	257.06	164.68	-203.65	-268.99	-292.20	-216.94	-200.74	-194.42	-133.69	61.00
Exceso de Riego - Recarga Acuífero (mm/mes)		97.29	126.38	179.95	115.28	-142.56	-188.30	-204.54	-151.86	-140.52	-136.10	-93.59	42.70
Módulo de Riego (l/s/Ha)		0.54	0.70	0.99	0.64	-0.79	-1.04	-1.13	-0.84	-0.77	-0.75	-0.52	0.24
Demanda de Riego (l/s)		402.66	516.68	735.69	376.26	-480.34	-634.44	-689.18	-511.69	-480.52	-465.40	-320.03	146.01
Volumen Requerido (MMC)		1.04	1.34	1.91	0.98	-1.25	-1.64	-1.79	-1.33	-1.25	-1.21	-0.83	0.38

7.1.1.2 Demanda de uso poblacional

La distribución de la demanda hídrica poblacional de los asentamientos humanos para el presente estudio, se haya conformado principalmente por el consumo habitacional de la

ASADA Bajo Zuñiga. De acuerdo al capítulo de la ETAPA III de este estudio, se ha podido determinar que dicho consumo en la actualidad asciende a 2.65 l/s, correspondiendo ello a 2.12 l/s al Sistema de Presión 1 y 0.53 l/s al Sistema de Presión 2.

7.1.2 Oferta hídrica en la Subcuenca La Paz

7.1.2.1 Disponibilidad hídrica en ríos

La disponibilidad en los ríos puede ser estimada a través de registros históricos de estaciones hidrométricas instaladas en el cauce de los mismos.

Sin embargo, en el caso de la Paz, no se cuenta con dichos registros, razón por la cual, se tuvo que prescindir de esta información al momento de registrar las salidas del sistema para esta subcuenca.

En todo el recorrido del río La Paz, se midió de manera puntual el caudal durante el periodo de verano (marzo), correspondiendo ello (aproximadamente) al flujo base, o aporte directo del acuífero a la subcuenca. Este caudal solo puede ser usado con fines comparativos, permitiendo visualizar que para el mes de marzo, existe mayor aporte de agua subterránea a la subcuenca, respecto con la subcuenca Barranca, para el mismo periodo. Así, de acuerdo al análisis realizado en el capítulo 5.8 (Aforos), se obtuvo que el caudal subterráneo aflorado y reflajado como flujo base en el río en el punto de aforo más bajo de la subcuenca La Paz fue de 1989.0 l/s, ubicado entre las coordenadas 447441 E y 1119026 N.

Cuadro 91. Descarga del mes de marzo - Río La Paz

FLUJO SUPERFICIAL	CAUDAL FLUJO BASE l/s
Río La Paz	1989.0

7.1.2.2 Disponibilidad hídrica del acuífero.

Las extracciones a través de fuentes hídricas subterráneas como son pozos y nacientes concesionadas, fueron inventariadas realizando diversas visitas al área de estudio, y consultando la base de datos del SENARA (actualizado al 2015) y Dirección de Aguas. De esto, se ubicaron 6 pozos someros, así como 46 nacientes, captando ambos aguas de los acuíferos más superficiales.

En el caso de los pozos los caudales hallados fluctúan entre 1.5 y 3,0 l/s (pozos NA-507, NA-337 y NA-908 respectivamente), en tanto que en las nacientes los caudales varían entre 0,1 y 82,0 l/s, correspondiente a los Expedientes 13960 y 9418 respectivamente (*Cuadro 92 y Cuadro 93*)

Cuadro 92. Régimen de explotación de pozos en el acuífero – Subcuenca La Paz

POZO	COTA DE POZO	PERFORACION Y CAUDAL DEL POZO				EXPLOTACIÓN TOTAL				
		PROF.	LONG. ENTUBADO	LONG. FILTRO	Q	ESTADO	USO	REGIMEN		VOLUMEN
	msnm	m	m	m	l/s			h/día	día/mes	m3/mes
NA-337	1190.20	107.00	107.00	35.00	3.00	F	DOM	12.00	20	2,592.00
NA-507	1169.72	107.00	107.00	37.00	1.50	F	DOM	10.00	30	1,620.00
NA-543	1016.92	57.00	57.00	45.00	2.50	F	DOM	18.00	29	4,698.00
NA-636	1047.44	62.00	62.00	47.00	2.50	F	DOM	12.00	25	2,700.00
NA-647	1019.35	70.00	70.00	58.00	2.00	F	IND	12.00	30	2,592.00
NA-908	1018.16	67.00	67.00	55.00	3.00	F	DOM	18.00	30	5,832.00
VOLUMEN TOTAL EXPLOTADO (MMC)										**0.0200**

F = Funcionando
DOM = Doméstico
IND = Industrial
RI = Riego

Cuadro 93. Régimen de explotación de nacientes en el acuífero – Subcuenca La Paz

NACIENTES	COTA	Q	EXPLOTACIÓN TOTAL				
			ESTADO	USO	REGIMEN		VOLUMEN
	msnm	l/s			h/día	día/mes	m3/mes
4498-N1	1070.57	5.89	F	DOM	20.00	30	12,722.40
4498-N2	1138.99	0.54	F	DOM	20.00	30	1,166.40
46 nacientes concesionadas	----	141.25	F	VARIOS	18.00	30	274,590.00
VOLUMEN TOTAL EXPLOTADO (MMC)							**0.2885**

DOM = Doméstico

De otro lado, se estimó el caudal subterráneo que aflora y forma el flujo base del caudal total que discurre por el río La Paz, aplicando para ello la metodología de Darcy (Q=TiL), sin evaluar la percolación profunda hacia acuíferos subyacentes.

Trazando dieciseís cortes transversales a la dirección del flujo subterráneo sobre las formaciones geológicas y en puntos donde se da la condición de efluencia del acuífero, se obtuvo dicho caudal, siendo este de aproximadamente 20,79 MMC (Cuadro 94, Cuadro 95 y *Cuadro 96*, mapas del 28-30).

Cuadro 94. Cálculo del flujo subterráneo formación Monteverde – Subcuenca La Paz

ID longitud TiL	Longitud TiL (m)	Longitud Gradiente (m)	Grad. Hidráulico	Transmisividad (m2/d)	Caudal	
					(m3/d)	MMC
L1	1326.0	470.0	0.021	27.32	770.8	0.281
L2	2633.0	199.0	0.101	27.32	7229.5	2.639
L3	1342.0	477.0	0.042	27.32	1537.3	0.561
L5	930.0	504.0	0.040	27.32	1008.2	0.368
L6	729.0	427.0	0.047	27.32	932.8	0.340
L7	2610.0	460.0	0.043	27.32	3100.2	1.132
L8	3030.0	414.0	0.048	27.32	3999.0	1.460
L9	1013.0	185.0	0.108	27.32	2991.9	1.092
L10	3009.0	501.0	0.040	27.32	3281.7	1.198
L13	1069.0	492.0	0.041	27.32	1187.2	0.433
Flujo subterráneo según TiL					**26038.6**	**9.504**

Transmisividad tomada de pozo MI-76

Cuadro 95. Cálculo del flujo subterráneo formación Toba Lítica (Toba 3) – Subcuenca La Paz

ID longitud TiL	Longitud TiL (m)	Longitud Gradiente (m)	Grad. Hidráulico	Transmisividad (m2/d)	Caudal	
					(m3/d)	MMC
L11	1040.0	795.0	0.050	3.75	196.2	0.072
L12	1782.0	966.0	0.083	3.75	553.4	0.202
L14	5493.0	339.0	0.118	35.65	23106.2	8.434
L15	1048.0	620.0	0.065	35.65	2410.4	0.880
Flujo subterráneo según TiL					**26266.3**	**9.587**

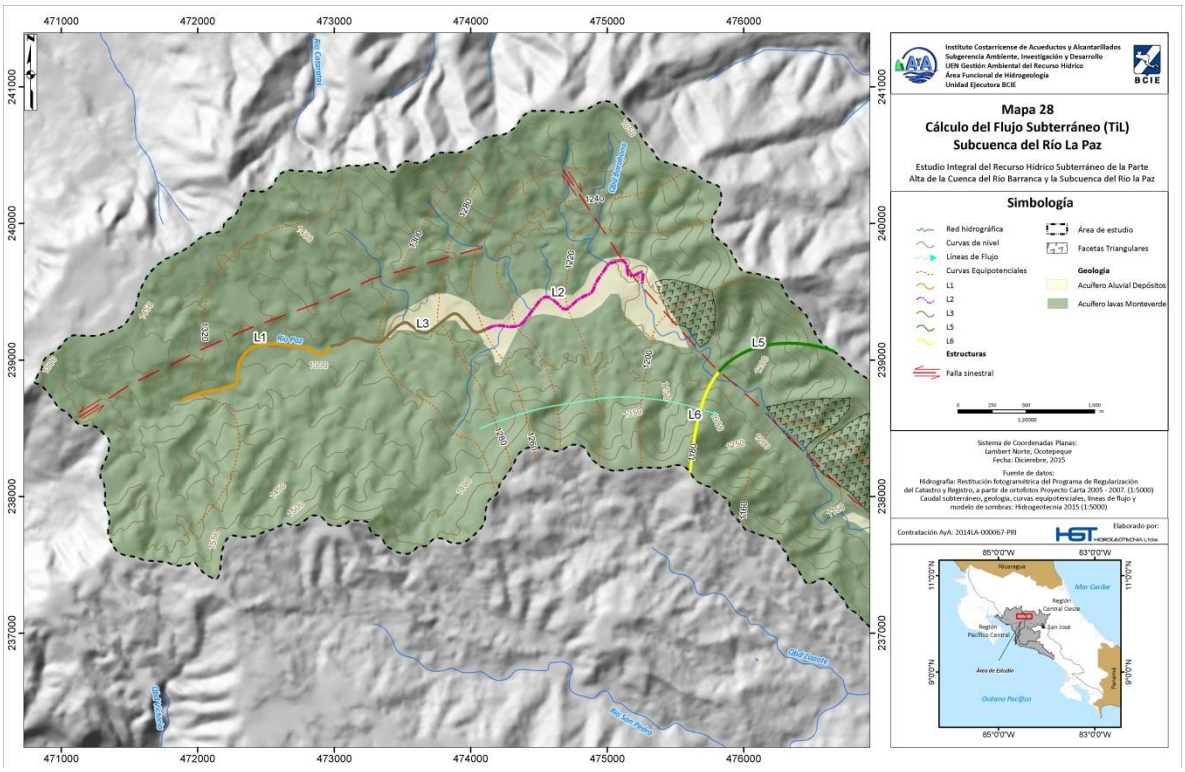
Transmisividad tomada de nacientes NacBZ-1(4498-N1) y NacBZ-2 (4498-N2)

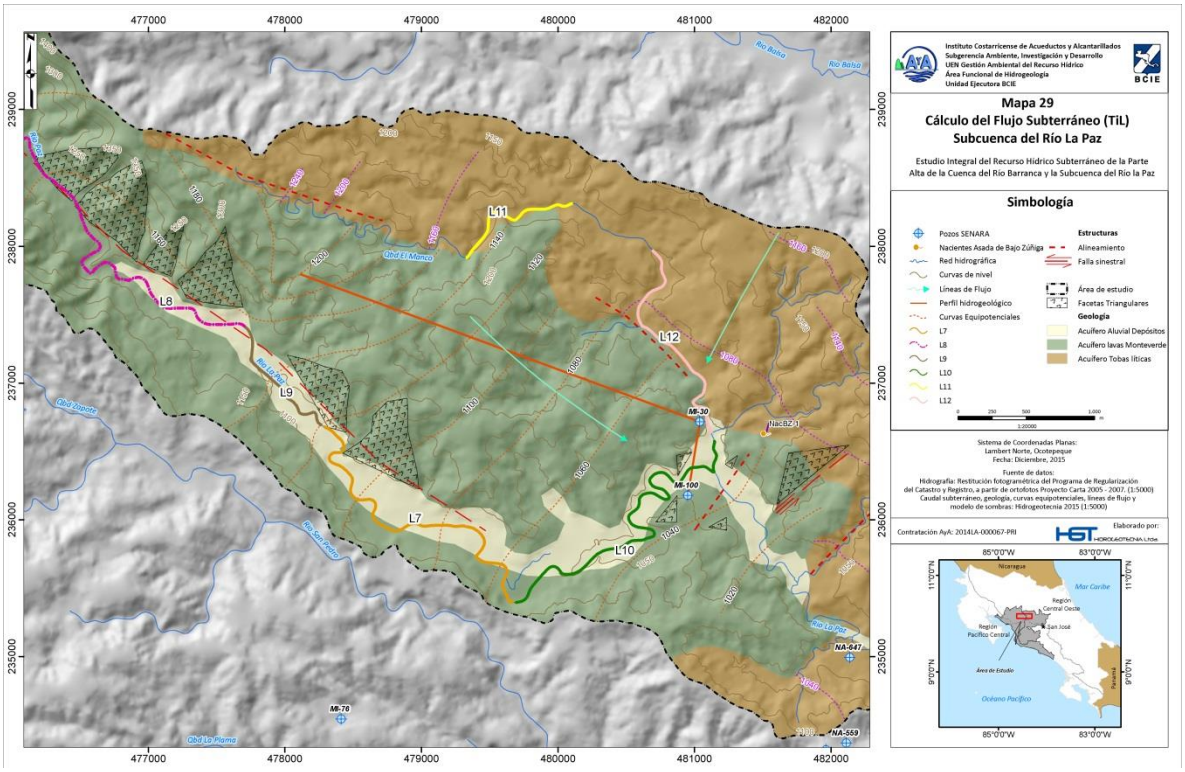
Cuadro 96. Cálculo del flujo subterráneo formación Toba con Biotita (Toba 2) – Subcuenca La Paz

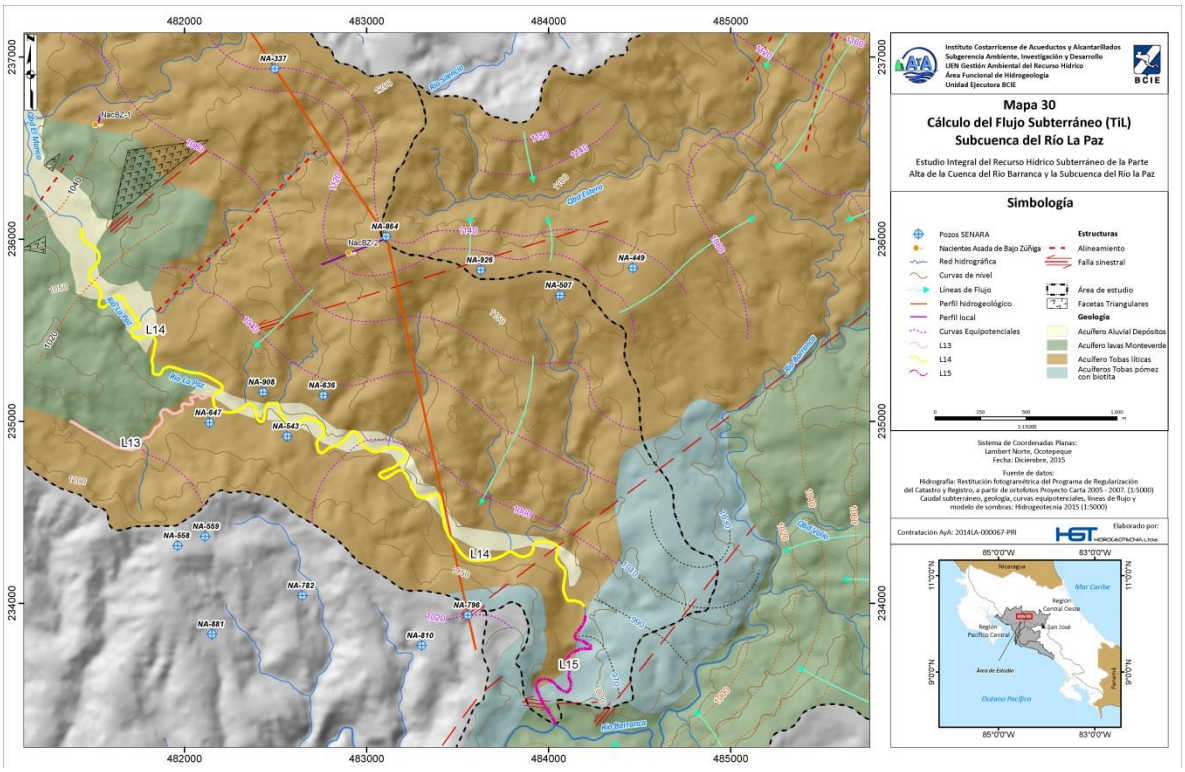
ID longitud TiL	Longitud TiL (m)	Longitud Gradiente (m)	Grad. Hidráulico	Transmisividad (m2/d)	Caudal	
					(m3/d)	MMC
L16	1048.0	260.0	0.077	57.60	4643.4	1.695
Flujo subterráneo según TiL					**4643.4**	**1.695**

Transmisividad tomada de naciente NacV-1 (436-N1)

MMC: Millones de metros cúbicos al año


Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE
Mapa 28
Cálculo del Flujo Subterráneo (TiL)
Subcuenca del Río La Paz
Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz
Simbología
Red hidrográfica
Curvas de nivel
Líneas de Flujo
Curvas Equipotenciales
L1
L2
L3
L5
L6
Estructuras
Falla sinestral
Área de estudio
Facetas Triangulares
Geología
Acuífero Aluvial Depósitos
Acuífero lavas Monteverde
Sistema de Coordenadas Planas:
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Diciembre, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía: Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Caudal subterráneo, geología, curvas equipotenciales, líneas de flujo y modelo de sombras: Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)
Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI
Elaborado por:
HIDROGEOTECNIA Ltda.
Nicaragua
Mar Caribe
Región Central Oeste
Región Pacífico Central
San José
Área de Estudio
Océano Pacífico
Panamá


Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE
Mapa 29
Cálculo del Flujo Subterráneo (TiL)
Subcuenca del Río La Paz
Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz
Simbología
Pozos SENARA
Nacientes Asada de Bajo Zúñiga
Red hidrográfica
Curvas de nivel
Líneas de Flujo
Perfil hidrogeológico
Curvas Equipotenciales
L7
L8
L9
L10
L11
L12
Estructuras
Alineamiento
Falla sinestral
Área de estudio
Facetas Triangulares
Geología
Acuífero Aluvial Depósitos
Acuífero lavas Monteverde
Acuífero Tobas líticas
Sistema de Coordenadas Planas:
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Diciembre, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía: Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Caudal subterráneo, geología, curvas equipotenciales, líneas de flujo y modelo de sombras: Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)
Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI
Elaborado por:
HIDROGEOTECNIA Ltda.
Nicaragua
Mar Caribe
Región Central Oeste
Región Pacífico Central
San José
Área de Estudio
Océano Pacífico
Panamá


Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE
Mapa 30
Cálculo del Flujo Subterráneo (TiL)
Subcuenca del Río La Paz
Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Rio Barranca y la Subcuenca del Río la Paz
Simbología
Pozos SENARA
Nacientes Asada de Bajo Zúñiga
Red hidrográfica
Curvas de nivel
Líneas de Flujo
Perfil hidrogeológico
Perfil local
Curvas Equipotenciales
L13
L14
L15
Estructuras
Alineamiento
Falla sinestral
Área de estudio
Facetas Triangulares
Geología
Acuífero Aluvial Depósitos
Acuífero lavas Monteverde
Acuífero Tobas líticas
Acuíferos Tobas pómez con biotita
Sistema de Coordenadas Planas:
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Diciembre, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía: Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Caudal subterráneo, geología, curvas equipotenciales, líneas de flujo y modelo de sombras: Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)
Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI
Elaborado por:
HIDROGEOTECNIA Ltda.
Nicaragua
Mar Caribe
Región Central Oeste
San José
Región Pacífico Central
Área de Estudio
Panamá
Océano Pacífico
85°0'0"W
83°0'0"W
11°0'0"N
9°0'0"N
482000
483000
484000
485000
237000
236000
235000
234000
NA-337
NA-864
NA-926
NA-449
NA-507
NA-908
NA-836
NA-647
NA-543
NA-559
NA-558
NA-782
NA-796
NA-881
NA-810
L13
L14
L15
Río La Paz
Río Barranca

7.1.1 Balance de hídrico en la Subcuenca La Paz

La demanda hídrica total es la sumatoria de la demanda agrícola y consumo humano de la Subcuenca del Río La Paz.

La oferta hídrica considerada para la subcuenca del río la Paz, está compuesta por el agua subterránea extraída mediante bombeo de los pozos y las descargas naturales en las nacientes.

La demanda permite conocer el ingreso de agua al sistema subterráneo por recarga potencial, retorno hídrico a partir del excedente por riego y el agua por consumo poblacional (agua retorno aguas residuales del 75%). Por otra parte, la oferta hídrica corresponde a la salida de agua del sistema subterráneo por medio del flujo base, extracción por pozos y aprovechamiento de nacientes.

El *Cuadro 97* muestra el resumen del balance realizado en la Subcuenca La Paz. Esta tiene una recarga total de 46,64 MMC y una descarga total de 24,49 MMC.

Cuadro 97. Régimen de Balance del recurso hídrico (2015) – Subcuenca La Paz

VARIABLES	UNID.	ANUAL
Recarga potencial	mm/mes	1200.46
	ha	3557.8
	MMC	**42.71**
	L/s	**1354.32**
Retorno hídrico a partir del excedente por riego	mm/mes	561.59
	ha cultivadas	689.45
	MMC	**3.87**
	L/s	**122.78**
Consumo Poblacional	l/s	2.65
	día	365.00
	MMC	0.084
Retorno por aguas residuales (75%)	MMC	**0.06**
	L/s	**1.99**
RECARGA TOTAL	MMC	**46.64**
	L/s	**1479.08**
Flujo subterráneo - TiL (Sub. La Paz)	m3/s	0.66
	día	365
	MMC	**20.79**
	L/s	**659.12**
Extracción de Pozos	MMC	**0.24**
	L/s	**7.62**
Nacientes concesionadas - MINAE	MMC	**3.46**
	L/s	**109.77**
DESCARGA TOTAL	MMC	**24.49**
	L/s	**776.52**
BALANCE	MMC	**22.16**
	L/s	**702.56**
Factor de seguridad - caudal aprovechamiento en el acuífero	L/s	**351.28**
Caudal disponible	L/s	**351.28**

MMC: Millones de metros cúbicos al año

Este mismo cuadro muestra que la recarga potencial de suelos (42,71 MMC) se presenta con mayor intensidad en los meses lluviosos (Mayo – Noviembre), siendo este periodo en donde el déficit de agua producido durante los meses de verano se atenúa, puesto que los ***meses de Junio, Agosto, Setiembre y Octubre,*** producen superávit hídrico.

Dada las extensas áreas agrícolas en la zona de estudio, existe un porcentaje significativo de la recarga total producido por el retorno de agua por riegos, siendo esta de 3,87 MMC,

lo que representa un 8,30% del valor total calculado; en tanto que los retornos de agua por consumo poblacional solo alcanzan un 0,13% del total recargado, siendo su equivalencia igual a 0,06 MMC.

Todo lo anterior se complementa, de acuerdo al principio de conservación de las masas, con las descargas o salidas producidas del sistema subcuenca – acuífero. Para ello se cuenta con el volumen subterráneo que en condición de efluencia, aflora naturalmente por el cauce del río La Paz, alcanzando magnitudes de 20,79 MMC.
Así mismo, los aprovechamientos subterráneos producidos a través de pozos y nacientes, alcanzan valores medianamente bajos de 0,24 y 3,46 MMC respectivamente, lo cual representa un 0,98% y 14,13% de la masa total de agua que el acuífero transmite y cede a la superficie.

Todos estos volúmenes hallados, y dada la condición de efluencia del acuífero, deberían ser contrastados con el comportamiento del caudal total del río, para lo cual se recomienda calibrar el cauce a través de una estación hidrométrica que permita obtener registros diarios, mensuales y anuales, para a partir de ello, estimar el flujo base del río y por ende el flujo subterráneo de salida, el cual debería coincidir con la recarga de ingreso.

Finalmente, los resultados alcanzados en el *Cuadro 97*, permite concluir que existe aproximadamente un 47,5% del volumen total recargado que ingresa a recargar acuíferos más profundos y solamente el 52,5% de dicho volumen, se manifiesta a través de acuíferos superficiales, pozos y nacientes.

7.2 Subcuenca Barranca

7.2.1 Demanda hídrica en la Subcuenca Barranca

La demanda hídrica en la Subcuenca Barranca se haya constituida principalmente por las necesidades de los cultivos y la demanda poblacional de las ASADAs Ángeles Sur y Volio.

7.2.1.1 Demanda de uso agrícola

Áreas bajo riego

Según el levantamiento fotogramétrico del uso del suelo, el área total cultivada bajo riego de la Subcuenca Barranca alcanza las 1811.13 has. La zona cultivada se ubica principalmente en los poblados de Palmita, Solis, Cuesta Venada, San Antonio de Barranca, Sifón, Alto Villegas y Volio.

Los principales cultivos desarrollados en la zona son café, caña de azúcar, coliflor y lechuga. El *Cuadro 98* muestra el inventario general de los cultivos hallados en toda la Subcuenca del Río Barranca.

Cuadro 98. Área total cultivada – Subcuenca Barranca

CULTIVO	AREA (Has)
Café	1266.93
Caña	493.86
Coliflor	33.51
Lechuga	16.83
TOTAL	**1811.13**

Cédula y coeficiente de cultivos

Para efectos de determinar la Cédula de Cultivos en condiciones actuales, se han realizado trabajos de campo a nivel de inventario y reconocimiento con personal de las ASADAS correspondientes, a fin de conocer sus expectativas y el nivel cultural en cuanto al manejo de los recursos agua y suelo.

Este análisis también permitió estimar la eficiencia de riego de todos los sistemas de riego empleados, siendo este un factor preponderante para la determinación de la demanda bruta del recurso hídrico en el área de estudio.

De los cultivos inventariados, y de acuerdo al *Cuadro 99*, se puede observar que son los meses de estiaje (Enero – Abril) donde se da la mayor concentración de la fase de floración y cosecha, dado que entrada la época lluviosa, muy frecuentemente se presentan las labores de plantación, desahíje y siembra.

La disponibilidad hídrica en la cuenca estudiada, también condiciona el desarrollo de los cultivos, así, se ha percibido que los rendimientos de los de ciclo anual como la caña de azúcar y el café, disminuyen por el déficit de agua en los meses de estiaje. La reducción de la cantidad de agua en dichos meses, condiciona también los periodos de siembra de los cultivos de corto periodo vegetativo (lechuga y coliflor), postergándose este hasta Mayo, lo cual imposibilita el desarrollo de más campañas de siembra al año y la rotación de cultivos.

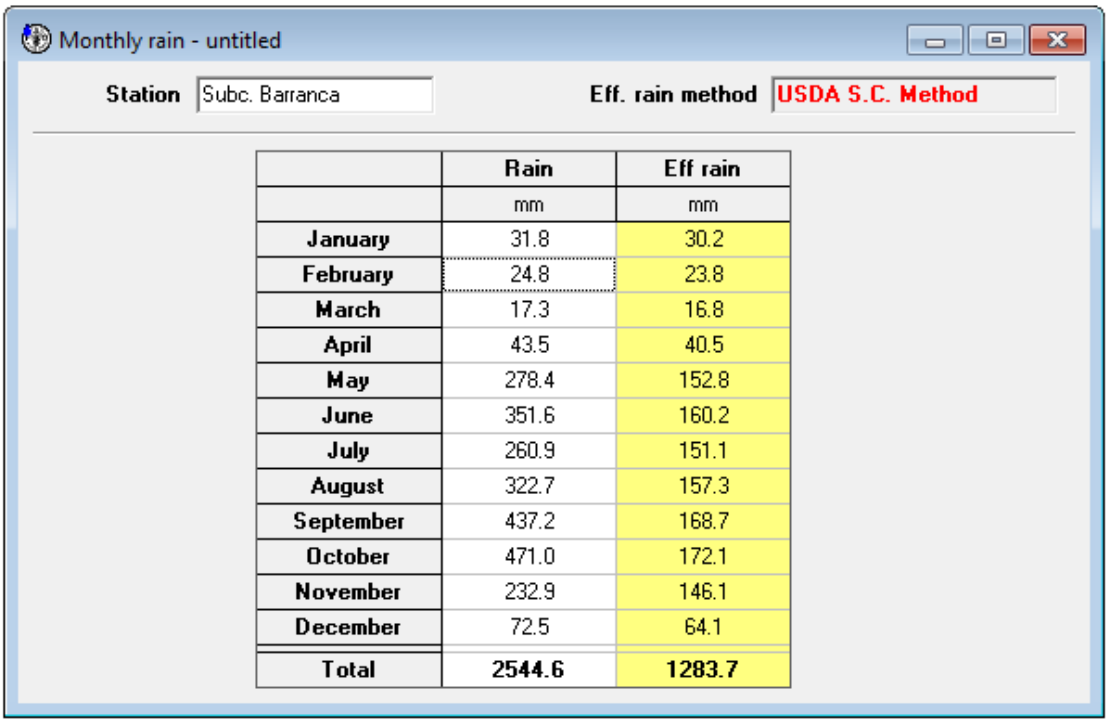
Teniendo en cuenta las restricciones señaladas y de acuerdo a la época de siembra, cosecha y período vegetativo de los principales cultivos de la subcuenca, así como la disponibilidad de agua, se ha elaborado una cédula de cultivo, priorizando los de mayor representatividad *(Cuadro 99).*

Cuadro 99. Cédula de cultivos – Subcuenca Barranca

CULTIVO	HECTAREAS	PERIODO VEGETATIVO	MESES
Café	1266.93	May - Mar	11
Caña	493.86	Jun - Jun	12
Coliflor	33.51	Set - Ene	5
Lechuga	16.83	Ene - Abr	4
TOTAL	**1811.13**		

Precipitación efectiva

Con los datos de precipitación media mensual y las ecuaciones desarrolladas por la USDA Soil Conservation Service, y programadas en CROPWAT v.8, se obtuvo la precipitación efectiva en toda la Subcuenca de Río Barranca. Las fracciones de lluvia usados por los cultivos en mm/mes se muestran en la *Figura 67*.



	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	31.8	30.2
February	24.8	23.8
March	17.3	16.8
April	43.5	40.5
May	278.4	152.8
June	351.6	160.2
July	260.9	151.1
August	322.7	157.3
September	437.2	168.7
October	471.0	172.1
November	232.9	146.1
December	72.5	64.1
Total	**2544.6**	**1283.7**

Figura 67. Precipitación efectiva mensual – Subcuenca Barranca

Eficiencias de riego

La Subcuenca Barranca presenta una eficiencia global de riego de 30%, con componentes de eficiencias mostradas en el *Cuadro 101*. Debido al empleo de sistemas a gravedad por surcos y canales en tierra.

Cuadro 100. Eficiencia global de riego – Subcuenca Barranca

Eficiencia de conduccion (%)	Eficiencia de distribucion (%)	Eficiencia de aplicación (%)	Eficiencia de riego (%)
86.6	86.6	40.0	30.0

Demanda agrícola neta

El cálculo de la demanda agrícola neta para cada una de las zonas de riego en la parte baja y media de la subcuenca contó con información de la evapotranspiración potencial, porcentaje de cada cultivo dentro de la cédula y los coeficientes de cultivos respectivos para los diferentes estadíos de cada planta.

Los resultados del cálculo se desarrollaron en función de las ecuaciones y relaciones empíricas indicadas, siendo los valores mensuales hallados los mostrados en el *Cuadro 101*.

Demanda agrícola bruta

La demanda agrícola bruta mensual en términos de lámina de riego expresado en mm/mes para el escenario actual, fue calculada considerando la evapotranspiración potencial presentada en el *Cuadro 101,* las áreas bajo riego de las zonas y cultivos indicados en el *Cuadro 98*, la cédula de cultivos elaborada en el *Cuadro 99* y las eficiencias de riego indicadas en el *Cuadro 100*.

Cuadro 101. Demanda agrícola bruta y excedencias de riego – Subcuenca Barranca

CULTIVO	AREA (Has)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Café	1266.93	1.100	1.100	1.100		1.050	1.050	1.057	1.082	1.075	1.100	1.100	1.100
Caña	493.86	1.250	1.250	1.187	1.042	0.882	0.774	0.549	0.924	1.200	1.250	1.250	1.250
Coliflor	33.51	1.000	-	-		-	-	-	-	0.700	0.749	0.907	1.033
Lechuga	16.83	0.700	0.790	0.944	0.975	-	-	-	-	-	-	-	-
Área Cultivada		1811.13	1777.62	1777.62	510.69	1760.79	1760.79	1760.79	1760.79	1794.30	1794.30	1794.30	1794.30
Kc promedio		1.14	1.14	1.12	1.04	1.00	0.97	0.91	1.04	1.10	1.13	1.14	1.14
ETP (mm/mes)		90.11	83.08	94.80	94.47	97.62	92.66	93.87	93.87	90.84	92.93	89.93	91.05
ETR (mm/mes)		102.30	94.61	106.43	98.24	97.89	90.11	85.83	97.43	100.15	105.45	102.31	103.80
Pp Efectiva (mm/mes)		30.20	23.80	16.80	40.50	152.80	160.20	151.10	157.30	168.70	172.10	146.10	64.10
Demanda Neta (mm/mes)		72.10	70.81	89.63	57.74	-54.91	-70.09	-65.27	-59.87	-68.55	-66.65	-43.79	39.70
Eficiencia Riego		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Demanda Bruta (mm/mes)		240.36	236.04	298.77	192.47	-183.05	-233.64	-217.57	-199.59	-228.51	-222.18	-145.97	132.34
Exceso de Riego - Recarga Acuífero (mm/mes)		168.26	165.23	209.15	134.73	-128.14	-163.55	-152.30	-139.72	-159.96	-155.53	-102.18	92.64
Módulo de Riego (l/s/Ha)		0.93	0.91	1.15	0.74	-0.71	-0.90	-0.84	-0.77	-0.88	-0.86	-0.56	0.51
Demanda de Riego (l/s)		1679.52	1618.75	2049.03	379.22	-1243.48	-1587.15	-1478.00	-1355.86	-1581.83	-1538.02	-1010.49	916.11
Volumen Requerido (MMC)		4.35	4.20	5.31	0.98	-3.22	-4.11	-3.83	-3.51	-4.10	-3.99	-2.62	2.37

Nota: - (no hay siembra cultivo),
Los valores negativos indican que la demanda está satisfecha, mientras que los positivos es que falta agua.

7.2.1.2 Demanda de uso poblacional

La demanda hídrica poblacional se haya conformado principalmente por el consumo habitacional de las ASADAs Ángeles Sur y Volio. De acuerdo al capítulo de la ETAPA III, se ha podido determinar que dicho consumo en la actualidad asciende a 0.71 y 3.02 l/s en el Sistema de Presión 1 y Sistema de Presión 2 de Ángeles Sur, mientras que unos 9.40 l/s y 0.46 l/s, correspondientes al Sistema de Presión 1 y 2 respectivamente, conforman la demanda poblacional en la ASADA Volio.

La sumatoria total de las demandas de ambas ASADAS constituyen la demanda global hídrica de uso poblacional en toda la Subcuenca del Río Barranca.

7.2.2 Oferta hídrica en la Subcuenca Barranca

7.2.2.1 Disponibilidad hídrica en ríos

Al igual que en la subcuenca anterior, para la determinación de este ítem se requiere contar con información de caudales históricos de una estación hidrométrica.

Al no contar con dicha información, la disponibilidad en el Río Barranca se constituyó por el caudal aforado durante el periodo de verano (febrero – marzo), correspondiendo ello (aproximadamente) al flujo base, o aporte directo del acuífero a la subcuenca.

En forma similar, se realizó un aforo puntual durante el mes de marzo, permitiendo este valor ser comparado con el obtenido en la subcuenca La Paz, e infiriendo que durante el mes de marzo, el aporte subterráneo sobre la subcuenca es aproximadamente el doble en la subcuenca La Paz que en la de Barranca. Esta explicación se halla en la respuesta hidrológica del sistema, puesto que durante marzo, las precipitaciones en ambas subcuencas son doblemente diferentes; así en la subcuenca La Paz, la precipitación media mensual es de 36,92 mm/mes, en tanto que en la subcuenca Barranca, la precipitación media mensual es de 17,33 mm/mes.

El *Cuadro 102* muestra el caudal puntual aforado en marzo de 2015 y ubicado en las coordenadas 448506 E y 1119365 N.

Cuadro 102. Descarga del mes de marzo - Río Barranca

FLUJO SUPERFICIAL	CAUDAL FLUJO BASE l/s
Río Barranca	423.0

7.2.2.2 Disponibilidad hídrica del acuífero.

Las extracciones del sistema subcuenca - acuífero se dan a través de fuentes hídricas subterráneas como pozos y nacientes concesionadas en el área de estudio. El inventario realizado en las diversas visitas de campo, y consultando la base de datos del SENARA (actualizado al 2015) y MINAE (2015), han permitido ubicar solo 4 pozos someros, así como 41 nacientes, captando ambos aguas del acuífero más superficial.

En el caso de los pozos los caudales hallados fluctúan entre 1.5 y 2.2 l/s (NA-864 y NA-859) en tanto que en las nacientes los caudales varían entre 0.02 y 8.0 l/s, correspondiente a los Expedientes 13549 y 9898 respectivamente (*Cuadro 103* y *Cuadro 104* ,).

Cuadro 103. Régimen de explotación de pozos en el acuífero – Subcuenca Barranca

POZO	COTA DE POZO	PERFORACION Y CAUDAL DEL POZO				EXPLOTACIÓN TOTAL				
		PROF.	LONG. ENTUBADO	LONG. FILTRO	Q	ESTADO	USO	REGIMEN		VOLUMEN
	msnm	M	m	m	l/s			h/día	día/mes	m³/mes
NA-686	1148.59	90.00	90.00	27.00	2.00	F	DOM	12.00	21	1,814.40
NA-859	1497.90	100.00	64.00	49.00	2.20	F	RI	12.00	30	2,851.20
NA-864	1191.10	86.00	86.00	44.00	1.50	F	DOM	12.00	29	2,756.16
NA-917	1202.20	90.00	82.00	17.00	2.00	F	DOM	12.00	25	2,160.00
VOLUMEN TOTAL EXPLOTADO (MMC)										**0.0096**

F =Funcionando, DOM=Doméstico, IND=Industrial, RI=Riego

Cuadro 104. Régimen de explotación de nacientes en el acuífero – Subcuenca Barranca

NACIENTES	Q	EXPLOTACIÓN TOTAL				
		ESTADO	USO	REGIMEN		VOLUMEN
	l/s			h/día	día/mes	m^3/mes
404-N1	0.36	F	DOM	20.00	30	777.60
404-N2	0.42	F	DOM	20.00	30	907.20
404-N3	5.12	F	DOM	20.00	30	11,059.20
436-N1	3.93	F	DOM	20.00	30	8,488.80
436-N2	1.80	F	DOM	20.00	30	3,888.00
436-N3	3.47	F	DOM	20.00	30	7,495.20
436-N4	2.86	F	DOM	20.00	30	6,177.60
436-N5	5.66	F	DOM	20.00	30	12,225.60
41 nacientes concesionadas	30.51	F	VARIOS	18.00	30	59,311.44
VOLUMEN TOTAL EXPLOTADO (MMC)						**0.1103**

F = Funcionando, DOM =Doméstico, IND= Industrial, RI=Riego

De otro lado, se estimó el caudal subterráneo que aflora y forma el flujo base del caudal total que discurre por el río Barranca, aplicando para ello la metodología de Darcy (Q=TiL).

Trazando veintidós cortes transversales a la dirección del flujo subterráneo sobre las formaciones geológicas, se obtuvo dicho caudal, siendo este de aproximadamente 53,47 MMC (Cuadro 94, Cuadro 95 y Cuadro 96, mapas 31-33).

Cuadro 105. Cálculo del flujo subterráneo formación lavas Monteverde – Subcuenca Barranca

ID longitud TiL	Longitud TiL (m)	Longitud Gradiente (m)	Grad. Hidráulico	Transmisividad (m2/d)	Caudal	
					(m^3/d)	MMC
L22	6403.0	344.0	0.058	27.32	10170.3	3.712
					10170.347	**3.712**

Transmisividad tomada de pozo MI-76

Cuadro 106. Cálculo del flujo subterráneo formación Toba pomez con Biotita (Toba 2) – Subcuenca Barranca

ID longitud TiL	Longitud TiL (m)	Longitud Gradiente (m)	Grad. Hidráulico	Transmisividad (m^2/d)	Caudal	
					(m^3/d)	MMC
L8	591.0	427.0	0.094	57.60	3188.9	1.164
L9	1307.0	394.0	0.102	57.60	7643.0	2.790
L10	370.0	368.0	0.109	57.60	2316.5	0.846
L11	429.0	970.0	0.041	57.60	1019.0	0.372
L12	1560.0	380.0	0.105	57.60	9458.5	3.452
L13	1593.0	1055.0	0.057	57.60	5218.4	1.905
					28844.303	**10.528**

Transmisividad tomada NacV-1 (436-N1)

Cuadro 107. Cálculo del flujo subterráneo formación Toba Lítica (Toba 1)– Subcuenca Barranca

ID longitud TiL	Longitud TiL (m)	Longitud Gradiente (m)	Grad. Hidráulico	Transmisividad (m2/d)	Caudal	
					(m^3/d)	MMC
L14	1140.0	165.0	0.061	50.69	3502.2	1.278
L15	1140.0	132.8	0.151	50.69	8702.8	3.177
L16	589.0	390.0	0.103	124.74	7535.6	2.750
L17	633.0	199.0	0.201	124.74	15871.4	5.793
L18	436.0	232.0	0.172	124.74	9377.0	3.423
L19	693.0	232.0	0.172	124.74	14904.3	5.440
L20	1643.0	387.0	0.103	50.69	8608.1	3.142
L21	1643.0	452.0	0.133	50.69	11055.4	4.035
					79556.808	**29.038**

Transmisividad tomada de NacLA-3(404-N3)

NacV-5(436-N5)

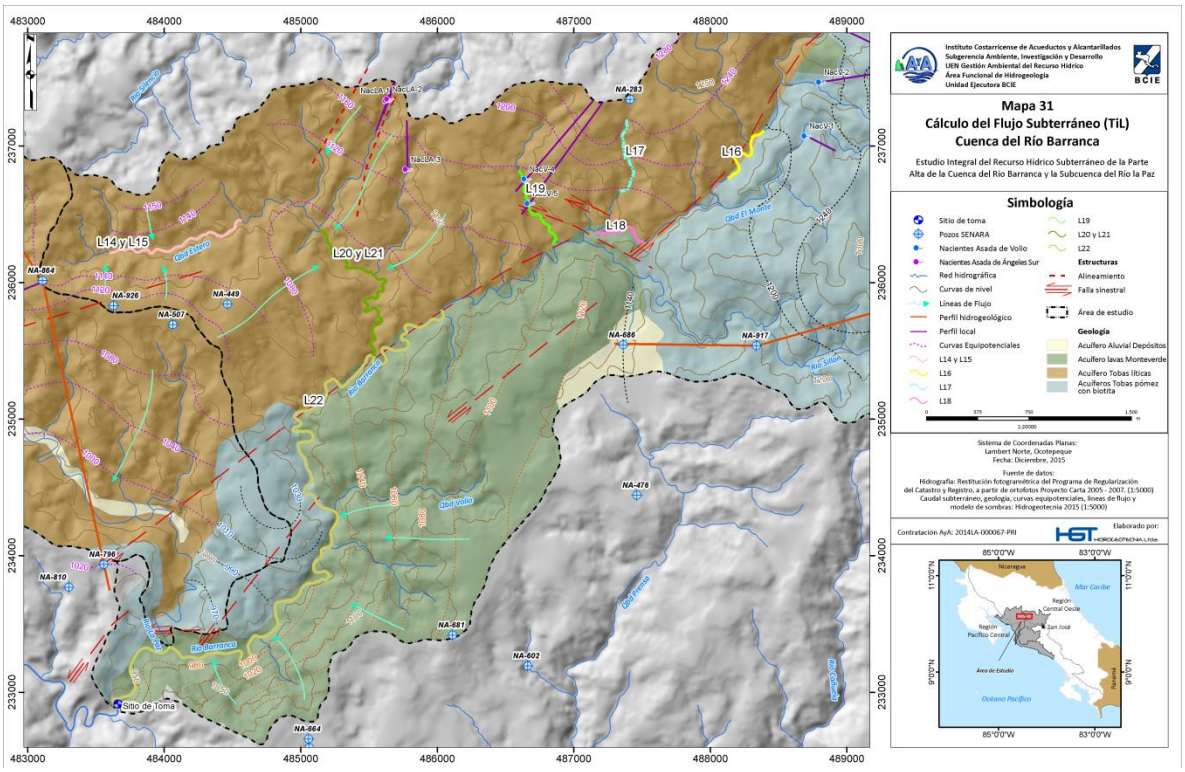
Cuadro 108. Cálculo del flujo subterráneo formación Tobas Alto Palomo – Subcuenca Barranca

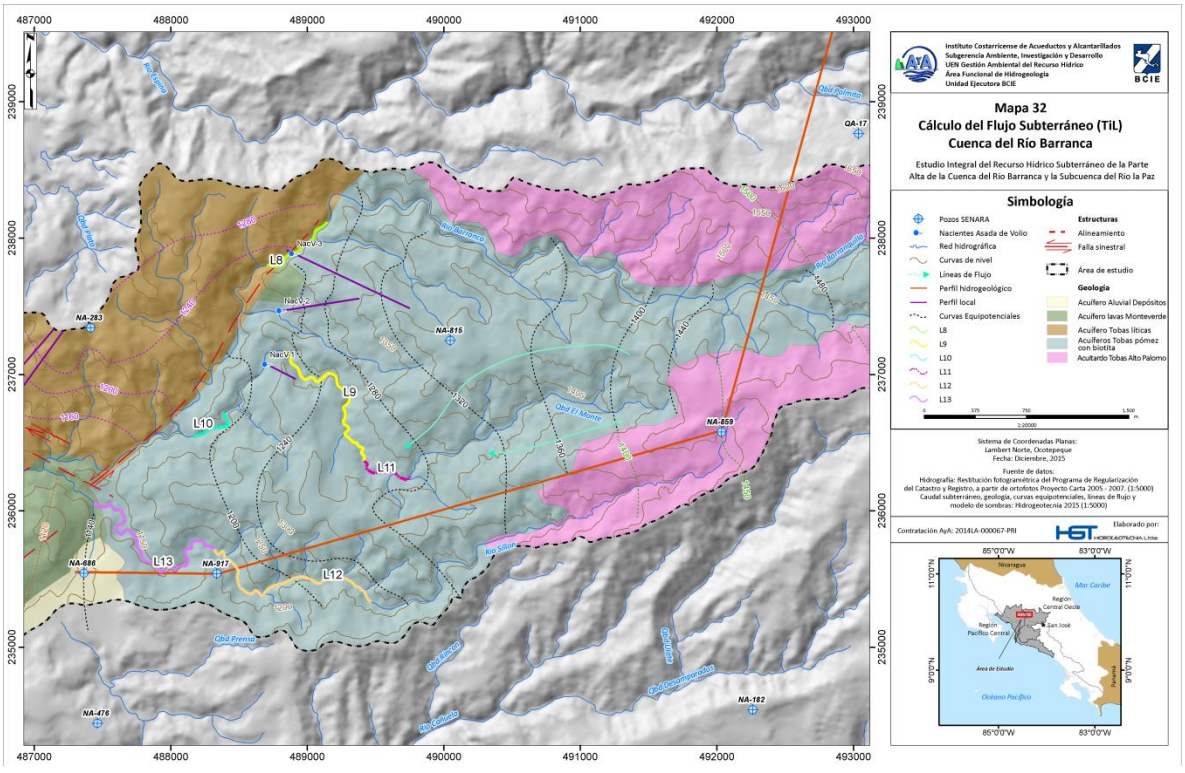
ID longitud TiL	Longitud TiL (m)	Longitud Gradiente (m)	Grad. Hidráulico	Transmisividad (m2/d)	Caudal	
					(m^3/d)	MMC
L1	694.0	389.0	0.129	63.50	5663.9	2.067
L2	694.0	389.0	0.129	63.50	5663.9	2.067
L3	550.0	585.0	0.085	63.50	2984.8	1.089
L4	662.0	535.0	0.093	63.50	3928.4	1.434
L5	971.0	588.0	0.085	63.50	5242.7	1.914
L6	667.0	897.0	0.056	63.50	2360.7	0.862
L7	581.0	893.0	0.056	63.50	2065.5	0.754
					27910.001	**10.187**

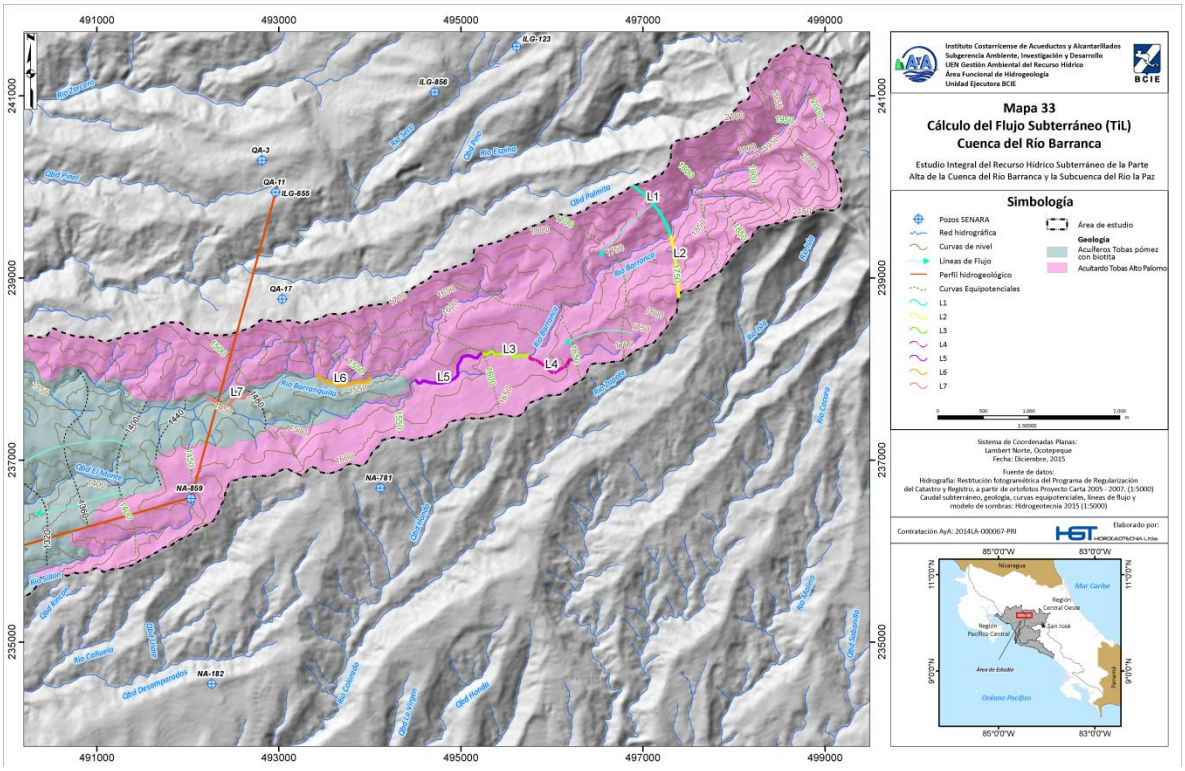
MMC: Millones de metros cúbicos al año

Transmisividad tomada de Pruebas INf-13, INf-17, Inf-19 e Inf-20), con un valor de 1,53 m/d. Siendo el espesor acuífero de 41,5 m

De acuerdo a los resultados del caudal subterráneo estimado, se puede inferir que la Formación Toba Lítica presenta mayor producción subterránea debido al gran volumen que circula y desfoga al Río Barranca como flujo base, en comparación con las otras formaciones que presentan un aporte moderado.


Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE
Mapa 31
Cálculo del Flujo Subterráneo (TiL)
Cuenca del Río Barranca
Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz
Simbología
Sitio de toma
Pozos SENARA
Nacientes Asada de Volio
Nacientes Asada de Ángeles Sur
Red hidrográfica
Curvas de nivel
Líneas de Flujo
Perfil hidrogeológico
Perfil local
Curvas Equipotenciales
L14 y L15
L16
L17
L18
L19
L20 y L21
L22
Estructuras
Alineamiento
Falla sinestral
Área de estudio
Geología
Acuífero Aluvial Depósitos
Acuífero lavas Monteverde
Acuífero Tobas líticas
Acuíferos Tobas pómez con biotita
Sistema de Coordenadas Planas:
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Diciembre, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía: Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007, (1:5000)
Caudal subterráneo, geología, curvas equipotenciales, líneas de flujo y modelo de sombras: Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)
Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI
Elaborado por:
HIDROGEOTECNIA Ltda.
Nicaragua
Mar Caribe
Región Central Oeste
Región Pacífico Central
San José
Área de Estudio
Océano Pacífico
Panamá


Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE
Mapa 32
Cálculo del Flujo Subterráneo (TiL)
Cuenca del Río Barranca
Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz
Simbología
Pozos SENARA
Nacientes Asada de Volio
Red hidrográfica
Curvas de nivel
Líneas de Flujo
Perfil hidrogeológico
Perfil local
Curvas Equipotenciales
L8
L9
L10
L11
L12
L13
Estructuras
Alineamiento
Falla sinestral
Área de estudio
Geología
Acuífero Aluvial Depósitos
Acuífero lavas Monteverde
Acuífero Tobas líticas
Acuíferos Tobas pómez con biotita
Acuitardo Tobas Alto Palomo
Sistema de Coordenadas Planas:
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Diciembre, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía: Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007, (1:5000)
Caudal subterráneo, geología, curvas equipotenciales, líneas de flujo y modelo de sombras: Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)
Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI
Elaborado por:
HIDROGEOTECNIA Ltda.
Nicaragua
Mar Caribe
Región Central Oeste
Región Pacífico Central
San José
Área de Estudio
Océano Pacífico
Panamá


Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE
Mapa 33
Cálculo del Flujo Subterráneo (TiL)
Cuenca del Río Barranca
Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz
Simbología
Pozos SENARA
Red hidrográfica
Curvas de nivel
Lineas de Flujo
Perfil hidrogeológico
Curvas Equipotenciales
L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
Área de estudio
Geología
Acuíferos Tobas pómez con biotita
Acuitardo Tobas Alto Palomo
Sistema de Coordenadas Planas:
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Diciembre, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía: Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007, (1:5000)
Caudal subterráneo, geología, curvas equipotenciales, líneas de flujo y modelo de sombras: Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)
Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI
Elaborado por:
HIDROGEOTECNIA Ltda.
Nicaragua
Mar Caribe
Región Central Oeste
San José
Región Pacífico Central
Área de Estudio
Panamá
Océano Pacífico
85°0'0"W
83°0'0"W
11°0'0"N
9°0'0"N
491000
493000
495000
497000
499000
241000
239000
237000
235000
ILG-123
ILG-856
ILG-655
QA-3
QA-11
QA-17
NA-859
NA-781
NA-182
L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
Río Barranca
Río Palomo
Río Esclavo
Río Barranquilla
Río Machuca
Río Cobano
Río Caluerio
Río Desamparados
Río Camarón
Río Solterito
Río Rodeo
Río Portillón
Río Cobano
Qbd Pinal
Qbd Palomo
Qbd El Mango
Qbd Desamparados
Qbd Solterito
Qbd Honda

7.2.3 Balance del recurso hídrico en la Subcuenca Barranca

La demanda hídrica total contempla la demanda agrícola y poblacional de la Subcuenca del Río Barranca.

La oferta hídrica incluye las aguas superficiales del Río Barranca y el agua subterránea extraída mediante bombeo de los pozos y nacientes.

La demanda permite conocer el ingreso de agua al sistema subterráneo por recarga potencial, retorno hídrico a partir del excedente por riego y el agua por consumo poblacional (agua retorno aguas residuales del 75%). Por otra parte, la oferta hídrica corresponde a la salida de agua del sistema subterráneo por medio del flujo base, extracción por pozos y aprovechamiento de nacientes.

El Cuadro 109 muestra el resumen del balance llevado a cabo para la situación actual (2015) en la Subcuenca Barranca. Dicho balance indica que se estaría produciendo una recarga total de 58,90 MMC y una descarga total de 54,90 MMC por salidas y extracciones del acuífero.

Cuadro 109. Régimen de Balance del recurso hídrico (2015) – Subcuenca Barranca

VARIABLES	UNID.	ANUAL
Recarga potencial	mm/mes	1215.10
	ha	3848.3
	MMC	**46.76**
	L/s	**1482.75**
Retorno hídrico a partir del excedente por riego	mm/mes	770.01
	ha cultivadas	1534.27
	MMC	**11.81**
	L/s	**374.62**
Consumo Poblacional	l/s	13.59
	día	365.00
	MMC	0.429
Retorno por aguas residuales (75%)	MMC	**0.32**
	L/s	**10.19**
RECARGA TOTAL	MMC	**58.90**
	L/s	**1867.56**
Flujo subterráneo - TiL (Sub. Barranca)	m3/s	1.70
	día	365.00
	MMC	**53.47**
	L/s	**1695.39**
Extracción de Pozos	MMC	**0.11**
	L/s	**3.65**
Nacientes concesionadas - MINAE	MMC	**1.32**
	L/s	**41.98**
DESCARGA TOTAL	MMC	**54.90**
	L/s	**1741.02**
BALANCE	MMC	**3.99**
	L/s	**126.55**
Factor de seguridad - caudal aprovechamiento en el acuífero	L/s	**63.27**
Caudal disponible	L/s	**63.27**

MMC: Millones de metros cúbicos al año

De lo anterior se indica que al estimar el caudal subterráneo que ingresa al acuífero (TiL) y desfoga en el cauce del río Barranca, solo se ha considerado el flujo subterráneo, sin evaluar la percolación profunda hacia acuíferos subyacentes, alcanzando dicho flujo 53,47 MMC.

A su vez, dicho volumen de descarga es complementada con los aprovechamientos subterráneos dados a través de pozos y nacientes concesionadas, alcanzando estos valores de 0,11 y 1,32 MMC respectivamente, lo cual representa un 0,20% y 2,40% de la masa total de agua que el acuífero cede a la superficie.

Por otro lado, todas estas descargas provienen del modelo de recarga planteado, siendo esta de 46,76 MMC proveniente de la recarga potencial de suelos, presentándose esta con mayor intensidad en los meses lluviosos (Mayo – Noviembre).

Asi mismo, las extensas áreas agrícolas en la zona de estudio, permiten visualizar que existe un porcentaje significativo de la recarga total producido por el retorno de agua por riegos, siendo esta de 11,81 MMC, lo que representa un 20,05% del valor total calculado; en tanto que los retornos de agua por consumo poblacional solo alcanzan un 0,54% del total recargado, siendo su equivalencia igual a 0,32 MMC.
Todos estos volúmenes hallados, y dada la condición de efluencia del acuífero, deberían ser contrastados con el comportamiento del caudal total del río, para lo cual se recomienda calibrar el cauce a través de una estación hidrométrica que permita obtener registros diarios, mensuales y anuales, para a partir de ello, estimar el flujo base del río y por ende el flujo subterráneo de salida, el cual debería coincidir con la recarga de ingreso.

Finalmente, los resultados alcanzados en el *Cuadro 109* permite concluir que existe aproximadamente un 6,77% del volumen total recargado que ingresa a recargar acuíferos más profundos, mientras que el 93,2% de dicho volumen, se manifiesta a través de acuíferos superficiales, pozos y nacientes.

7.3 Balance del recurso hídrico - Subcuencas La Paz y Barranca

A fin de estimar el volumen de descarga del acuífero como flujo base efectivo descontando el flujo subterráneo profundo en ambas subcuencas, es que se acumularon los volumenes de recarga en el punto de la estación hidrométrica de la toma.

Por tanto, la demanda hídrica total quedaría definida principalmente por la sumatoria de la demanda agrícola y poblacional de las Subcuencas Barranca y La Paz.

La oferta hídrica se halla compuesta por la oferta natural del Río Barranca y La Paz, así como la oferta de agua subterránea extraída mediante bombeo de los pozos y los afloramientos naturales de las nacientes concesionadas por el MINAE de ambas subcuencas.

A su vez, la demanda hídrica por consumo poblacional produce aguas residuales de retorno al acuífero, equivaliendo esto al 75% de la dotación mensual (apartado de demanda poblacional)

En el caso de la oferta, esta fue considerada como descarga del acuífero en el río, siendo sus principales componentes el caudal o flujo base de los ríos La Paz y Barranca, y los aprovechamientos de agua subterránea a través de pozos y nacientes presentados anteriormente.

La determinación del flujo base se basó en la metodología desarrollada por Boni (1993) denominada como **Método de los Caudales Mensuales Característicos.** Para esto se empelaron los datos históricos de descargas medias diarias registradas por el AyA en el punto de aforo de la toma Barranca (*Anexo 15* y *Figura 68*).

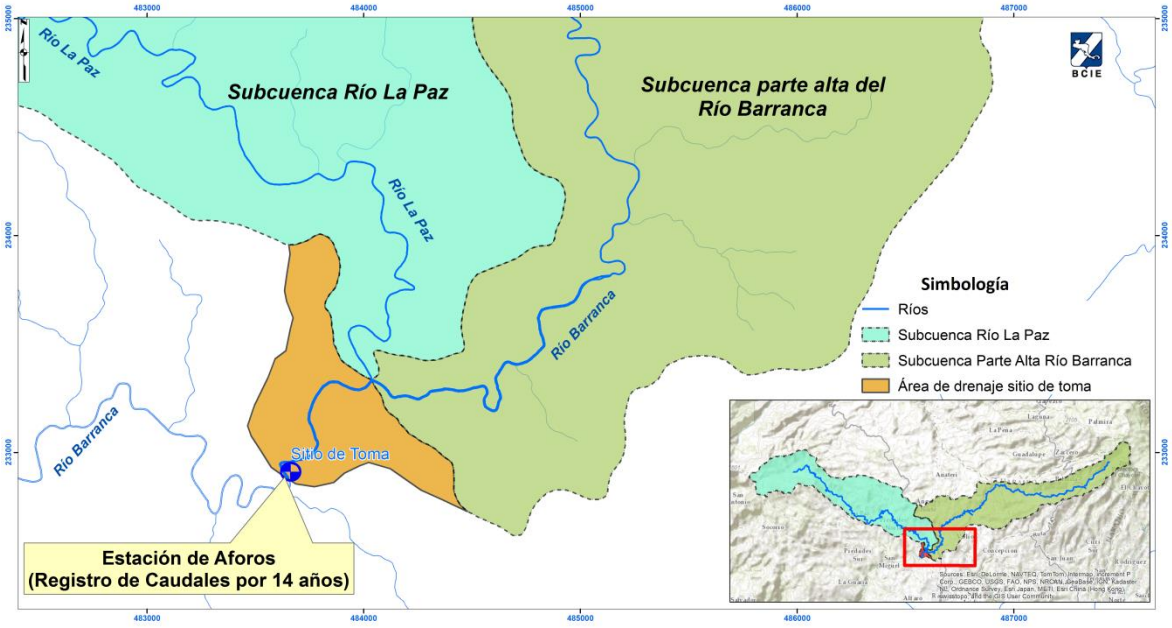


Figura 68. Ubicación de la estación de aforo respecto a las subcuencas La Paz y Barranca

Los resultados (*Cuadro 110, Cuadro 111 y Figura 69*) alcanzados de la aplicación del método permitieron obtener el Caudal Superficial Calculado, en un valor promedio anual de 0,17 m^3/s. A su vez, se calculó el Campo Indeterminado del flujo, en 1,24 m^3/s anuales. Finalmente se muestra también el caudal de agua subterránea que el acuífero cede al río (Flujo Base Calculado), el cual alcanza un valor promedio anual de 1,52 m^3/s (Línea C).

En función al Índice del Flujo Base (I_{fb}), se puede clasificar al caudal que transita por el Punto de Aforo de la estación hidrométrica, como de régimen muy regular, pues un índice de 0.23 nos indica un aporte de agua subterránea continuo por temporadas. Este índice resultó de dividir el caudal de máxima sequía (Febrero) y el caudal promedio del río.

Cuadro 110. Aplicación del Método del "Caudal Mensual Característico" (m^3/s)
Subcuencas La Paz y Barranca

DESCRIPCION		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA	MMC/año	l/s
A	Promedio del caudal mensual	2.59	1.49	1.20	0.88	1.23	3.66	2.92	3.89	4.40	4.35	4.39	4.22	**2.93**	**92.45**	**2934.96**
B	Promedio del caudal mínimo diario	2.44	1.40	1.13	0.85	1.12	3.31	2.48	3.70	4.22	4.13	4.35	4.05	**2.76**	**87.05**	**2763.58**
C	Caudal mínimo mensual	1.05	0.67	0.87	0.75	0.75	1.76	1.75	1.42	1.98	2.47	2.90	1.90	**1.52**	**47.95**	**1522.36**
D	Caudal mínimo diario	1.05	0.67	0.87	0.67	0.75	1.50	1.21	1.42	1.98	2.47	2.68	1.90	**1.43**	**45.08**	**1431.07**

Cuadro 111. Resultados del Método del "Caudal Mensual Característico" (m^3/s)
Subcuencas La Paz y Barranca

DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA	MMC/año	l/s
R	0.15	0.09	0.07	0.04	0.11	0.35	0.44	0.18	0.18	0.22	0.04	0.17	**0.17**	**5.40**	**171.38**
CI	1.39	0.72	0.26	0.10	0.37	1.55	0.73	2.28	2.24	1.66	1.45	2.15	**1.24**	**39.10**	**1241.22**
FB	1.05	0.67	0.87	0.75	0.75	1.76	1.75	1.42	1.98	2.47	2.90	1.90	**1.52**	**47.95**	**1522.36**
TOTAL	2.59	1.49	1.20	0.88	1.23	3.66	2.92	3.89	4.40	4.35	4.39	4.22	**2.93**	**92.45**	**2934.96**

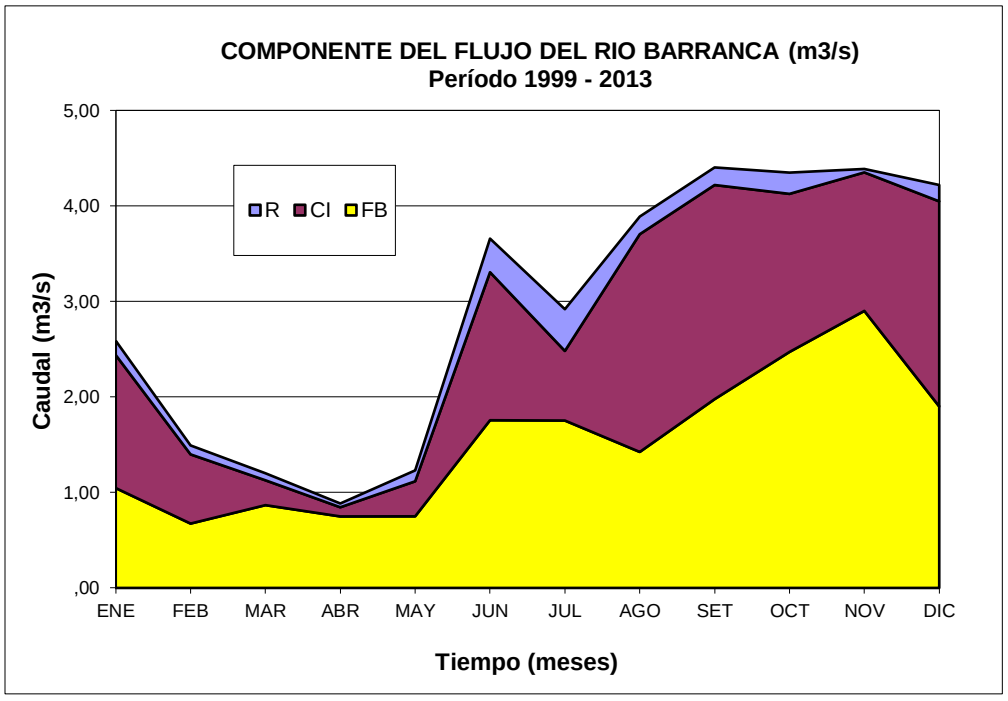


Figura 69. Componente del flujo "Caudal Mensual Característico" – Subcuencas La Paz y Barranca

R: Caudal superficial calculado, CI: Campo indeterminado y FB: Flujo base calculado.

El índice del flujo base, también indica que el 50% del Campo Indeterminado (CI), puede ser atribuido al flujo base, siendo este el caudal final empleado para el cálculo del balance final entre la oferta y la demanda del *Cuadro 112*. En dicho cuadro se muestra que ambas subcuencas se hallan equitativamente balanceadas, dado que anualmente se estarían produciendo recargas de 3346,65 l/s y se estarían descargando en la conjunción de ambos ríos 2142,97 l/s, haciendo un total de descarga de 2305,99 l/s.

Cuadro 112. Balance del recurso hídrico (2015) – Subcuencas La Paz y Barranca

VARIABLES	UNID.	ANUAL
Recarga Potencial	L/s	**2837.07**
Retorno hídrico a partir del excedente por riego	L/s	**497.40**
Consumo Poblacional	l/s	16.24
	día	365.00
Retorno por aguas residuales (75%)	L/s	**12.18**
RECARGA TOTAL	L/s	**3346.65**
Caudal Flujo Base en la Confluencia según hidrograma (metodología Boni 1993)	m3/s	2.14
	día	365.00
	L/s	**2142.97**
Extracción de Pozos	L/s	**11.27**
Nacientes concesionadas – MINAE	L/s	**151.75**
DESCARGA TOTAL	L/s	**2305.99**
BALANCE	L/s	**1040.66**
Factor de seguridad de un 50% para el caudal en el acuífero	L/s	**520.33**
Caudal disponible	L/s	**520.33**

Comparando los volúmenes obtenidos de descarga en los ríos con el flujo base aforado en la estación hidrométrica de la toma de 2142,97 l/s (metodología Boni 1993) coincide en orden de magnitud con los 2354,51 l/s resultando del empleo de metodología Darcy.

Alrededor de 1040,66 l/s se estarían infiltrando en profundidad, recargando acuíferos más profundos, el cual proviene de la resta de 3346,65 l/s de ingresos al sistema menos 2305,99 l/s de descargas (Cuadro 112).

Se puede concluir que en el área de estudio, la recarga presentada por exceso de riego en los cultivos es muy significativa respecto a la recarga total, ya que esta representa el 14,03% de la misma. Así mismo, el agua de retorno por consumo humano tomada por las ASADAS estudiadas, solo representa el 0,36% del total de la recarga producida en ambas subcuencas.

A su vez, del estudio hidrológico en la confluencia de las subcuencas Las Paz y Barranca se puede discernir que ambas producen un caudal superficial total de 2934,96 l/s (*Cuadro 110* y *Figura 69*), siendo estos distribuidos en 2142,97 l/s como flujo base producto de aportes de los acuíferos superficiales y 791,99 l/s fluyen como escorrentía directa sobre los cauces, pudiendo estos ser aprovechados para diferentes obras hidráulicas y dotación poblacional.

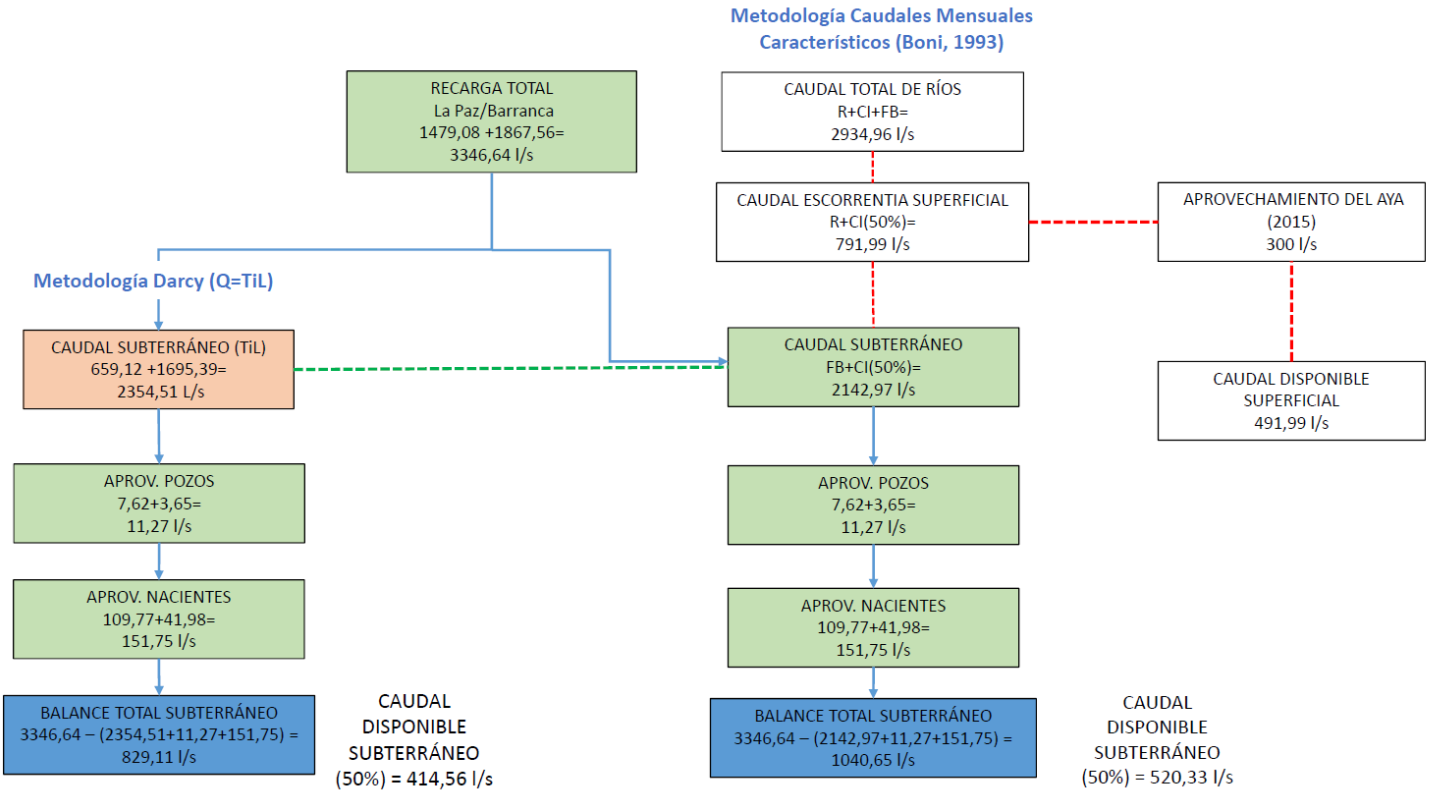


Figura 70.Flujograma del cálculo del balance hídrico de ambas subcuencas en el sitio de toma AyA.

La *Figura 70 y Figura 71* muestran que una Recarga Total de 3346,64 l/s (producto del balance hídrico de suelos y retornos) produce descargas subterráneas como flujo base en el río de 2142,97 l/s lo cual sumado a las extracciones en las nacientes y los pozos asciende a una caudal total de 2305.99 l/s

Ambos puntos al ser restados entre si, permite obtener el valor de disponibilidad hídrica subterránea siendo esta de 1040,65 l/s. Sin embargo a este valor, SENARA, siendo el ente rector de las aguas subterráneas en Costa Rica, recomienda aplicar un factor de seguridad conservador de 50% para dejar en el acuífero como un caudal amortiguador, razón por lo cual, el caudal disponible de ambas cuencas sería de 520,32 l/s.

En la toma de agua del AYA en el río Barranca, se captarán 300 l/s, los cuales son descontados al caudal superficial de escorrentía directa ascendente a 791,99 l/s, quedando con ello un caudal remanente o de disponibilidad actual de 491,99 l/s por lo tanto no afectando el caudal ecológico del río.

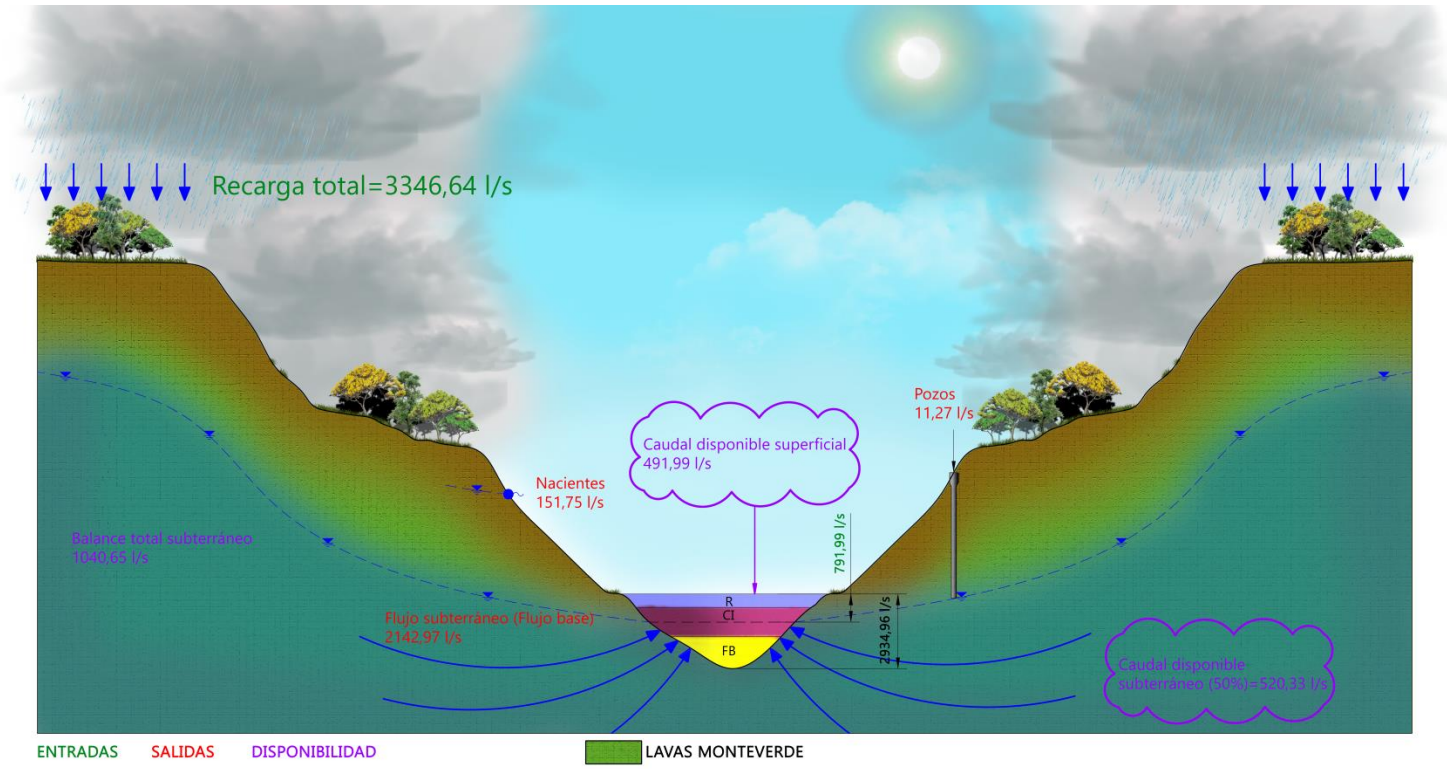


Figura 71.Esquema hidrológico en ambas subcuencas (Ríos La Paz y Barranca)

8 Conclusiones Etapa I

1) El área de estudio comprende la subcuenca de La Paz con un área de 35 km^2 y la parte alta de la cuenca del río Barranca con un área de 38,39 km^2 y está ubicada entre las coordenadas Latitud 234.500 a 240.200 Norte y 470.000 a 499.000 Longitud Este de las hojas cartográficas Miramar, Naranjo, Quesada y San Lorenzo.

2) El estudio comprende el análisis de 10 nacientes las cuales son utilizadas para el abastecimiento público. Estas son administradas por las Asociaciones de Acueductos de Angeles Sur, Volio y Bajo Zúñiga.

3) La realización del estudio incluyó tres etapas y metodologías. La etapa I incluye geología de campo, aforo en nacientes, toma de muestras de suelo, análisis de infiltración, aforos en ríos. Además se definieron zonas de protección en cada una de las diez nacientes, se analizó el uso de la tierra en la zona con observación de campo, análisis de vulnerabilidad. La etapa II incluyó una caracterización del estado de cada una de las captaciones de las nacientes respectivas, donde además se tomaron muestras para calidad de aguas y se realizó una inspección sanitaria con la metodología de análisis del Programa del Sello de Calidad Sanitaria del Laboratorio Nacional de Aguas del AYA. La etapa III consistió en la determinación de la demanda actual y la proyectada.

4) La geología de la zona de estudio para la subcuenca La Paz incluye materiales de origen volcánico Tobas líticas basales (Toba 1), Tobas con biotitas y pómez (Toba 2), Lavas andesíticas (Formación Monteverde) y Depósitos Coluvio Aluvailes y lacustres. En el caso de la cuenca alta del río Barranca, se incluyen las Tobas líticas basales (Toba 1), Tobas con biotitas y pómez (Toba 2), Lavas andesíticas (Formación Monteverde), Tobas de flujo no soldado (Alto Palomo, Toba 3) y Depósitos Coluvio Aluviales y lacustres. Estratigráficamente los Depósitos Coluvio aluviales y lacustres estarían en el techo de la columna estratigráfica.

5) La geología estructural local incluye la presencia de dos sistemas de fallas, con orientaciones NE-E y NO, las cuales afectan el área de estudio.
   En la subcuenca del río La Paz las fallas encontradas están asociadas a la alineación del cauce de dicho río. Las facetas triangulares observadas a lo largo de dicha subcuenca ponen en evidencia dicho fallamiento.
   En la cuenca alta del río Barranca se observó una falla con estrías y material triturado el cual desplaza varias estructuras dirección NE-E.

6) La geomorfología de la zona incluye 8 unidades geomorfológicas distribuidas en ambas cuencas. Para la subcuenca La Paz se incluyen las laderas denudacionales de pendientes fuertes, moderadas y suaves, además de unidades de escarpes de erosión y facetas triangulares La Paz así como Unidad de Origen Depositacional aluvional del río La Paz, Unidad de Abanicos Aluviales y Unidad de Coluvios. En el caso de la parte alta de la cuenca del río Barranca se incluyen las formas de origen Denudacional de Moderada y Fuertes pendientes así como la Unidad de Origen Denundacional Barrancos en las márgenes de los ríos principales inclueyendo Barranca y Barranquilla.

7) En el área de estudio actualmente se determinaron 4 principales usos de la tierra incluyendo pastos con árboles dispersos (29,5% del área total de estudio), bosques (31,0% del área total), cultivos (34,6% del área total de estudio) y área urbana (4,9% del área total de estudio).

8) El 53,4 % del área total de estudio corresponde con tierras clase VI de acuerdo con la clasificación del Ministerio de Agricultura (MAG) y la Fundación Neotrópica (1998), donde las áreas son utilizadas para la producción forestal, cultivos permanentes (café, caña), con prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas.

9) Se identificación 8 zonas de vida según clasificación de Holdridge (1987). En la parte alta de la cuenca del río Barranca se incluyen las zonas de vida de Bosque pluvial montano bajo en la zona más alta, Bosque muy húmedo montano bajo, Bosque muy húmedo montano bajo transición a húmedo, Bosque húmedo montano bajo, bosque muy húmedo premontano y bosque húmedo premontano en las zonas de menor

elevación. Para la subcuenca La Paz, se identificaron en las zonas de mayor elevación Bosque pluvial montano bajo, Bosque pluvial premontano. En zonas de menor elevación hacia el Este de la subcuenca se identificairon Bosque muy húmedo premontano transición pluvial y bosque muy húmedo premontano.

10) Del área total de estudio, el 63% del área presenta un uso conforme, mientras que el 37% del área presenta uso no conforme.

11) El área de drenaje para la subcuenca del río La Paz fue delimitada a partir del punto de confluencia de este río con el río Barranca, entre las coordenadas Lambert Norte 483 825 este y 233 495 norte a una elevación de 958,75 msnm. La subcuenca se delimitó de manera manual mediante las curvas del Programa de Regularización de Catastro y Registro (PRCR, 2005-2007) a escala 1:5 000. Estas curvas presentan una separación vertical de 10 m. Del modelo elevación digital se tiene una elevación promedio de 1200,59 m.s.n.m., una elevación máxima de 1592,44 m.s.n.m. y una elevación mínima de 958,75 m.s.n.m.

12) El área de drenaje para la cuenca alta del río Barranca fue delmitada a partir del punto de confluencia con el río Barranca, entre las coordenadas 488 825 este y 233 495 a una elevación de 958,75 msnm. La subcuenca se delimitó de manera manual mediante las curvas del Programa de Regularización de Catastro y Registro (PRCR, 2005-2007) a escala 1:5 000, con separación de curvas vertical de 10 m. Para la parte alta de la cuenca del río Barranca, la elevación promedio es de 1393,32 m.s.n.m., la elevación máxima corresponde a los 2182,35 m.s.n.m. y la mínima a 957,63 m.s.n.m.

13) Para calcular la precipitación sobre las subcuencas del río La Paz y parte alta de cuenca del Río Barranca, se utilizaron los registros de lluvia del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) de las estaciones Picada de Palmira, Zarcero y Piedades Sur de San Ramón. La precipitación promedio varía entre los 2222 mm a los 3145 mm por año, y el valor medio ponderado en el área de estudio es de 2719 mm, donde la media mensual ponderada por área de cada subcuenca es de 2 909,12 mm (La Paz) y 2544,5 mm (Barranca). El régimen de lluvias es típico de cuencas del Pacífico de Costa Rica, con los meses más secos de

diciembre a abril mientras que los meses más lluviosos corresponden con setiembre y octubre.

14) La biotemperatura media para la cuenca La Paz es de 19,64 °C y para la parte alta de la cuenca Barranca es de 18,77 °C.

15) La evapotranspiración potencial media mensual ponderada por área de cada subcuenca es de 1157,05 mm para La Paz y 1105,23 mm para Barranca.

16) Se realizó un total de 46 aforos, distribuidos en ambas cuencas. Se ubicó un aforo en cada tributario, un tercer sitio de aforo aguas agua y un cuarto punto de aforo aguas abajo del tercer sitio, donde no se diera un aporte adicional al cauce. Además se aforaron cada una de las nacientes del presente estudio.

17) El balance hídrico de suelos para ambas subcuencas en estudio fue realizado en función de las formaciones geológicas halladas, aplicándose para ello la metodología de Schosinsky (2006). Se determinó que la Recarga Potencial se presenta con mayor intensidad entre los meses de Setiembre y Octubre, siendo el promedio anual de 1207,78 mm/año. Así mismo, los otros componentes del balance corresponden a la Retención por Follaje la cual se manifiesta temporalmente con mayor intensidad entre los meses de Mayo y Noviembre, alcanzando a lo largo del año un valor promedio de 386,60 mm/año. La Escorrentia Superficial de igual manera posee la misma fluctuación, con un valor promedio de 145,83 mm/año; mientras que la Evapotranspiración Real alcanza valores de 960,46 mm/año. Dichos componentes sumados entre sí, permiten corroborar los valores de ingreso al sistema como agua de lluvia, siendo esta de 2719 mm/año.

18) A partir del análisis geológico, se tiene que los Depósitos Aluviales y la Formación Monteverde presentan mayor índices de recarga. La mayor evapotranspiración real corresponde a los Depósitos Aluviales mientras que los mayores índices de retención y recarga potencial se asocian a la Formación Monteverde**.**

19) Dada la importancia de la recarga potencial al intervenir ésta de manera directa en el balance total de ambas subcuencas, se tiene que la recarga potencial promedio representa el 44,4% de la precipitación total anual en ambas áreas de estudio (2719 mm/año).

20) En la zona de estudio se definieron el acuífero de Lavas Aguacate, Acuífero de Tobas líticas (Toba 1), Acuífero Lavas Monteverde, Acuífero tobas con pómez y biotita (Toba 2). Además se definió el Acuitardo de Tobas Alto Palomo (Toba 3). Los Depósitos Cuaternarios se observan en pequeñas áreas en ambas cuencas, sin embargo, se considera que no tienen mayor área para ser definidos como acuífero.

21) Las nacientes NacV-3, NacV-4, NacV-5, NacBZ-1, NacBZ-2, NacLA-1, NacLA-2 y NacLA-3 afloran en las tobas líticas (Toba 1), con un caudal promedio de 2,0 l/s.

22) El acuífero de Lavas Monteverde tiene un espesor promedio entre 5 m a 40 m. No hay nacientes asociadas a dicha Formación.

23) Las nacientes NacV-1 y NacV-2 afloran en el acuífero Tobas con Biotita y pómez (Toba 2), el cual es de tipo libre y presenta varios niveles de agua asociados a distintos depósitos de tobas.

24) El acuitardo de tobas Alto Palomo sobreyace el acuífero de Tobas con biotita y pómez (Toba 2) y al acuífero de lavas Monteverde.

25) Las líneas equipotenciales se realizaron con datos de pozos correspondientes a un solo acuífero, según registros de perforación del SENARA (2015). Se analizaron dichos datos con el Sistema de Información Geográfica (programa ArcGis) y con criterio de experto.

26) Se realizó una caracterización de cada una de las nacientes a partir de aforos, muestras de suelo para determinar la porosidad in situ, calidad de aguas para posterior entrega a laboratorio. Se determinó el gradiente hidráulico de cada sitio

según perfiles hidrogeológicos aledaños a la naciente, aguas arriba de cada una de éstas.

27) El acueducto de Volio está conformado por las nacientes NacV-1 (436-N1), NacV-2 (436-N2), NacV-3 (436-N3), NacV-4 (436-N14) y NacV-5 (436-N5).

a) El tiempo de tránsito en la zona no saturada varía entre 2,06 días (NacV-3) hasta 46,53 días (NacV-4). La distancia a la cual las bacterias transitan en zona saturada (100 días vida bacterias) varían a su vez entre 1,78 m para NacV-3 hasta 38,62 m. Para el análisis de las zonas de protección, se tiene un ancho de la zona de captura según Darcy máximo para la naciente NacV-4 con una distancia de 124,16 m siendo el ancho mínimo para la naciente NacV-2, con una distancia de 7,48 m. Aplicando la metodología del radio fijo, se tiene un mínimo de 30 m para NacV-1 y un radio fijo máximo para NacV-3.
b) Comparando la ecuación de Darcy con la ecuación de Grubb, se comprueban los resultados ya que el diámetro obtenido aplicando Grubb considera una distancia mayor para Nac-V4 (58,65 m ancho medio del tubo) siendo el mínimo para NacV-2, con un ancho medio del tubo de 4,23 m.
c) El punto de no retorno definido para las cinco nacientes Volio a criterio de experto es de 5 m aguas abajo, salvo para la naciente NacV-4, donde se recomienda una zona de protección aguas abajo de 10 m. El límite de la zona de captura varía entre 331,12 m para NacV-1 hasta 854,17m para NacV-5, según criterio geomorfológico de la microcuenca.

28) El acueducto Los Angeles Sur está constituido por las nacientes NacLA-1 (404-N1), NacLA-2 (404-N2) y NacLA-3 (404-N3).

a) El tiempo de tránsito en la zona no saturada varía entre 5,42 días (NacLA-3) hasta 12,16 días (NacLA-3). La distancia a la cual las bacterias transitan en zona saturada (100 días vida bacterias) varían a su vez entre 2,86 m para NacLA-1 hasta 15,18 m (NacLA-3).
b) Para el análisis de las zonas de protección, se tiene un ancho de la zona de captura según Darcy máximo para la naciente NacLA-2 con una distancia de

207,49 m siendo el ancho mínimo para la naciente NacLA-3, con una distancia de 63,22 m.

c) Comparando la ecuación de Darcy con la ecuación de Grubb, se comprueban los resultados ya que el diámetro obtenido aplicando Grubb considera una distancia mayor para NacLA-2 (141,97 m ancho medio del tubo) siendo el mínimo para NacLA-32, con un ancho medio del tubo de 13,81 m.

d) El punto de no retorno definido para las tres a criterio de experto es de 5 m aguas abajo, salvo para la naciente NacLA-2, donde se recomienda una zona de protección aguas abajo de 12 m. El límite de la zona de captura varía entre 234,95 m para NacLA-2 hasta 312,36 m para NacLA-3 según criterio geomorfológico de la microcuenca.

29) El acueducto de Bajo Zúñiga incluye las nacientes NacBZ-1 (4498-N1) y NacBZ-2 (4498-N2).

a) El tiempo de tránsito en la zona no saturada es de 6,6 días para la NacBZ-1 y de 3,95 días para NacBZ-2. La distancia de desplazamiento de las bacterias en la zona saturada es de 9,12 (NacBZ-1) m y 18,87 m (NacBZ-2), distancia a la cual mueren asumiendo 100 días de vida.

b) Para el análisis de las zonas de protección para las nacientes de la Asada Bajo Zúñiga, se tiene un ancho de la zona de captura según Darcy máximo para la naciente NacBZ-1 con una distancia de 1 065,35 m siendo el ancho mínimo para la naciente NacBZ-2 con una distancia de 9,06 m.

c) Comparando la ecuación de Darcy con la ecuación de Grubb, se comprueban los resultados ya que el diámetro obtenido aplicando Grubb considera una distancia mayor para NacBZ-1 (611,25 m ancho medio del tubo) siendo el mínimo para NacBZ-2, con un ancho medio del tubo de 3,64 m.

d) El punto de no retorno definido para la naciente BZ-2 es de 5 m mientras que para la naciente NacBZ-1 es 20 m. El límite de la zona de captura varía entre 154,45 para NacBZ-2 hasta 548,12 m para NacBZ-1 según criterio geomorfológico de la microcuenca.

30) Aplicando la metodología de vulnerabilidad intrínseca GOD, se determinó que la vulnerabilidad del acuífero en ambas subcuencas de estudio, clasifica como

vulnerabilidad baja (0,1 a 0,3). Cabe aclarar que el análisis de la vulnerabilidad intrínseca aplicando la metodología GOD se realizó a nivel regional, tanto para la subcuenca del río La Paz como para la parte alta de la cuenca Barranca.

31) Con el fin de determinar la demanda y oferta hídrica de ambas cuencas en estudio, se realizó un inventario de los terrenos cultivados, cédula de cultivos, consumo poblacional así como la determinación de los caudales disponibles en sitio de toma del AyA, caudales en nacientes administradas por las distintas ASADAS y la disponibilidad en pozos y nacientes registrados en SENARA-MINAE-AyA. De dicho análisis se concluye que la demana hídrica en ambas subcuencas permitió definir el volumen de agua que ingresa al sistema acuífero una vez que las necesidades agrícolas, arbóreas y consumo poblacional son requeridas, siendo así dicha demanda la recarga potencial de suelos, la cual incluye recarga por cultivos y retorno del uso poblacional dentro del sistema acuífero. Por otra parte, la oferta en ambas subcuencas se definió como el volumen disponible para consumo antrópico y vegetal.

32) Se realizó un modelo del balance del recurso hídrico en ambas cuencas utilizando datos actuales para obtener la demanda hídrica que incluyen un inventario de los terrenos cultivados, cédula de cultivos y consumo poblacional. La oferta hídrica se determinó a través del análisis del caudal disponible en la toma de agua superificial del AyA, el caudal proveniente del aprovechamiento de pozos y las nacientes concesionadas y/ó registradas por MINAE.

33) Se realizó un análisis cuantitativo del volumen de agua que ingresa y sale del sistema acuífero para cada una de las subcuencas de estudio, aplicando el método de análisis Schosinsky (2006). A partir de éste, se obtiene un aporte hídrico de 1040,65 l/s. Dicho resultado se corrobora con la metodología aplicada de “Caudales Mensuales Característicos (Boni, 1993)” donde se determina el flujo base (subterráneo), con base en el histórico de aforos medidos en sitio de toma durante un tiempo de 14 años, el cual a su vez se comprueba con el cálculo del flujo subterráneo mediante la ecuación de Darcy (Q = TiL). A partir de la aplicación de dicha ecuación tanto en el río La Paz como el río Barranca, se obtiene un caudal total subterráneo de

829,11 l/s. Dicha diferencia entre los dos volúmenes corresponde con una diferencia entre ambos métodos del 20,3%.

34) A partir de la aplicación de la metodología "Caudales Mensuales Característicos" aplicada sobre la confluencia los ríos La Paz-Barranca, se obtiene que el campo indeterminado (CI) se distribuye 50% al flujo base (FB) y 50% al caudal superficial (R). A partir de dicha información, se obtiene el caudal total de ambos ríos (2934,96 l/s), distribuidos a su vez en 791,99 l/s de caudal netamente superficial (R) y 2142,97 l/s de caudal flujo base (FB) o de aporte subterráneo. De lo anterior, se concluye que existe sostenibildiad del recurso hídrico en la toma del AyA puesto que existe un caudal superficial disponible de 491,99 l/s, de los cuales AyA aprovecharía 300 l/s.

35) Se concluye una vez realizado el análisis entre la recarga (retornos por riego y aguas residuales asociadas al consumo poblacional) y la descarga total (incluye flujo subterráneo o flujo base, extracción por pozos y/ó nacientes), que el caudal disponible es de 1040,65 l/s. Se recomienda según políticas del Servicio Nacional de Riego, Avenamiento y Aguas Subterráneas (SENARA), respetar el 50% del caudal subterráneo, el cual corresponde con el caudal sostenible en el sistema acuífero, equivalente a 520,33 l/s.

36) Siendo la recarga potencial directa correspondiente al 44,4% del total anual en ambas cuencas, es importante monitorear periódicamente las distintas nacientes de abastecimiento público como tomas de agua sobre ríos con el fin de tener un control constante de las condiciones y/ó variaciones estacionales de las fuentes hídricas en ambas cuencas.

37) A nivel local se recomienda insistir en las buenas prácticas agrícolas y forestales en las zonas de mayor recarga acuífera, la cual incluye la Formación Monteverde y los Depósitos Aluviales.

38) Las zonas de protección definidas en el presente estudio debieran ser respetadas por las ASADAS respectivas y deben incluir un manejo integral tanto social como técnico. Se recomienda además que se involucre a las comunidades respectivas para la toma

de decisiones para realizar mejoras en las zonas de protección, incluyendo cercado alrededor de nacientes, mejora de suelos, protección de taludes aledaños a nacientes y protección de la flora de cada sitio.

39) La vulnerabilidad intrínsica acuífera para ambas cuencas es baja lo que beneficia en la calidad del recurso hídrico subterráneo, sin embargo, se recomienda a nivel regional y local para ambas cuencas las buenas prácticas ambientales agropecuarias, un desarrollo urbano sostenible y la protección de las zonas con mayor recarga hídrica.

ETAPA II

9 Informe de Nacientes

9.1 Introducción

El presente informe forma parte del proyecto “Estudio integral del recurso hídrico subterráneo de la parte alta de la cuenca del río Barranca y la subcuenca del río La Paz, Alajuela”. Corresponde a la segunda etapa y tiene como objetivo el estudio de las captaciones de las nacientes ubicadas en el Área de Influencia Directa.

El estudio de las captaciones está enfocado en una caracterización de sus condiciones a nivel de obra civil y de sitio, con el fin de establecer recomendaciones de mejoras para cada naciente. Adicionalmente, se incorporó una caracterización de las condiciones sanitarias para complementar el estudio aunque no fuera parte de los términos de referencia.

La parte alta de la cuenca del río Barranca se encuentra dentro de los cantones de San Ramón y Naranjo de la provincia de Alajuela. La subcuenca del río La Paz está ubicada totalmente dentro del cantón de San Ramón, Alajuela. Las nacientes se ubican específicamente en los distritos de Volio y Ángeles, del cantón de San Ramón. En el Mapa *1* se observa la ubicación de las nacientes.

9.2 Naciente 1. Bajo Zúñiga

9.2.1 Información general

La naciente 1 de la ASADA de Bajo Zúñiga se localiza en el distrito de Los Ángeles, en el cantón de San Ramón, específicamente en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 481 294 este y 236 791 norte.

Se encuentra en la hoja cartográfica Miramar del Instituto Geográfico Nacional (IGN), en escala 1:50 000 y tiene una elevación aproximada de 1070 msnm.



Figura 72. Captación de la naciente 1, Bajo Zúñiga

La naciente 1 fue aforada el 19 de febrero del 2015 por personal de Hidrogeotecnia Ltda. El caudal medido fue de 6,64 l/s. Para la realización del aforo se cerraron las válvulas de las tuberías principales y se midió el rebalse mediante el método volumétrico.

Otro aforo registrado fue realizado por personal del AyA y corresponde a 5,89 l/s, pero se desconoce la fecha de realización. Este último, sería el caudal mínimo registrado de la naciente.

La naciente cuenta con 2 salidas principales de PVC con un diámetro de 75 mm que distribuyen el agua hacia los usuarios para posteriormente llegar al tanque de almacenamiento. Posee además una tubería de conducción privada de PVC con un diámetro de 63,5 mm, un rebalse con un diámetro de 100 mm y una tubería de fondo para la limpieza.

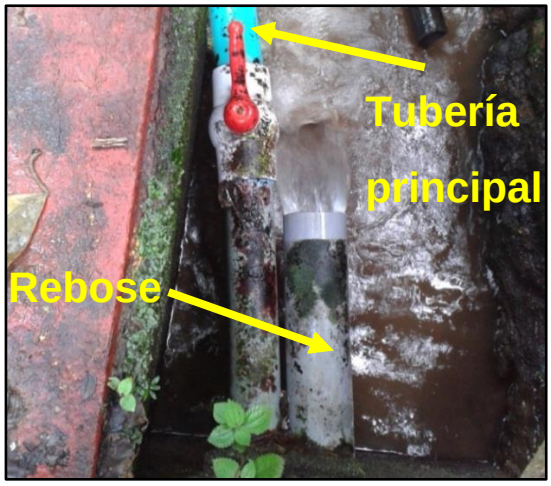


Figura 73. Sistema de tuberías de la naciente 1, Bajo Zúñiga

9.2.2 Inspección estructural

La estructura de la captación consiste en paredes de mampostería y de una losa superior de concreto reforzado. La totalidad de la estructura carece de pintura.

La captación de la naciente posee 3 tapas de inspección colocadas cada 4 m. Estas tapas cuentan con un sistema de cierre mediante candados. La estructura de inspección presenta grandes grietas en el concreto como se observa en la figura siguiente.



Figura 74. Estado de las cajas de inspección de la naciente 1, Bajo Zúñiga

Las paredes y la losa superior carecen de grietas superficiales que puedan poner en riesgo la estructura o que puedan facilitar la infiltración de contaminantes. No se observaron asentamiento diferenciales ni generales en la estructura que impliquen un riesgo. Además, la losa superior cuenta con una pendiente adecuada para que no se empoce el agua.

9.2.3 Inspección sanitaria

La protección perimetral de la naciente consiste en una cerca con alambre de púas, la cual se encuentra dañada, por lo que únicamente podría restringir el paso de animales grandes pero no el de personas.

La captación tiene una barrera protectora, la cual se observa en la figura siguiente, que permite desviar el agua de escorrentía superficial proveniente de las partes altas de la montaña para que no pueda llegar a contaminar el agua captada. Además, las paredes que posee la estructura la protegen del agua que podría escurrir sobre la losa superior.



Figura 75. Sistema de desvío de la escorrentía de naciente 1, Bajo Zúñiga

Dentro de la captación se logró observar raíces, una pequeña cantidad de sedimentos atrapados y algunas partículas que cayeron de las paredes. Según lo indicó el personal de la ASADA, cada vez que se realiza la limpieza de la captación hay presencia de raíces nuevas. La tubería de rebose no cuenta con ningún sistema que evite el acceso de animales o plantas que puedan contaminar el agua captada.

Cerca de la captación existe vegetación con una gran cantidad de árboles, lo que evita la erosión del suelo. Según el personal de la ASADA, se ha logrado reforestar 7 ha de terreno cercanas a la zona de influencia.

La calidad del agua en la naciente la controla el AyA mediante la realización de análisis dos veces al año. En la captación no se realiza ningún tipo de desinfección; la tubería de conducción abastece a algunos usuarios los cuales reciben el agua sin ningún tipo de tratamiento. Más adelante el agua llega al tanque de almacenamiento donde se realiza la cloración con pastilla. La ASADA realiza una limpieza de la captación cada 22 días.

Las grietas en la tapa podrían facilitar el ingreso de patógenos externos no deseados.

9.2.4 Recomendaciones

La condición estructural de la captación es adecuada. Todos los componentes estructurales se encuentran en buenas condiciones.

Los apoyos de las tapas de inspección (no estructurales) deben ser reparados para impedir el ingreso de agentes externos.

Se recomienda pintar la estructura con una pintura de alta resistencia e impermeable.

Se recomienda limpiar con un cepillo las paredes que presenten suciedad que pueda caer sobre el agua almacenada, cada vez que se realice la limpieza de la toma. Además, se deberá revisar las paredes internas con luz adecuada para cepillarlas si fuera necesario.

La protección perimetral deberá ser reparada si es posible, sino deberá ser instalada de nuevo de manera que brinde una protección adecuada al área más próxima a la captación. Debe realizarse una inspección del cerramiento al menos cada 4 meses para verificar la imposibilidad del ingreso de ganado y de terceras personas a la zona de protección. Además se deben colocar candados en todos los ingresos para evitar que deliberadamente se permita el ingreso del ganado para pastoreo.

Se deberá identificar los puntos de la estructura de captación por donde penetran actualmente algunas raíces y sellarlos para evitar ese problema. Se recomienda el uso de zacate para cubrir el suelo o la presencia de vegetación cuyas raíces no generen estos problemas (Meuli & Wehrle, 2001).

Se deberá suplir de algún tipo de protección a la tubería de rebalse como una rejilla, para evitar el ingreso de animales o vegetación que pueda contaminar el agua captada.

Por último, se recomienda contar con accesorios y un tubo en el sitio de la captación para realizar los aforos. Además, se debe aumentar la capacidad del rebalse para que la captación no trabaje sumergida.

9.3 Naciente 2. Bajo Zúñiga

9.3.1 Información general

La naciente 2 de la ASADA de Bajo Zúñiga se localiza en el distrito de Los Ángeles, en el cantón de San Ramón, específicamente en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 482 688 este y 236 080 norte. Se encuentra en la hoja cartográfica Naranjo del IGN, en escala 1:50 000 y tiene una elevación aproximada de 1130 msnm.



Figura 76. Captación de la naciente 2, Bajo Zúñiga

La naciente 2 de Bajo Zúñiga fue aforada el 19 de febrero del 2015 por personal de Hidrogeotecnia Ltda. El caudal medido fue de 0,29 l/s. El aforo se realizó mediante el método volumétrico midiendo el caudal que pasa por la tubería principal.

Otro aforo registrado fue realizado por personal del AyA y es de 0,54 l/s, pero no se conoce la fecha de realización. Por lo que se puede concluir que el caudal mínimo aforado en la naciente es de 0,29 l/s.

La naciente está conectada directamente al tanque de almacenamiento mediante una tubería principal de PVC con un diámetro de 25 mm. La distancia entre el tanque y la naciente es de aproximadamente 300 m.



Figura 77. Sistema de tuberías de la naciente 2, Bajo Zúñiga

9.3.2 Inspección estructural

La naciente cuenta con una caja de captación de concreto que se encuentra en buenas condiciones. La captación carece de pintura. Las paredes y losa superior carecen de grietas superficiales que puedan poner en riesgo la estructura. Tampoco se observaron asentamiento diferenciales ni generales en la estructura que impliquen un riesgo.

9.3.3 Inspección sanitaria

La protección perimetral de la naciente consiste en un alambre de púas, el cual solamente es capaz de restringir el paso de animales.

La captación de la naciente cuenta con una tapa de inspección de concreto construida de forma adecuada para evitar la infiltración de agua o contaminantes, como se observa en la Figura 76. La tapa posee un sistema seguro de cierre mediante un candado.

La carencia de grietas en la estructura evita el acceso directo de contaminantes. Además, la losa superior cuenta con una pendiente adecuada para que no se empoce el agua y exista riesgo de infiltraciones.

La captación de la naciente no cuenta con ningún sistema que permita desviar el agua de escorrentía superficial proveniente de las partes altas de la montaña y que pueda llegar a contaminar el agua captada.

En la captación se logró observar raíces y plantas que podrían ser fuente de contaminación. Las tuberías de rebalse y limpieza cuentan con un tapón de manera que logran evitar el ingreso de contaminantes, pero que no permite el correcto funcionamiento del rebalse.

Una posible fuente de contaminación es la cercanía de la captación con la calle pública. Además, el día de la visita existía un fuerte olor a boñiga lo que evidencia la presencia de animales.

En los alrededores de la captación el uso del suelo es boscoso, como se observa en la figura siguiente, lo que evita la erosión, sin embargo los árboles con raíces más grandes podrían generar grietas u obstrucciones de las tuberías.



Figura 78. Uso del suelo alrededor de la naciente.

La calidad del agua en la naciente la controla el AyA mediante la realización de análisis dos veces al año. En la captación no se realiza ningún tipo de desinfección, la cloración se realiza en el tanque mediante una pastilla. La ASADA realiza la limpieza de la captación cada 22 días.

9.3.4 Recomendaciones

La protección perimetral hecha de alambre de púas se encontraba en malas condiciones, por lo que se deberá cambiar las partes en peor estado. Además, se deberá movilizar por completo el ganado que se encuentre cerca de la captación con el fin de evitar riesgos de contaminación.

Se recomienda pintar la estructura con una pintura de alta resistencia e impermeable.

Debe realizarse una inspección del cerramiento al menos cada 4 meses para verificar la imposibilidad del ingreso de ganado o de terceras personas a la zona de protección. Además se debe colocar candados en todos los ingresos para evitar que deliberadamente se permita el acceso del ganado para pastoreo.

Se deberá identificar los puntos de la estructura de captación por donde puedan penetrar algunas raíces y sellarlos para evitar ese problema. Se recomienda el uso de zacate para cubrir el suelo o la presencia de vegetación cuyas raíces no generen estos problemas (Meuli & Wehrle, 2001).

Se deberá implementar un sistema que permita desviar las aguas que escurren hacia la captación para evitar una posible infiltración y contaminación del agua captada. Por ejemplo se puede pensar en el uso de barreras o canales.

Se recomienda aplicar un repello impermeabilizado a la captación para efectos de durabilidad y evitar un riesgo por infiltración.

9.4 Naciente 1. Los Ángeles Sur

9.4.1 Información general

La naciente 1 de la ASADA Los Ángeles se localiza en el distrito de Los Ángeles, en el cantón de San Ramón. Específicamente en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 485 411 este y 237 489 norte. Se encuentra en la hoja cartográfica Naranjo del IGN, en escala 1:50 000 y tiene una elevación aproximada de 1193 msnm.



Figura 79. Captación de la naciente 1, Los Ángeles

La naciente 1 fue aforada el 19 de febrero del 2015 por personal de Hidrogeotecnia Ltda. El caudal medido fue de 0,34 l/s. El aforo fue realizado en la caja de reunión, mediante el método volumétrico.



Figura 80. Aforo de la naciente 1, Los Ángeles

Otro aforo registrado fue realizado por personal del AyA y es de 0,36 l/s, pero se desconoce la fecha de realización. Se puede concluir que el caudal mínimo aforado en la naciente es de 0,34 l/s.

Esta captación forma parte de un sistema en conjunto con la naciente 2 de la ASADA Los Ángeles, las cuales se conectan en una caja de reunión para ser conducidas al tanque de almacenamiento y posteriormente a la distribución hacia los usuarios.

9.4.2 Inspección estructural

La naciente cuenta con una caja de captación de concreto que se encuentra en buenas condiciones. La parte externa de la captación está pintada. Las paredes y losa superior carecen de grietas superficiales que puedan poner en riesgo la estructura. Tampoco se observaron asentamientos diferenciales ni generales en la estructura que impliquen un riesgo.

9.4.3 Inspección sanitaria

La protección perimetral de la naciente consiste en un alambre de púas, el cual solamente es capaz de restringir el paso de animales.

La captación de la naciente cuenta con una tapa de inspección de concreto construida de forma adecuada para evitar la infiltración de contaminantes debido al estancamiento del agua, como se observa en la Figura 79. La tapa posee un sistema seguro de cierre mediante un candando.

La carencia de grietas en la estructura evita el acceso de contaminantes. Además, la losa superior cuenta con una pendiente adecuada para que no se empoce el agua.

La captación de la naciente cuenta con un pequeño canal, que se observa en la figura siguiente, que permite desviar el agua de escorrentía superficial proveniente de las partes altas de la montaña y que podría llegar a contaminar el agua captada. Sin embargo el sistema no es totalmente eficaz, ya que podría escurrir agua de otros lados sin protección.



Figura 81. Sistema de desvío de las aguas de escorrentía

En la captación no se observaron raíces o plantas que podrían contaminar el agua. Además, la tubería de rebalse posee una especie de filtro para evitar el ingreso de contaminantes. Como una posible fuente de contaminación en las cercanías de la captación se encuentra la presencia de ganado en las fincas cercanas.

En la captación no se realiza ningún tipo de desinfección, la cloración se realiza en el tanque de almacenamiento mediante un clorador de pastillas. Además, la ASADA realiza una limpieza general cada mes y un mantenimiento continuo.

9.4.4 Recomendaciones

El estado estructural de la captación es adecuado, por lo que las recomendaciones que se harán son más enfocadas a mejorar el área de protección de la naciente.

Se deberá restringir completamente el paso del ganado de las cercanías de la captación, esto debido a que cuando se visitó la naciente se observó la presencia de vacas en el lote colindante. Se debe limitar el paso de animales para evitar posibles fuentes de contaminación. Debe realizarse una inspección del cerramiento al menos cada 4 meses para verificar la imposibilidad del ingreso de ganado o de terceras personas a la zona de protección. Además se deben colocar candados en todos los ingresos para evitar que deliberadamente se permita el acceso del ganado para pastoreo.

Se debe mejorar el sistema de desvío de aguas que escurren y que podrían infiltrarse en la captación contaminando el agua captada, debido a que el canal existente no es capaz de librar totalmente a la captación de la escorrentía superficial.

9.5 Naciente 2. Los Ángeles

9.5.1 Información general

La naciente 2 de la ASADA Los Ángeles se localiza en el distrito de Los Ángeles, en el cantón de San Ramón, específicamente en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 485 433 este y 237 508 norte. Se encuentra en la hoja cartográfica Naranjo del IGN, en escala 1:50 000 y tiene una elevación aproximada de 1200 msnm.



Figura 82. Captación de la naciente 2, Los Ángeles

La naciente 2 de la ASADA Los Ángeles fue aforada el 19 de febrero del 2015 por personal de Hidrogeotecnia Ltda. El caudal medido fue de 0,23 l/s.



Figura 83. Aforo de la naciente 2, Los Ángeles

Otro aforo registrado fue realizado por personal del AyA y es de 0,42 l/s, pero se desconoce la fecha de realización. Por lo que se puede concluir que el caudal mínimo aforado en la naciente es de 0,23 l/s.

Esta captación forma parte de un sistema en conjunto con la naciente 1 de la ASADA Los Ángeles, estas se conectan en una caja de reunión para ser conducidas al tanque de almacenamiento y que posteriormente se distribuya el recurso a los usuarios.

9.5.2 Inspección estructural

La naciente cuenta con una caja de captación que se encuentra en buenas condiciones. La estructura de la captación cuenta con pintura en toda su parte externa. Las paredes y losa superior carecen de grietas superficiales que puedan poner en riesgo la estructura. Tampoco se observaron asentamiento diferenciales ni generales en la estructura que impliquen un riesgo.

9.5.3 Inspección sanitaria

La protección perimetral de la naciente consiste en un alambre de púas, el cual solamente es capaz de restringir el paso de animales.

La captación de la naciente cuenta con dos tapas de inspección de concreto construidas de forma adecuada para evitar la infiltración de agua o contaminantes, como se observa en la figura siguiente. La tapa posee un sistema seguro de cierre mediante un candando.



Figura 84. Tapa de inspección, naciente 2 Ángeles

La carencia de grietas en la estructura evita el acceso de contaminantes. Además, la losa superior cuenta con una pendiente adecuada para que escurra el agua superficial.

La captación de la naciente cuenta con un pequeño canal, que se observa en la figura siguiente, que permite desviar el agua de escorrentía superficial proveniente de las partes altas de la montaña y que podría llegar a contaminar el agua captada.

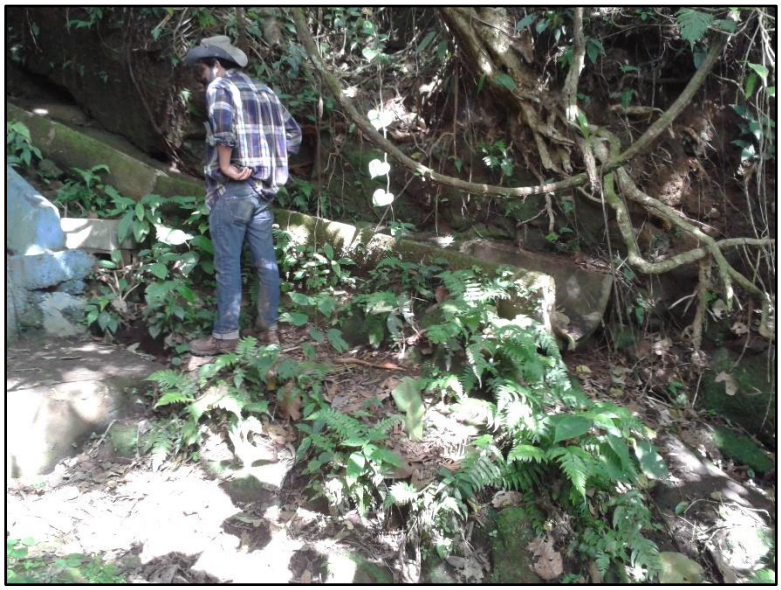


Figura 85. Sistema de desvío de las aguas de escorrentía

En la captación no se observaron raíces ni plantas que pudieran contaminar el agua captada. Además, la tubería de rebalse posee una especie de filtro para evitar el ingreso

de contaminantes. Una posible fuente de contaminación en las cercanías de la captación es la presencia de ganado en las fincas cercanas.

En la captación no se realiza ningún tipo de desinfección, la cloración se realiza en el tanque de almacenamiento mediante un clorador de pastillas. Además, la ASADA realiza una limpieza general cada mes y un mantenimiento continuo.

9.5.4 Recomendaciones

El estado estructural de la captación es adecuado, por lo que las recomendaciones que harán son más enfocadas a mejorar el área de protección de la naciente.

Se deberá restringir completamente el paso del ganado en las cercanías de la captación, esto debido a que cuando se visitó la naciente se observó la presencia de vacas en el lote colindante. Se debe limitar el paso de animales para evitar posibles fuentes de contaminación. Debe realizarse una inspección del cerramiento al menos cada 4 meses para verificar la imposibilidad del ingreso de ganado a la zona de protección. Además se debe colocar candados en todos los ingresos para evitar que deliberadamente se permita el acceso del ganado para pastoreo.

Se recomienda aplicar un repello impermeabilizado a la captación para efectos de durabilidad y evitar un riesgo por infiltración especialmente en las paredes laterales.

Se debe mejorar el sistema de desvío de aguas que escurren y que podrían infiltrarse en la captación contaminando el agua captada, debido a que el canal existente solo protege un costado de la captación, mientras el otro queda expuesto.

9.6 Naciente 3. Los Ángeles

9.6.1 Información general

La naciente 3 de la ASADA Los Ángeles se localiza en el distrito de Los Ángeles, en el cantón de San Ramón, específicamente en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 485 579 este y 236 991 norte. Se encuentra en la hoja cartográfica Naranjo del IGN, en escala 1:50 000 y tiene una elevación aproximada de 1130 msnm.

La naciente 3 de la ASADA Los Ángeles fue aforada el 19 de febrero del 2015 por personal de Hidrogeotecnia Ltda. El caudal medido fue de 2,7 l/s. El aforo se realizó cerrando todas las válvulas de salida y se midió el caudal de rebalse mediante el método volumétrico.

Cuando se realizó el aforo en la captación se pudo identificar la presencia de una fuga que escurría debajo de la captación. Se estima que su magnitud es de alrededor de una décima parte del caudal aforado.

Otro aforo registrado fue realizado por personal del AyA y es de 5,12 l/s, pero se desconoce la fecha de realización. Por lo que se puede concluir que el caudal mínimo aforado en la naciente es de 2,7 l/s.

Esta naciente forma parte un sistema que va desde la captación, por medio de una tubería principal de PVC de un diámetro de 100 mm hasta el tanque de almacenamiento, para posteriormente distribuir el recurso a los usuarios.

9.6.2 Inspección estructural

La naciente cuenta con una caja de captación de concreto que se encuentra en buenas condiciones. La estructura cuenta con pintura en la parte externa. Las paredes y la losa superior carecen de grietas superficiales que puedan poner en riesgo la estructura.

La protección perimetral de la naciente consiste en un alambre de púas, el cual solamente es capaz de restringir el paso de animales y se encuentra dañado.

9.6.3 Inspección sanitaria

La captación de la naciente cuenta con tres tapas de inspección de concreto construidas de forma adecuada para evitar la infiltración de agua o contaminantes, como se observa en la figura siguiente. La tapa posee un sistema seguro de cierre mediante un candado.



Figura 86. Tapas de inspección de la naciente 3, Ángeles sur.

La carencia de grietas en la estructura evita el acceso de contaminantes. Además, la losa superior cuenta con una pendiente adecuada para que escurra el agua. Sin embargo, en la base de la captación hay presencia de fugas considerables.

La captación de la naciente no cuenta con un sistema que permita desviar el agua de escorrentía superficial proveniente de las partes altas de la montaña y que pueda llegar a contaminar el agua captada.

Dentro de la captación se logró observar raíces y plantas que podrían contaminar el agua captada y causar eventualmente alguna obstrucción. No obstante, la tubería de rebalse sí posee un sistema de seguridad mediante filtro para evitar el ingreso de contaminantes. Otras posibles fuentes de contaminación en las cercanías de la captación son la presencia de ganado en las fincas cercanas y los terrenos cercanos que han sido deforestados debido a la construcción de la nueva carretera a San Carlos.



Figura 87. Fuentes de contaminación cerca de la naciente.

En la captación no se realiza ningún tipo de desinfección, la cloración se realiza en el tanque de almacenamiento mediante un clorador de pastillas. Además, la ASADA realiza una limpieza general cada mes y un mantenimiento continuo.

9.6.4 Recomendaciones

Se deberá identificar exactamente los puntos donde se origina la fuga para sellarlos y que no exista desperdicio del agua captada. De ser necesario, se podría realizar un reacondicionamiento de la base de la captación para mejorar su desempeño.

La protección perimetral hecha de alambre púas se encontraba en malas condiciones, por lo que se deberá reparar. Además, se deberá movilizar por completo el ganado que se encuentre cerca de la captación con el fin de evitar riesgos de contaminación. Debe realizarse una inspección del cerramiento al menos cada 4 meses para verificar la imposibilidad del ingreso de ganado o de terceras personas a la zona de protección. Además se deben colocar candados en todos los ingresos para evitar que deliberadamente se permita el ingreso del ganado para pastoreo.

Se deberá identificar los puntos de la estructura de captación por donde penetran actualmente algunas raíces y sellarlos para evitar ese problema. Se recomienda el uso de zacate para cubrir el suelo o la presencia de vegetación cuyas raíces no generen estos problemas (Meuli & Wehrle, 2001). Personeros de la ASADA deberán mantener la captación libre de vegetación.

Se deberá implementar un sistema que permita desviar las aguas que escurren hacia la captación para evitar una posible infiltración y contaminación del agua captada. Por ejemplo se puede pensar en el uso de barreras o canales.

9.7 Naciente 1. Volio

9.7.1 Información general

La naciente 1 de la ASADA Volio se localiza en el distrito de Volio, en el cantón de San Ramón, específicamente en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 488 471 este y 237 567 norte. Se encuentra en la hoja cartográfica Naranjo del IGN, en escala 1:50 000 y tiene una elevación aproximada de 1210 msnm.



Figura 88. Captación de la naciente 1, Volio

La naciente 1 de la ASADA Volio fue aforada el 17 de febrero del 2015 por personal de Hidrogeotecnia Ltda. El caudal medido fue de 2,77 l/s. El aforo se realizó mediante el método volumétrico midiendo el flujo que pasa por la tubería de limpieza una vez que se bajó el nivel del agua.

Otro aforo registrado fue realizado por personal del AyA y es de 3,93 l/s, pero se desconoce la fecha de realización. Por lo que se puede concluir que el caudal mínimo aforado en la naciente es de 2,77 l/s.

Esta naciente forma parte de un sistema en conjunto con las nacientes 2 y 3 de la ASADA Volio, que consiste en la conducción de manera independiente desde las nacientes hasta el tanque de almacenamiento. En este caso, la tubería de salida es de hierro dúctil con un diámetro de 100 mm. Una vez que el agua haya llegado al tanque se distribuye a los usuarios.

9.7.2 Inspección estructural

La naciente cuenta con una caja de captación de concreto que se encuentra en buenas condiciones. La estructura de la captación se encuentra con pintura en su parte externa. Tanto las paredes y losa superior carecen de grietas superficiales que puedan poner en riesgo la estructura. Cerca de la losa se encuentran rocas que han sido revestidas de concreto, las cuales sí poseen pequeñas grietas que no significan ningún riesgo estructural.

9.7.3 Inspección sanitaria

La captación de la naciente posee una tapa de inspección de concreto construida de forma adecuada para evitar la infiltración de agua o contaminantes. La tapa tiene un sistema seguro de cierre mediante un candado.



Figura 89. Tapa de inspección, naciente 1 Volio

La carencia de grietas en la estructura evita el acceso de contaminantes. En la parte superior de la captación se dispuso de una capa pequeña de mortero para impermeabilizar el suelo retenido. Esta capa permite filtraciones directas a la captación por lo que deberá repararse.

La losa no presenta pendiente, lo que tiene es un canal para que el agua escurra; sin embargo este canal solo se encuentra en un lado de la losa, por lo que el otro lado podría presentar problemas de estancamiento del agua.



Figura 90. Losa de la captación, naciente 1 Volio

La captación cuenta con un sistema para desviar las aguas de escorrentía fabricado en tierra en las laderas adyacentes.

La protección perimetral de la naciente consiste en un alambre de púas, el cual solamente es capaz de restringir el paso de animales y se encuentra dañado.

Dentro de la captación no se observaron raíces o plantas que pudieran contaminar el agua captada. Sin embargo, sí existe la presencia de árboles cercanos a la naciente cuyas raíces podrían llegar a generar grietas en la estructura u obstruir las tuberías.

Las tuberías poseen válvulas de cierre, lo que permitiría una adecuada limpieza de la captación, sin embargo la tubería principal no se puede cerrar. Además la tubería de rebalse posee un sistema de protección contra el ingreso de contaminantes.

No se encontró ninguna fuente de contaminación a menos de 20 m alrededor de la captación, esto debido a que se ha protegido el área cercana a la naciente. Sin embargo en las partes más altas existe la presencia de ganado.

9.7.4 Recomendaciones

Se deberá dotar a losa superior de la captación una pendiente de al menos 5% para evitar el riesgo de que el agua se pueda empozar e infiltrarse, lo que podría contaminar el agua captada. Además, acondicionar la estructura de la captación de un sistema de drenaje para evitar el empozamiento, por ejemplo el uso de canales.

Se deberá cambiar la válvula de la tubería principal debido a que se encuentra dañada, lo que impide una operación eficiente de la captación.

Se considera importante mejorar el recubrimiento superior del material para evitar filtraciones no deseadas.

La protección perimetral hecha de alambre de púas se encontraba en malas condiciones, por lo que se deberá reparar. Además, se deberá movilizar por completo el ganado que se encuentre cerca de la captación con el fin de evitar riesgos de contaminación. Debe realizarse una inspección del cerramiento al menos cada 4 meses para verificar la imposibilidad del ingreso de ganado o de terceras personas a la zona de protección. Además se deben colocar candados en todos los ingresos para evitar que deliberadamente se permita el ingreso del ganado para pastoreo.

Se deberá identificar los puntos de la estructura de captación por donde penetran actualmente algunas raíces y sellarlos para evitar ese problema. Se recomienda el uso de

zacate para cubrir el suelo o la presencia de vegetación cuyas raíces no generen estos problemas (Meuli & Wehrle, 2001).

9.8 Naciente 2. Volio

9.8.1 Información general

La naciente 2 de la ASADA Volio se localiza en el distrito de Volio, en el cantón de San Ramón, específicamente en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 488 586 este y 237 967 norte. Se encuentra en la hoja cartográfica Naranjo del IGN, en escala 1:50 000 y tiene una elevación aproximada de 1219 msnm.



Figura 91.Captación de la naciente 2, Volio

La naciente 2 de la ASADA Volio fue aforada el 17 de febrero del 2015 por personal de Hidrogeotecnia Ltda. El caudal medido fue de 1,52 l/s. El aforo se realizó en la entrada del tanque de almacenamiento mediante el método volumétrico con un total de 5 mediciones.

Otro aforo registrado fue realizado por personal del AyA y es de 1,8 l/s, pero se desconoce la fecha de realización. Por lo que se puede concluir que el caudal mínimo aforado en la naciente es de 1,52 l/s.

Esta naciente forma parte de un sistema en conjunto con las nacientes 1 y 3 de la ASADA Volio, que consiste en la conducción de manera independiente desde las nacientes hasta el tanque de almacenamiento, para posteriormente ser distribuida a los usuarios.



Figura 92. Aforo nacientes 2 y 3, Volio

9.8.2 Inspección estructural

La naciente cuenta con una caja de captación de concreto que se encuentra en buenas condiciones. La estructura de captación se encuentra pintada y carece de grietas superficiales que puedan poner en riesgo la estructura.

9.8.3 Inspección sanitaria

La captación de la naciente posee una tapa de inspección de concreto construida a cierto nivel de manera que se evita el riesgo de infiltración si se llegara a empozar el agua. La tapa tiene un sistema seguro de cierre mediante un candado.

La protección perimetral de la naciente consiste en un alambre de púas, el cual solamente es capaz de restringir el paso de animales y se encuentra dañado.

Como se observa en la Figura 91, la captación no cuenta con una losa superior de concreto, sino que se trata únicamente de la caja de inspección y las rocas adyacentes revestidas en concreto. Sin embargo, se logró identificar una posible fuente de contaminación del agua de la naciente debido a la presencia de una hendidura entre una roca y la caja de inspección, como se puede ver en la figura siguiente.



Figura 93. Problema en la captación de la naciente 2, Volio

La captación no cuenta con ningún sistema para desviar las aguas de escorrentía provenientes de las partes más altas.

Dentro de la captación no se observaron raíces o plantas que pudieran contaminar el agua captada, solamente la posible vía de contaminación comentada anteriormente. Sin embargo, sí existe la presencia de árboles cercanos a la naciente cuyas raíces podrían llegar a generar grietas en la estructura u obstruir las tuberías.

La captación no cuenta con tubería de rebalse. La tubería principal cuenta con válvula de salida, lo que permite realizar la limpieza sin afectar a los usuarios.

No se encontró ninguna fuente de contaminación a menos de 20 m alrededor de la captación, esto debido a que se ha protegido el área cercana a la naciente. Sin embargo en las partes más altas existe la presencia de ganado.

9.8.4 Recomendaciones

La protección perimetral hecha de alambre púas se encontraba en malas condiciones, por lo que se deberá las partes en mal estado. Además, se deberá movilizar por completo el ganado que se encuentre cerca de la captación con el fin de evitar riesgos de contaminación. Debe realizarse una inspección del cerramiento al menos cada 4 meses para verificar la imposibilidad del ingreso de ganado o de terceras personas a la zona de protección. Además se debe colocar candados en todos los ingresos para evitar que deliberadamente se permita el acceso del ganado para pastoreo.

Se deberá cerrar la grieta existente que podría funcionar como vía para que entren contaminantes al agua captada.

Se deberá implementar un sistema que permita desviar las aguas que escurren hacia la captación para evitar una posible infiltración y contaminación del agua captada. Por ejemplo se puede pensar en el uso de barreras o canales.

9.9 Naciente 3. Volio

9.9.1 Información general

La naciente 3 de la ASADA Volio se localiza en el distrito de Volio, en el cantón de San Ramón, específicamente en las coordenadas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 488 708 este y 238 402 norte. Se encuentra en la hoja cartográfica Naranjo del IGN, en escala 1:50 000 y tiene una elevación aproximada de 1236 msnm.



Figura 94. Captación de la naciente 3, Volio

La naciente 3 de la ASADA Volio fue aforada el 17 de febrero del 2015 por personal de Hidrogeotecnia Ltda. El caudal medido fue de 2,24 l/s. El aforo se realizó en la entrada del tanque de almacenamiento mediante el método volumétrico con un total de 5 mediciones.

Otro aforo registrado fue realizado por personal del AyA y es de 3,47 l/s, pero se desconoce la fecha de realización. Por lo que se puede concluir que el caudal mínimo aforado en la naciente es de 2,24 l/s.

Esta naciente forma parte de un sistema en conjunto con las nacientes 2 y 3 de la ASADA Volio, que consiste en la conducción de manera independiente desde las nacientes hasta el tanque de almacenamiento. En este caso, la tubería de salida es de PVC de un diámetro de 100 mm. Una vez que el agua haya llegado al tanque se distribuye a los

usuarios. Esta captación posee además un rebalse de PVC de 75 mm y una tubería de purga de PVC de 75 mm.

9.9.2 Inspección estructural

La estructura de captación se encuentra pintada en toda su parte externa. No existen grietas que puedan significar fallas estructurales, solamente se encontró grietas en el contacto con las rocas adyacentes que están revestidas en concreto, como se observa en la siguiente figura:



Figura 95. Grieta en rocas revestidas en concreto

9.9.3 Inspección sanitaria

La captación de la naciente posee una tapa de inspección de concreto construida a cierto nivel de manera que evita el riesgo de infiltración si se llegara a empozar el agua. La tapa tiene un sistema seguro de cierre mediante un candado, sin embargo presenta un problema en una bisagra.



Figura 96. Tapa de inspección de la naciente 3, Volio

La captación presenta una losa de concreto con una pendiente adecuada para que escurra el agua. Sin embargo no cuenta con ningún sistema para desviar las aguas de escorrentía provenientes de las partes más altas.

La protección perimetral de la naciente consiste en un alambre de púas, el cual solamente es capaz de restringir el paso de animales y se encuentra dañado.

Dentro de la captación no se logró observar raíces y plantas que podrían contaminar el agua captada. Sin embargo, sí existe la presencia de árboles cercanos a la naciente cuyas raíces podrían llegar a generar grietas en la estructura u obstruir las tuberías.

Las tuberías de rebalse y limpieza cuentan con un tapón para evitar la entrada de contaminantes a la captación.

Cerca de la captación se encuentra un río que podría presentar problemas en caso de que alguna creciente produzca que su nivel llegue a la naciente, es por esta razón que la ASADA construyó una especie de dique mediante rocas y plantas, como se puede apreciar en la siguiente figura. Sin embargo esto no garantiza que el nivel del río no pueda llegar a contaminar la naciente.



Figura 97. Ubicación de la naciente con respecto al río

9.9.4 Recomendaciones

La protección perimetral hecha de alambre púas se encontraba en malas condiciones, por lo que se debe reparar. Además, se deberá movilizar por completo el ganado que se encuentre cerca de la captación con el fin de evitar riesgos de contaminación. Debe realizarse una inspección del cerramiento al menos cada 4 meses para verificar la imposibilidad del ingreso de ganado o de terceras personas a la zona de protección. Además se debe colocar candados en todos los ingresos para evitar que deliberadamente se permita el acceso del ganado para pastoreo.

Como la captación se encuentra cerca del cauce del río, se podría generar problemas de contaminación del agua captada debido a infiltraciones del agua del río producto de una crecida. Por lo tanto se recomienda la construcción de un dique que proteja la naciente, el cual podría ser de rocas de diámetro adecuado de las zonas cercanas.

Adicionalmente se deberá monitorear la calidad del agua de esta naciente con regularidad para identificar cualquier contaminación importante por parte del río.

Se deberá implementar un sistema que permita desviar las aguas que escurren hacia la captación para evitar una posible infiltración y contaminación del agua captada. Por ejemplo se puede pensar en el uso de barreras o canales.

9.10 Naciente 4. Volio

9.10.1 Información general

La naciente 4 de la ASADA Volio se localiza en el distrito de Volio, en el cantón de San Ramón. Específicamente en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte

486 431 este y 236 912 norte. Se encuentra en la hoja cartográfica Naranjo del IGN, en escala 1:50 000 y tiene una elevación aproximada de 1151 msnm.



Figura 98. Captación de la naciente 4, Volio

La naciente 4 de la ASADA Volio fue aforada el 19 de febrero del 2015 por personal de Hidrogeotecnia Ltda. El caudal medido fue de 1,94 l/s. El aforo se realizó cerrando todas las válvulas de salida y se midió el caudal de rebalse mediante el método volumétrico con un balde de 2,5 galones y un total de 5 mediciones.

Otro aforo registrado fue realizado por personal del AyA y es de 2,86 l/s, pero se desconoce la fecha de realización. Se puede concluir que el caudal mínimo aforado en la naciente es de 1,94 l/s.

La captación posee una tubería principal de PVC de un diámetro de 63,5 mm y el agua se distribuye directamente a los usuarios.

9.10.2 Inspección estructural

La naciente cuenta con una caja de captación de concreto que se encuentra en buenas condiciones. Toda la parte externa de la estructura se encuentra pintada. Tanto las paredes y losa superior carecen de grietas superficiales que puedan poner en riesgo la estructura.

9.10.3 Inspección sanitaria

La protección perimetral de la naciente consiste en un alambre de púas, el cual solamente es capaz de restringir el paso de animales.

La captación de la naciente cuenta con una tapa de inspección de concreto construida de forma adecuada para evitar la infiltración de agua o contaminantes, como se observa en la figura siguiente. La tapa posee un sistema seguro de cierre mediante un candando.



Figura 99. Tapa de inspección y método de cloración

La carencia de grietas en la estructura evita el acceso de contaminantes. La losa superior cuenta con una pendiente adecuada para evitar la acumulación del agua. Además, posee un muro de 85 cm de altura que evita la contaminación que podría provocar una eventual crecida del río que se ubica cerca de la naciente.

La captación cuenta con pequeños canales que permiten desviar el agua de escorrentía superficial proveniente de las partes altas de la montaña y que pudiera llegar a contaminar el agua captada.

Cerca de la captación no se logró observar raíces o plantas que podrían contaminar el agua captada. Sin embargo, sí existe la presencia de árboles cercanos a la naciente cuyas raíces podrían llegar a generar grietas en la estructura u obstruir las tuberías. Además, la tubería de rebalse posee una especie de filtro que evita el ingreso de contaminantes.

En las cercanías de la captación hay presencia de sembradíos de café, además de la existencia de ganado, lo que podría generar algún tipo de contaminación.

En la captación se realiza la cloración mediante un clorador de pastillas, tal y como se muestra en la Figura 99. Según el personal de la ASADA, se realiza una limpieza superficial constante y una limpieza completa de toda la captación cada 3 meses.

9.10.4 Recomendaciones

Se debe garantizar que en un radio de 20 m alrededor de la naciente no exista la presencia de fuentes de contaminación, como pueden ser los animales. Esto debido a que el día de la visita se pudo observar la presencia de ganado en las cercanías de la captación. Debe realizarse una inspección del cerramiento al menos cada 4 meses para verificar la imposibilidad del ingreso de ganado o de terceras a la zona de protección. Además se debe colocar candados en todos los ingresos para evitar que deliberadamente se permita el ingreso del ganado para pastoreo.

Si bien es cierto existen drenajes en la losa superior de la captación, estos podrían no ser capaces de evacuar el agua en alguna tormenta, por lo que se recomienda la elaboración de un sistema que permita desviar las aguas que escurren hacia la captación. Este sistema podría realizarse mediante barreras o canales.

ETAPA III

10 Oferta y Demanda

10.1 Metodología para Análisis de Oferta – Demanda

Debido a la falta de información actual, las variaciones demográficas, cambios en los patrones de demanda, operación y mantenimiento en las redes de distribución, se hace preciso plantear un modelo que permita estimar las demandas actuales y futuras de los diferentes sistemas.

En alguno de los casos los registros disponibles no son suficientes para determinar las variables básicas, por lo tanto es necesario asumir condiciones y valores típicos para cada sistema.

Una representación gráfica del modelo a seguir se muestra en la siguiente figura.

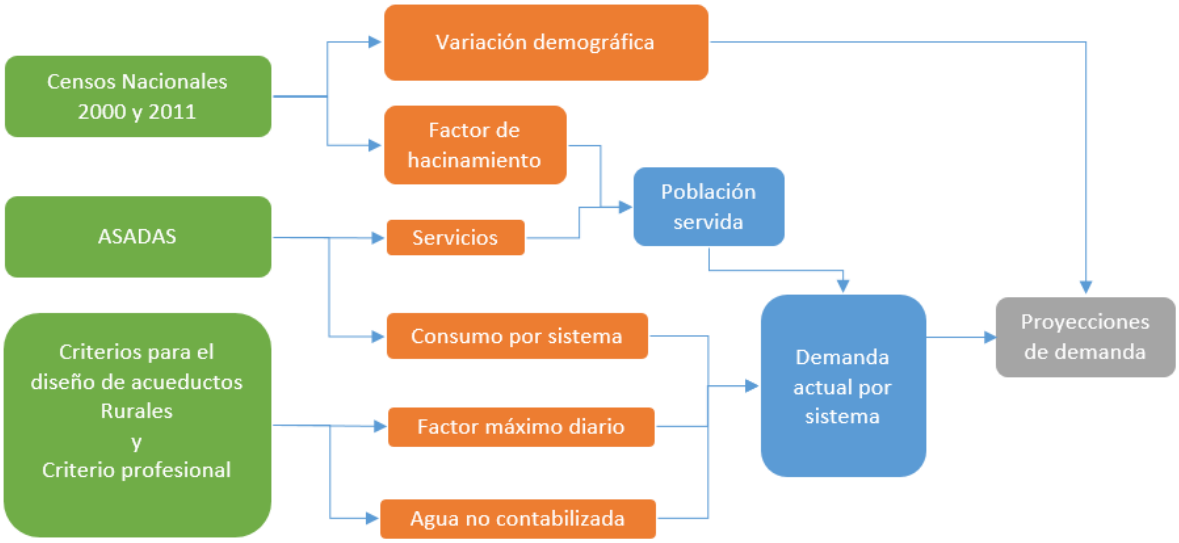


Figura 100. Modelo para la determinación de la demanda actual y proyectada.

Los detalles de los procesos a seguir son aclarados en los siguientes apartados.

10.1.1 Variación demográfica

La población y su estimación futura son esenciales para la determinación de la cantidad de agua potable que se demandará de las fuentes de producción.

Los censos servirán como información para realizar las proyecciones de las poblaciones servidas. Se tomarán los censos del 1963 hasta el 2011 realizados por el Instituto Nacional de Censos y Estadísticas (INEC).

Las proyecciones serán hechas mediante métodos tendenciales de extrapolación simple debido a que las variaciones de las poblaciones estudiadas solamente presentan un comportamiento ascendente.

Es importante mencionar que estas metodologías extrapolan una tendencia que se viene desarrollando y no predice certeramente cambios demográficos que no correspondan al comportamiento histórico típico.

10.1.1.1 Métodos de extrapolación simple

Es el método más sencillo y necesita solamente dos datos poblacionales para ser aplicado. De esta manera existen diferentes proyecciones dependiendo del par de datos escogidos para la estimación. Por lo general se trabajan extrapolaciones que siguen una tendencia lineal y exponencial.

10.1.1.2 Proyección lineal simple

Este método asume que la población crecerá en un mismo intervalo la misma cantidad de población, lo que significa que la pendiente de crecimiento es la misma. La pendiente de crecimiento se calcula así:

$$\Delta = (P_2 - P_1)/(A_2 - A_1)$$

Donde

P_2=Población de lanzamiento (habitantes)

P_1=Población base (habitantes)

A_2=Año de lanzamiento

A_1= Año base

Finalmente la proyección se puede expresar de la siguiente manera:

$$P_p = P_2 + (A_p - A_2)\Delta$$

Donde

P_p = Población proyectada (habitantes)

A_p = Año de proyección

10.1.1.3 Proyección geométrica simple

Este método asume que la población crecerá la misma razón porcentual en un intervalo de tiempo dado. El cambio geométrico promedio anual durante un intervalo se describe a continuación:

$$r = \left[(P_2/P_1)^{(1/(A_2-A_1)}\right] - 1$$

La proyección se calcula como:

$$P_p = P_2(1+r)^{A_p-A_2}$$

Las proyecciones se harán por distrito y se asignarán a los sistemas de las ASADAS según el distrito al que correspondan.

10.1.2 Factor de hacinamiento

Para conocer la cantidad de habitantes que hay por vivienda se utilizó el factor de hacinamiento de cada distrito según el censo del INEC del 2011. Para el distrito de Ángeles el factor es de **3,60** hab/vivienda (ASADA Ángeles Sur y Bajo Zúñiga) y para Volio (ASADA Volio) es de **3,64** hab/vivienda.

Este factor será utilizado para multiplicar la cantidad de servicios domiciliares para tener una población abastecida por sistema.

10.1.3 Población servida

Para determinar la población total que se ve abastecida es necesaria la información correspondiente al número de pajas por cada sistema, la cual es brindada por medio de las mismas ASADAS.

Si se cuenta con la información relacionada al tipo de prevista, la población actual se estimará mediante el criterio de consumo equivalente. Este compara el tipo de prevista con el consumo equivalente a una casa de habitación. Estas equivalencias las determinó el AyA y se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 113. Consumos equivalentes para diferentes tipos de previstas

Tipo de prevista	Consumo equivalente
Escuela (30 alumnos)	2
Parque, Comedor Escolar, Iglesia	1
Negocios (Pulpería, Soda, etc.)	1
Plaza, Bodega, Estac. de Servicio, Recibidor	1
Oficinas (Bancos, MAG, GAR)	1
Salón Comunal	3
Lotes	0,5
Restaurante Pequeño	2
Parcela	1
Cabina	0,5
Hotel	0,5/habitación
Cruz Roja, Puesto de Salud	2
Clínica	3

Fuente: Criterios para el Diseño de Acueductos Rurales (2011).

Con esta información es posible obtener el total de previstas equivalentes. La población servida se obtiene al multiplicar el número de pajas por el factor de hacinamiento del distrito al que corresponda cada ASADA.

10.1.4 Caudal de diseño o demanda

Este caudal máximo diario se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{dis} = \frac{Consumo\ doméstico\ \ x\ Población\ servida\ x\ FMD}{1 - ANC}$$

Donde:
Consumo doméstico = Consumo por persona diario en su domicilio (lpd)
Población servida = Cantidad de habitantes servidos (hab)
ANC = Agua no contabilizada (%)
FMD = Factor máximo diario

Como el fin del estudio es evaluar la capacidad de las fuentes se trabajará con el caudal máximo diario, que es el caudal que la fuente debe ser capaz de suplir. Por otro lado los tanques de almacenamiento se encargarán de amortiguar las variaciones horarias.

La ASADA deberá solventar los problemas relacionados a la existencia o volumen de los tanques de almacenamiento para que los valores aquí calculados sean representativos.

10.1.5 Consumo doméstico

Para la estimación de lo que consume cada persona en su hogar se puede utilizar la siguiente fórmula.

$$Consumo\ doméstico = \frac{Consumo\ total}{Población\ servida}$$

El consumo total que experimenta cada sistema se obtiene de la información brindada propiamente por las ASADAS, según sus registros.

10.1.6 Factor máximo diario

Para el cálculo de la demanda es necesario tomar en cuenta las variaciones en los patrones de consumo.

En la práctica común, el tanque de almacenamiento debe cubrir las variaciones horarias en el consumo y debe ser suplido con al menos el caudal máximo diario.

El caudal máximo diario corresponde a la demanda máxima que se puede presentar en un día. Para el cálculo de estos caudales se utilizan factores multiplicativos que son representativos de los usuarios y el tipo de actividades que realizan.

Para este estudio no se cuenta con información específica por lo que se utilizará un valor común para todos los sistemas. En los criterios de diseño que establece el AyA, se propone un factor de **1,25** respecto al caudal promedio diario.

10.1.7 Agua no contabilizada (ANC)

El agua no contabilizada es la diferencia entre el agua que se produce y el agua que efectivamente se cobra. Puede ser física o comercial, e incluye por ejemplo los rebalses de los tanques, las fugas visibles y no visibles, errores en la micromedición, en el catastro y de facturación.

Las pérdidas del sistema pueden ser calculadas contando con información de macromedición y micromedición con facturación de la siguiente manera:

$$ANC = 1 - \frac{Consumo\ total}{Producción}$$

Sin embargo, para los casos analizados no se dispone de información de macromedición ni de micromedición, debido a esto se asumirán valores supuestos cuyo criterio será la cantidad de pajas por ASADA. Según los criterios de diseño que establece el AyA, al consumo por casa se le debe agregar un 25% extra por los efectos de aguas no contabilizadas (Criterios para el Diseño de Acueductos Rurales, 2011).

En este caso, para los sistemas de presión que cuenten con 100 pajas o menos se usará un 25% de agua no contabilizada. Cuando se tengan más de 100 servicios por sistema de presión se utilizará un 35%, esto debido a que en acueductos de mayor tamaño es más complicado tener un control adecuado del estado del sistema.

10.1.8 Oferta del sistema

La oferta de cada sistema está regida por la cantidad de agua que producen sus fuentes de almacenamiento.

Las fuentes de las ASADAS cuentan con aforos puntuales realizados por el AyA así como nuevos aforos realizados para este trabajo. Es común que estos aforos se realicen en verano ya que pretenden medir el caudal en una época de estrés hídrico.

Con base en estos aforos, se tomará como la oferta de cada fuente, el caudal mínimo registrado.

10.1.9 Comparación oferta contra demanda

Una vez calculada la demanda del sistema tanto en el presente como en el futuro, se comparará con el registro histórico de aforos, usando el caudal más bajo de las fuentes del sistema.

Con base en la diferencia entre la oferta (aforos) y la demanda se determinará si cada ASADA presenta un superávit o un déficit hídrico. Dependiendo del resultado de la comparación, se analizarán nuevas fuentes potenciales. A estas fuentes se les realizarán análisis de calidad del agua y se medirá su caudal para determinar la conveniencia de incorporarlas para cada ASADA.

10.2 ASADA Bajo Zúñiga

La Asociación Administradora del Acueducto de Bajo Zúñiga está compuesta por dos sistemas de presión, los cuales serán analizados por separado de manera que sea más fácil implementar las soluciones a los problemas identificados.

Actualmente, los sistemas de presión están conectados entre sí con el objetivo de que el sistema 2 supla al sistema 1 en ciertos periodos del año. Esto es debido a que el sistema de presión 1 posee problemas en la conducción debido a la presencia de aire. A su vez, el sistema 2 cuenta con una prevista para comprar agua potable a la ASADA de Ángeles Norte, debido a la falta de capacidad de la naciente 2. En la siguiente figura se esquematiza el sistema completo de la ASADA Bajo Zúñiga.

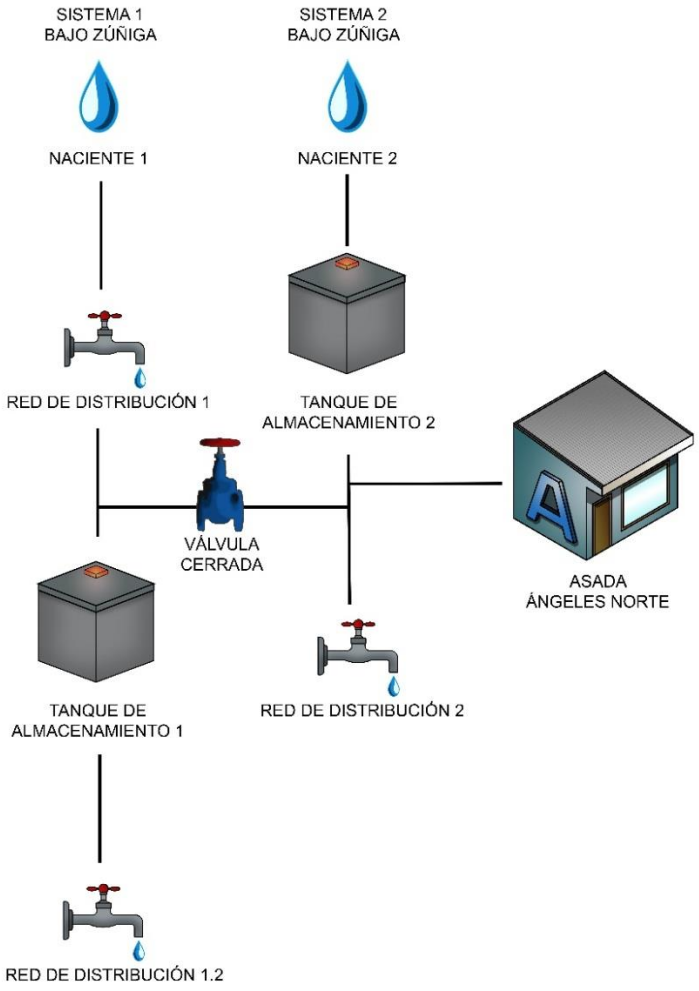


Figura 101. Esquema del sistema completo, ASADA Bajo Zúñiga

10.2.1 Sistema de presión 1. Bajo Zúñiga

El sistema 1 de la ASADA Bajo Zúñiga está compuesto por la captación de la naciente que distribuye el agua de manera directa a unos abonados en la "Red de distribución 1", los excedentes se depositan en el tanque de almacenamiento y luego se distribuye a la "Red de distribución 2", tal y como se esquematiza en la siguiente figura:

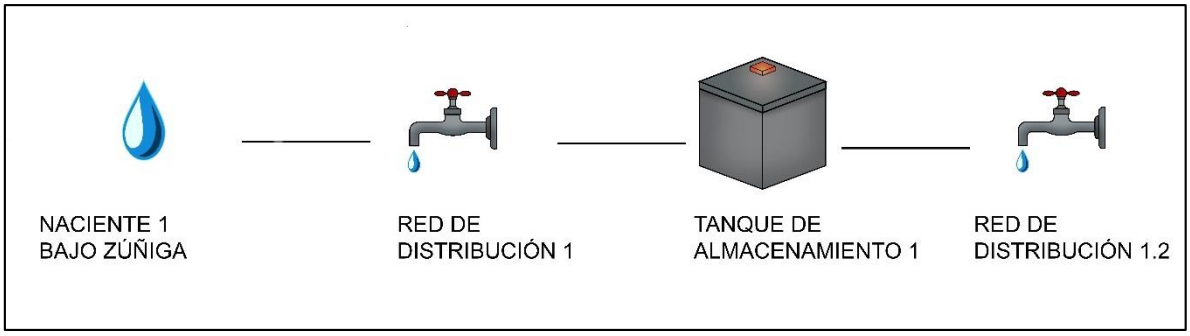


Figura 102. Esquema del sistema de presión 1, ASADA Bajo Zúñiga

10.2.1.1 Variación demográfica

Como el poblado de Bajo Zúñiga se encuentra en el distrito de Ángeles, se utilizó la información relacionada al comportamiento poblacional de este distrito para los análisis de la ASADA.

Se tomó en cuenta el comportamiento creciente de los pasados censos y se eligió una proyección geométrica simple a partir de los censos del 2000 y del 2011. Esta condición asemeja el crecimiento que ocurrió en la década de los años 1990 y se considera como un escenario crítico para la cual la ASADA debe estar preparada. El comportamiento poblacional y el tipo de proyección utilizada se muestran en la siguiente figura:

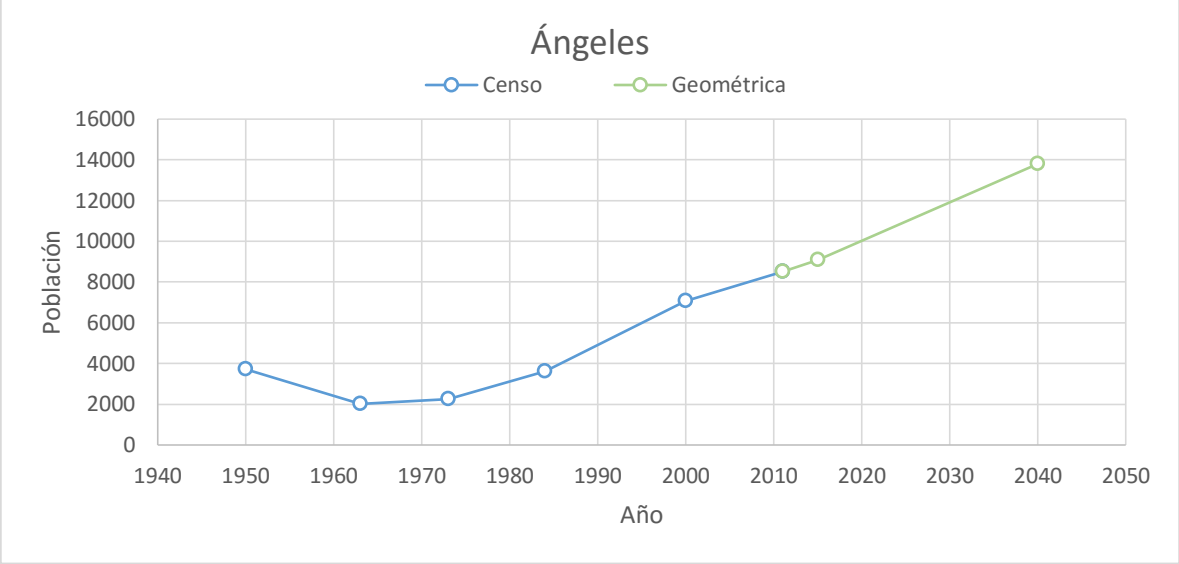


Figura 103. Proyección poblacional del distrito de Ángeles

Como se explicó en la metodología, la ecuación de proyección para el método de extrapolación geométrica simple tiene la siguiente forma:

$$P_P = P_2(1+r)^{A_P - A_2}$$

Para el análisis de la población servida del sistema, se utilizará una tasa de crecimiento de 1,68% calculada de acuerdo a la metodología para el distrito Ángeles según información censal del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).. El año base será el 2015 con una población de 576 habitantes y se proyectará a 25 años, por lo que la proyección para este sistema es la siguiente:

$$P_{2015} = Servicios\ x\ Factor\ Hacinamiento = 160x3{,}6 = 576\ hab$$

$$P_P = 576(1+0{,}0168)^{2040-2015} = 874\ habitantes$$

10.2.1.2 Demanda del sistema

Según la información brindada por los administradores de la ASADA, este sistema tiene un total de 160 pajas. Se intentó conseguir el registro de los consumos mensuales, sin embargo, los encargados solo pudieron facilitarnos el consumo del mes de enero 2015, el cual fue de 2864 m^3.

Aplicando los procedimientos expuestos en la metodología se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a la demanda actual.

$$Q_{dis} = \frac{Consumo\ doméstico\ \ x\ FH\ x\ Servicios\ x\ FMD}{1 - ANC}$$

$$Q_{dis} = \frac{165{,}74 * 3{,}6 * 160 * 1{,}25}{(1 - 0{,}35) * 24 * 60 * 60} = 2{,}12\ l/s$$

Cuadro 114. Demanda actual del sistema 1, ASADA Bajo Zúñiga

Factor hacinamiento	Servicios	Población servida	Consumo (m^3/mes)	Consumo (lpd)	Caudal máximo diario (l/s)
3,6	160	576	2864	165,74	**2,12**

Con respecto a la información obtenida de la variación demográfica del distrito de Ángeles y asumiendo que el comportamiento poblacional de Bajo Zúñiga coincide con este, se obtuvo la siguiente curva de demanda.

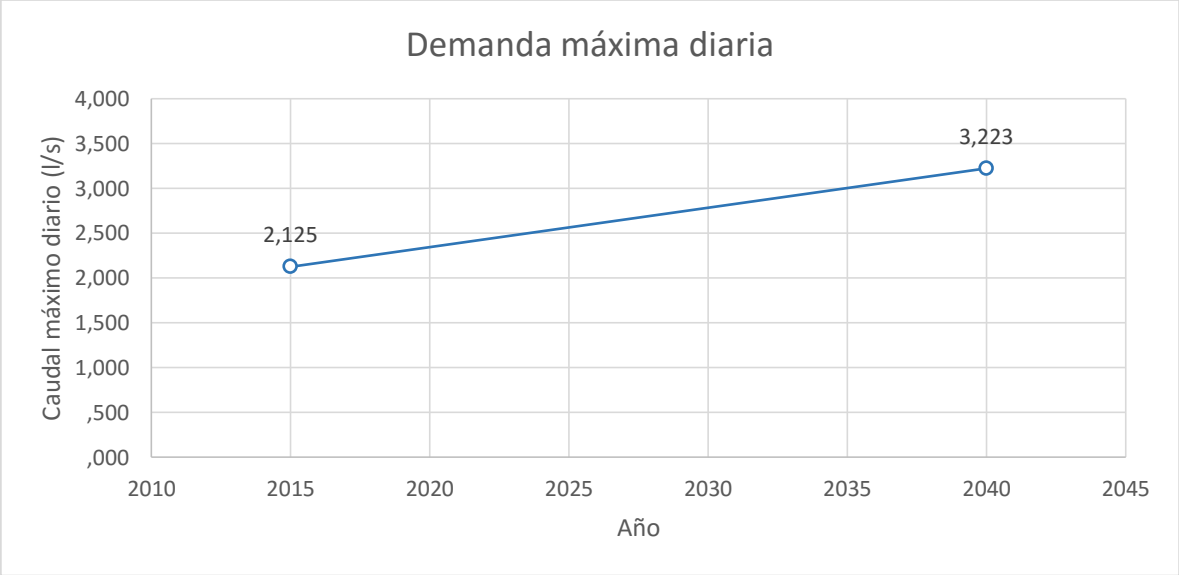


Figura 104. Proyección de la demanda máxima diaria, sistema 1 ASADA Bajo Zúñiga

10.2.1.3 Oferta del sistema

La oferta del sistema está condicionada a la producción de la Naciente 1 puesto que es su única fuente.

La determinación de la capacidad del sistema consiste en conocer el caudal de generación de las nacientes.

Para evaluar una condición de estío, se utilizará el aforo mínimo registrado. El menor aforo registrado de la Naciente 1 corresponde a 5,89 l/s. Este aforo fue realizado por el personal del AyA, la fecha de realización se desconoce.

10.2.1.4 Análisis de oferta y demanda

La demanda del sistema corresponde al caudal máximo diario que es consumido por los usuarios, mientras que la oferta es el caudal que genera la naciente (capacidad del sistema). En la siguiente figura se muestran la oferta y demanda del sistema 1 para la situación actual y proyectada al año 2040.

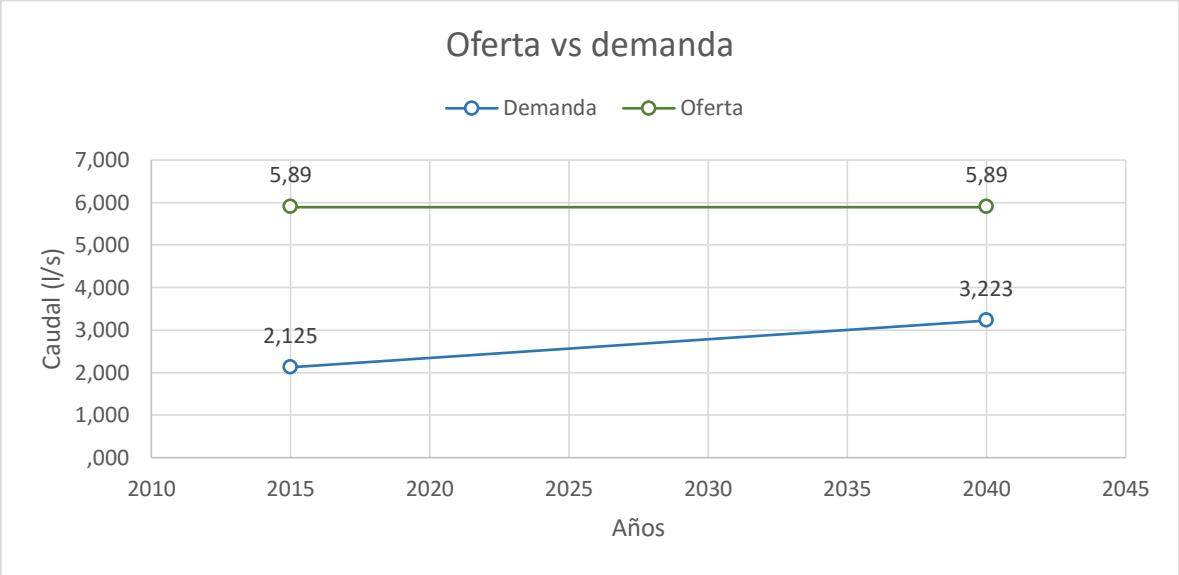


Figura 105. Oferta vs demanda del sistema 1, ASADA Bajo Zúñiga

El sistema tiene la capacidad suficiente para poder abastecer a todos sus abonados si las condiciones de demanda se comportan según las estimaciones para los próximos 25 años.

Bajo estas condiciones se espera un superávit de 2,67 l/s en el 2040.

10.2.2 Sistema de presión 2. Bajo Zúñiga

Este sistema está constituido por una captación en la naciente, una conducción hasta el tanque de almacenamiento y finalmente, la red de distribución.

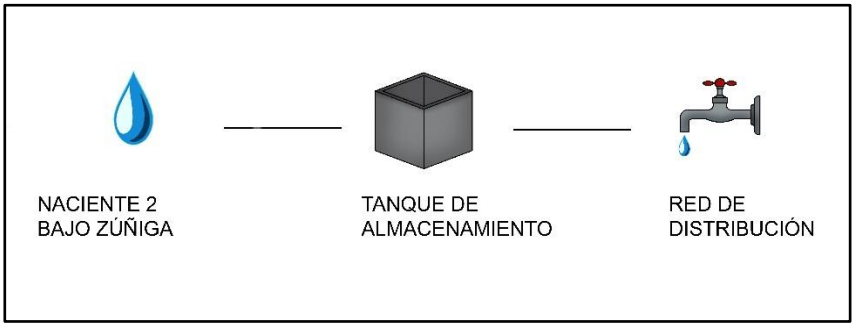


Figura 106. Esquema del sistema de presión 2, ASADA Bajo Zúñiga

10.2.2.1 Variación demográfica

Se asume que la variación a lo largo del tiempo de la población servida presenta el mismo comportamiento que el distrito al cual pertenece, en este caso corresponde al distrito de Ángeles. Por esta razón se usará una tasa de crecimiento poblacional de 1,68% (de acuerdo al distrito) para una proyección geométrica simple; el año base será el 2015 con 38 servicios el cual se proyectará a 25 años. La proyección para este sistema será la siguiente:

$$P_{2015} = Servicios\ x\ Factor\ de\ hacinamiento = 38x3{,}6 = 137\ habitantes$$

$$P_P = 137(1 + 0{,}0168)^{2040-2015} = 207\ habitantes$$

10.2.2.2 Demanda del sistema

Según personal de la ASADA, actualmente se abastece únicamente a 38 pajas, en su totalidad domiciliarias, y únicamente se cuenta con el dato del consumo mensual de enero del 2015 que fue de 818 m^3. Es importante mencionar que 121 m^3 de este consumo fueron comprados a la ASADA de Ángeles Norte.

Para determinar la demanda actual del sistema 2, se aplicó lo expuesto en la metodología y se obtuvo el siguiente cuadro de resultados.

$$Q_{dis} = \frac{Consumo\ doméstico\ \ x\ FH\ x\ Servicios\ x\ FMD}{1 - ANC}$$

$$Q_{dis} = \frac{199{,}32\ \ x\ 3{,}6\ x\ 38\ x\ 1{,}25}{(1 - 0{,}25) * 24 * 60 * 60} = 0{,}53\ l/s$$

Cuadro 115. Demanda actual del sistema 2, ASADA Bajo Zúñiga

Factor hacinamiento	Servicios	Población servida	Consumo (m^3/mes)	Consumo (lpd)	Caudal máximo diario (l/s)
3,6	38	137	818	199,32	**0,53**

Además, con respecto a la información obtenida de la variación demográfica del distrito de Ángeles y asumiendo que el comportamiento poblacional de Bajo Zúñiga coincide con este, se obtuvo la siguiente curva de demanda:

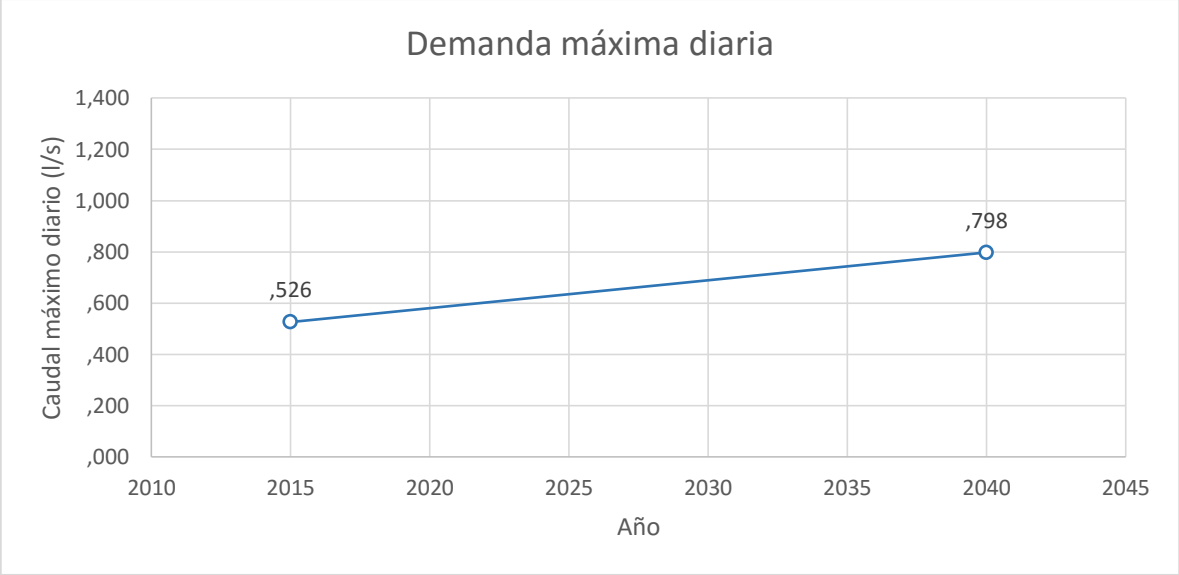


Figura 107. Proyección de la demanda máxima diaria del sistema 2, ASADA Bajo Zúñiga

10.2.2.3 Oferta del sistema

La oferta del sistema está condicionada a la producción de la Naciente 2 puesto que es su única fuente.

La determinación de la capacidad del sistema consiste en conocer el caudal de generación de las nacientes.

Para evaluar una condición de estío se utilizará el aforo mínimo registrado. El menor aforo registrado de la Naciente 2 corresponde a 0,29 l/s. Este aforo fue realizado por Hidrogeotecnia Ltda. el día 19 de febrero del 2015.

10.2.2.4 Análisis de oferta y demanda

En la Figura 108 se observa la gráfica de oferta contra demanda, donde se aprecia claramente que el sistema no suple la demanda.

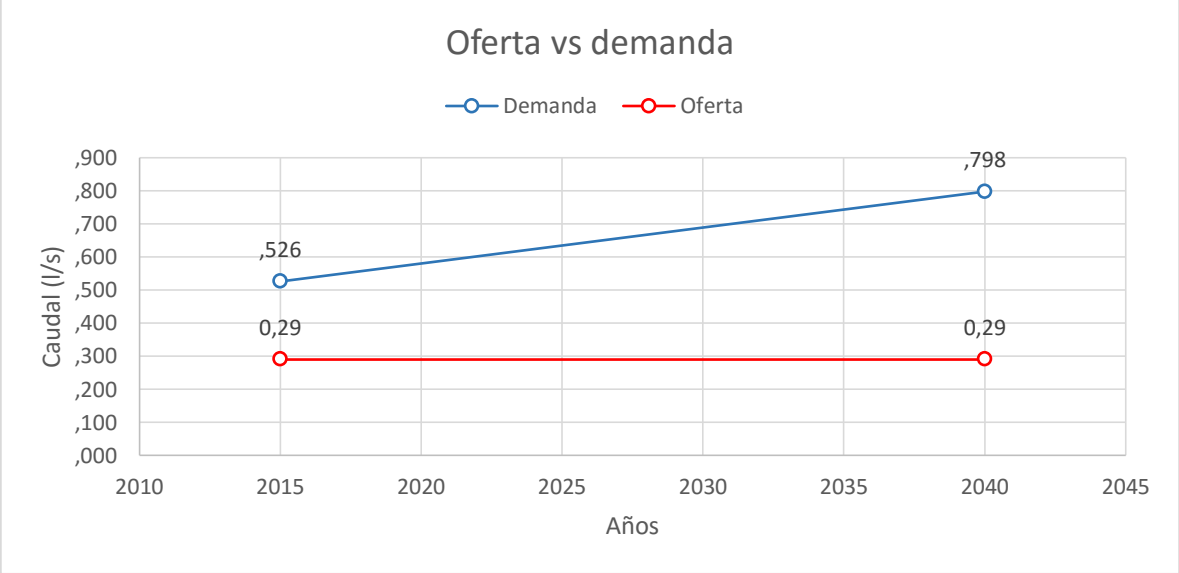


Figura 108. Oferta vs demanda del sistema 2, ASADA Bajo Zúñiga

Según el modelo, la ASADA tiene un déficit actual de 0,24 l/s y en el futuro alcanzará un déficit de 0,51 l/s.

10.2.3 Reconocimiento de nuevas fuentes

Junto al personal de la ASADA de Bajo Zúñiga se visitaron dos nacientes que se describen a continuación:

10.2.3.1 Naciente 3 Nectandra

La naciente 3 Nectandra se encuentra en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 482 939 este y 235 934 norte a una elevación de 1149 msnm. (Ver mapa 34).

La naciente se encuentra en una zona de bosque intervenido. Aguas arriba pasa una carretera a menos de 100 m y para efectos de incluirla al sistema es conveniente su cercanía a la naciente 2 del sistema actual.

Actualmente la Naciente Nectandra se encuentra captada por medio de una pequeña estructura que se muestra a continuación:



Figura 109 Estructura de captación Naciente 3 Nectandra.

De esta estructura, el agua se almacena en un tanque rectangular de uso privado:



Figura 110 Tanque de almacenamiento Naciente 3 Nectandra.

El día 22 de abril de 2015, Hidrogeotecnia realizó un aforo de esta naciente y se obtuvo un caudal de 0,122 l/s. Este es el único aforo registrado. Por su época de muestreo, se considerará como el aforo mínimo para la determinación de la oferta.

Para conocer su estado bacteriológico y físico-químico se tomaron muestras del agua y se llevaron al laboratorio (ver Anexo 12.1). De los resultados de las pruebas se concluye que el agua no presenta coliformes fecales ni Escherichia Coli. La muestra de agua contiene la mayoría de los parámetros adecuados de la calidad del agua según el Reglamento de Aguas Potables N˚ 32327-S para nivel N-3 a excepción de los siguientes parámetros:

Cuadro 116 Parámetros incumplidos Naciente 3 Nectandra.

NACIENTE	PARÁMETRO	UNIDAD	VREG	VMA	VR
3 NECTANDRA	Manganeso	mg/l	2,59	0,5	0,1
	Hierro	mg/l	6,55	0,3	

VREG: valor registrado.
VMA: Valor máximo admisible.
VR: Valor recomendado.

10.2.3.2 Naciente 4

La naciente 4 se encuentra en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 481 038 este y 235 117 norte a una elevación de 1070 msnm. (Ver mapa 35)

Actualmente la naciente 4 se encuentra rodeada por cafetales y cañaverales. Aguas arriba pasa una carretera a menos de 45 m de la naciente. La naciente no se encuentra captada.



Figura 111 Agua proveniente de la Naciente 4.

El día 30 de abril de 2015, Hidrogeotecnia realizó un aforo de esta naciente y se obtuvo un caudal de 0,51 l/s. Este es el único aforo registrado por lo que se utilizará como base.



Figura 112 Aforo de Naciente 4.

Para conocer su estado bacteriológico y físico-químico se tomaron muestras del agua y se llevaron al laboratorio (ver anexo 12.2). De los resultados de las pruebas se concluye que el agua presenta coliformes fecales y Escherichia Coli en concentraciones de 9,1/100 ml. La muestra de agua contiene la mayoría de los parámetros adecuados de la calidad del agua según el Reglamento de Aguas Potables N˚ 32327-S para nivel N-2 a excepción de los siguientes parámetros:

Cuadro 117 Parámetros incumplidos Naciente 4.

NACIENTE	PARÁMETRO	UNIDAD	VREG	VMA	VR
4	Manganeso	mg/l	2,35	0,5	0,1
	Hierro	mg/l	5,72	0,3	

VREG: valor registrado.
VMA: Valor máximo admisible.
VR: Valor recomendado.

10.2.4 Recomendaciones y conclusiones

Las recomendaciones y conclusiones aquí presentadas están orientadas a la cantidad del recurso hídrico disponible y su demanda. Lo indicado en este estudio deberá ser complementado con un estudio integral de cada una de las ASADAS en donde se cuente con topografía detallada y cálculos hidráulicos entre otros. La implementación de estas recomendaciones sin el estudio mencionado podría generar resultados inadecuados.

A nivel general, antes de tomar la decisión final de captar cualquier nueva fuente se recomienda efectuar estudios de calidad del agua que incluyan todos los niveles requeridos por el Ministerio de Salud y su respectivo análisis por plaguicidas.

Las dos fuentes estudiadas presentan niveles altos de manganeso y de hierro. De acuerdo al United States Environmental Protection Agency (EPA), el hierro y el manganeso presentan problemas estéticos y técnicos.
Los problemas estéticos relacionados con estos elementos son:

- Color (color del agua, manchas en ropa, utensilios de cocina, concreto entre otros)
- Sabor

Los problemas técnicos:

- Depositación de material en tanques, válvulas,…
- Incrustaciones en tuberías y otros elementos.

De acuerdo a la EPA (2015), estos elementos no son considerados como una amenaza para la salud humana. Autores como McFarlan y Dozier (2004), Dvorak y Skipton (2014) y Colter y Mahler (2006), indican que la presencia de estos elementos no es perjudicial para la salud.

Las concentraciones mayores a la norma y máximo admisible de hierro y manganeso en las nacientes estudiadas se asocian a las formaciones geológicas de la zona de estudio, las cuales son de origen volcánico.

Los procesos de meteorización y arcillitización donde el hierro y manganeso generan procesos de óxido-reducción originan condiciones de concentración importantes en las

subterráneas, las cuales se reflejan en altos contenidos de dichos iones en los análisis de calidad obtenidos de las distintas nacientes.

Es importante aclarar que las aguas provenientes de nacientes y/ó pozos tendrían concentraciones similares de hierro y manganeso dado que el origen de éstos estaría asociado a las formaciones geológicas de la zona de estudio.

Para acatar las recomendaciones de la reglamentación nacional se recomienda tratar las aguas antes de distribuirlas mediante un método adecuado como intercambio iónico, filtros de oxidación, aeración en combinación con filtración u oxidación química seguida por filtración.

Debido a la presencia de agentes microbiológicos y por reglamentación nacional toda el agua distribuida deberá clorarse.

En el caso de tratar esta agua y utilizarla para consumo humano, se solventaría el problema de agua potable hasta un horizonte de 25 años.

La adición de la naciente 4 al sistema 2 bastaría para suplir las necesidades de la comunidad hasta el 2040. Se recomienda incluir las dos nacientes para tener un margen de seguridad ante futuros cambios en el patrón de consumo y de la población.

La siguiente figura resume diferentes escenarios posibles.

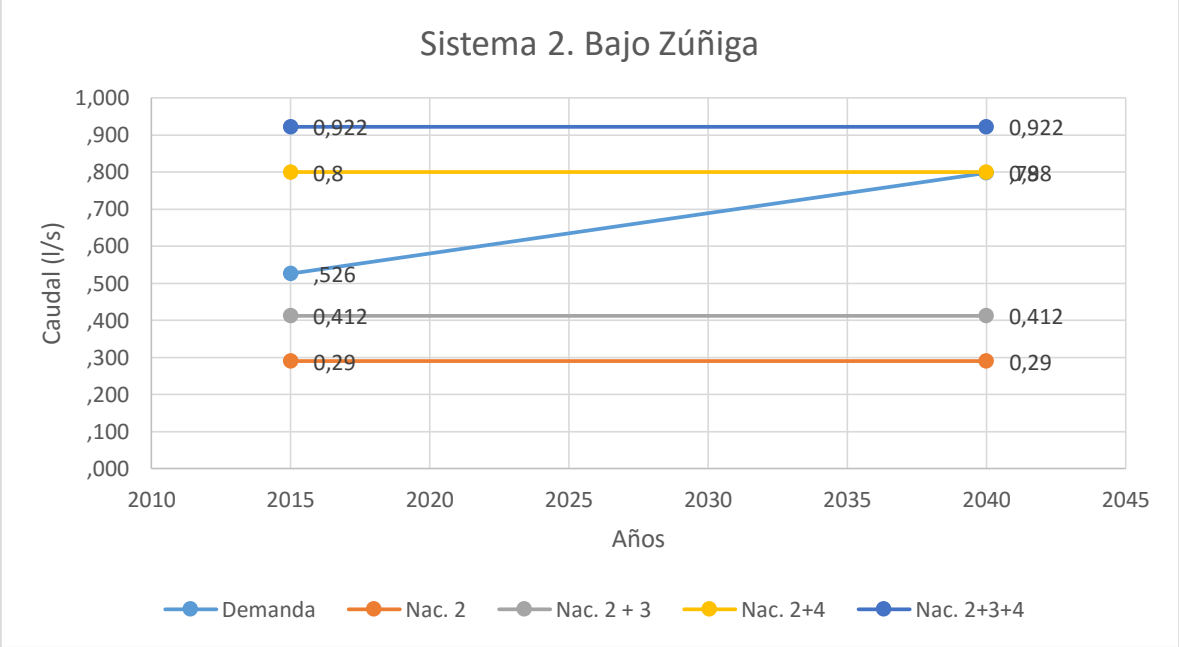


Figura 113 Proyecciones de oferta y demanda con adición de nacientes.

10.2.5 Propuesta de implementación

1. Realizar un estudio técnico del acueducto de acuerdo a las “Normas para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable en Costa Rica”. Algunos de los resultados de este informe serán:
   - Levantamiento topográfico de la infraestructura.
   - Generación de planos del sistema (inexistentes a la fecha).
   - Determinación de la capacidad hidráulica del sistema (revisión de diámetros en línea de conducción y red de distribución, volúmenes de almacenamiento, hidrantes, ubicación estrátegica de nueva infraestructura, entre otros)
   - Planeamiento futuro en cuanto a infraestructura a mejorar o construir.
   - Plan de trabajo para las mejoras propuestas.
   - Presupuesto de las obras necesarias para brindar un servicio de calidad a los usuarios.
2. Añadir la naciente 3 al sistema por su facilidad y bajo costo constructivo.
3. Analizar la naciente 4 y3 bajo todos los niveles de control y plaguicidas según el Ministerio de Salud.
4. Agendar aforos en meses secos de todas las nacientes con su debida documentación.
5. Añadir la naciente 4 una vez desarrollado el estudio técnico.

10.3 ASADA Ángeles Sur

El Acueducto de Ángeles Sur está constituido por dos sistemas de presión que trabajan de manera independiente la mayor parte del año. Sin embargo cuando el sistema 1 no es capaz de satisfacer su demanda se bombea agua del sistema 2 para suplir el déficit.

El sistema de presión 1 consiste en las captaciones de las nacientes 1 y 2, las cuales convergen sus aguas en un tanque de reunión, para luego pasar al tanque de almacenamiento y finalmente ser distribuidas mediante la red. Por otro lado, el sistema de presión 2 consiste en la captación de la naciente 3, luego se conduce el flujo hacia el tanque de almacenamiento para que finalmente sea distribuido a los abonados. En la siguiente figura se observa el esquema de los dos sistemas:

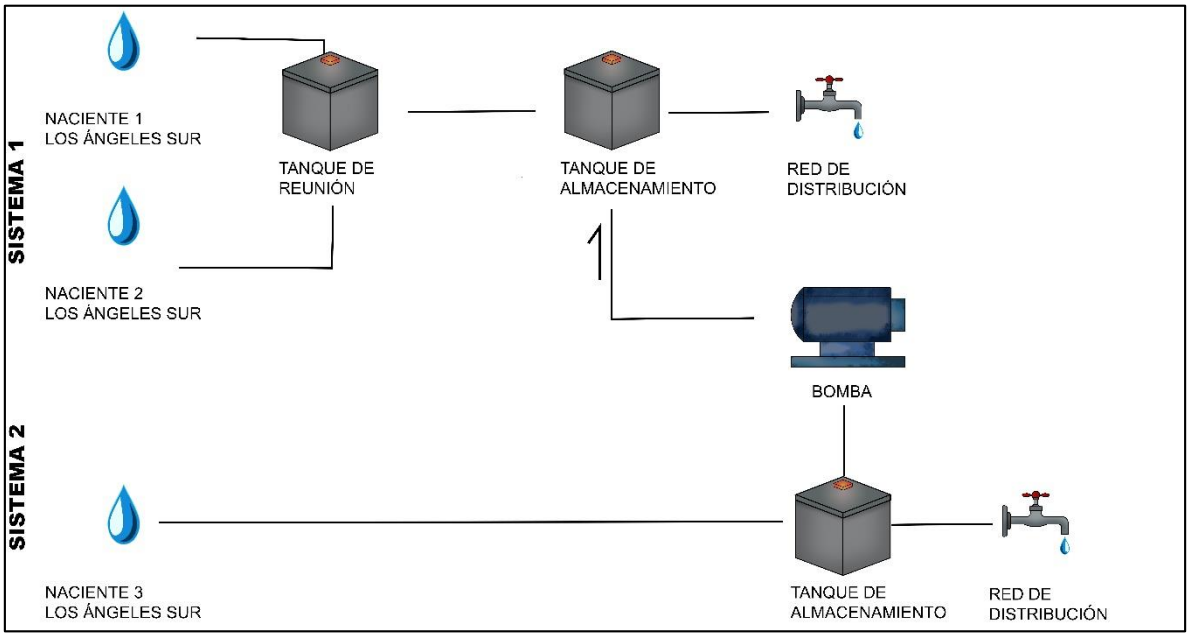


Figura 114. Esquema de los sistemas de presión de la ASADA Ángeles Sur

El análisis de oferta y demanda del recurso hídrico se realizará de manera individual para los dos sistemas de presión con los que cuenta la ASADA. Esto debido a que beneficia la identificación de los problemas que puedan existir, así como su intervención.

10.3.1 Sistema de presión 1. Ángeles Sur

10.3.1.1 Variación demográfica

En este caso, para determinar la población servida sí se tiene información de los tipos de pajas, por lo que se aplicará el criterio de consumos equivalentes explicado en la

metodología. Utilizando las equivalencias del Cuadro 113 la cantidad de servicios del sistema son:

Cuadro 118. Servicios equivalentes del sistema 1, ASADA Ángeles Sur

Tipo	Cantidad	Consumo equivalente	Servicios equivalentes
Vivienda	46	1	46
Comercio	9	1	9
Escuela	1	2	2
		Total	**57**

De la misma que manera que se determinó para los sistemas anteriores, se asume que la variación a lo largo del tiempo de la población servida presenta el mismo comportamiento que la población del distrito al cual pertenece, en este caso corresponde al distrito de Ángeles. Por esta razón se usará una tasa de crecimiento poblacional de 1,68% (según distrito) para una proyección geométrica simple, el año base será el 2015 con una población servida de 205 habitantes y se proyectará a 25 años. La ecuación de proyección de este sistema es la siguiente:

$$P_{2015} = Servicios\ x\ Factor\ de\ hacinamiento = 57x3{,}6 = 205\ habitantes$$

$$P_P = 205(1 + 0{,}0168)^{2040-2015} = 311\ habitantes$$

10.3.1.2 Demanda del sistema

Según los registros de la ASADA, los consumos mensuales del último año se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 119. Registro del consumo por mes del sistema 1, ASADA Ángeles Sur.

Mes	Consumo (m^3/mes)
Febrero 2015	894
Enero 2015	947
Diciembre 2014	951
Noviembre 2014	864
Octubre 2014	930
Setiembre 2014	957
Agosto 2014	978
Julio 2014	1022
Junio 2014	964
Mayo 2014	885
Abril 2014	**1103**
Marzo 2014	951
Febrero 2014	913

Se utilizará para el análisis el valor más alto del registro: 1103 m^3/mes.

A continuación se muestran los resultados con respecto a la demanda actual:

$$Q_{dis} = \frac{Consumo\ doméstico\ \ x\ FH\ x\ Servicios\ x\ FMD}{1 - ANC}$$

$$Q_{dis} = \frac{179{,}2\ x\ 3{,}6x57\ x\ 1{,}25}{(1 - 0{,}25) * 24 * 60 * 60} = 0{,}71\ l/s$$

Cuadro 120. Demanda actual del sistema 1, ASADA Ángeles Sur

Factor hacinamiento	Servicios	Población servida	Consumo (m^3/mes)	Consumo (lpd)	Caudal máximo diario (l/s)
3,6	57	205	1103	179,2	**0,71**

Para realizar la proyección se asume que el poblado servido tiene el mismo comportamiento del distrito al cual pertenece, en este caso coincide con Ángeles. Por lo que la demanda proyectada a un horizonte de 25 años se puede observar en la siguiente figura:

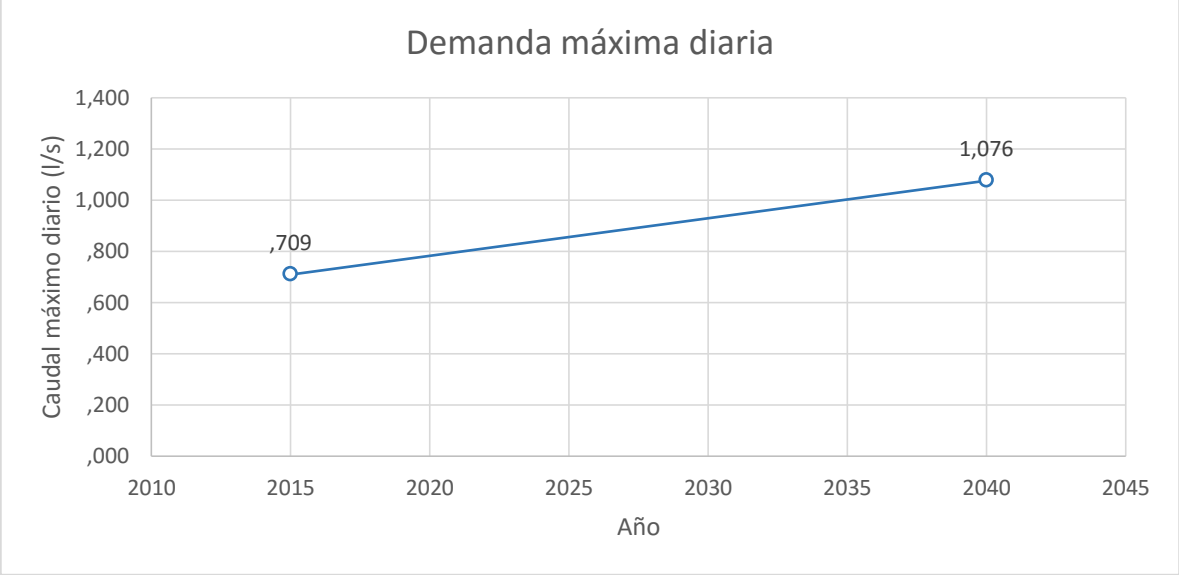


Figura 115. Proyección de la demanda máxima diaria del sistema 1, ASADA Ángeles Sur

10.3.1.3 Oferta del sistema

La oferta del sistema está condicionada a la producción de la Naciente 1 y 2 puesto que son las fuentes que alimentan el sistema.

La determinación de la capacidad del sistema consiste en conocer el caudal de generación de agua de ambas nacientes.

Para evaluar una condición de estío se utilizarán los aforo mínimos registrados. El menor aforo registrado de la Naciente 1 corresponde a 0,34 l/s. Este aforo fue realizado por Hidrogeotecnia Ltda. el día 19 de febrero del 2015. El menor aforo registrado de la Naciente 2 corresponde a 0,23 l/s. Este aforo fue realizado por Hidrogeotecnia Ltda. el día 19 de febrero del 2015.

Sumando las dos fuentes del sistema, se concluye que la oferta del sistema es de 0,56 l/s.

10.3.1.4 Análisis de oferta y demanda

La demanda del sistema corresponde al caudal máximo diario que es consumido por los usuarios, mientras que la oferta es el caudal que genera la naciente (capacidad del sistema). En la siguiente figura se muestran la oferta y demanda del sistema 1 para la situación actual y proyectada al año 2040.

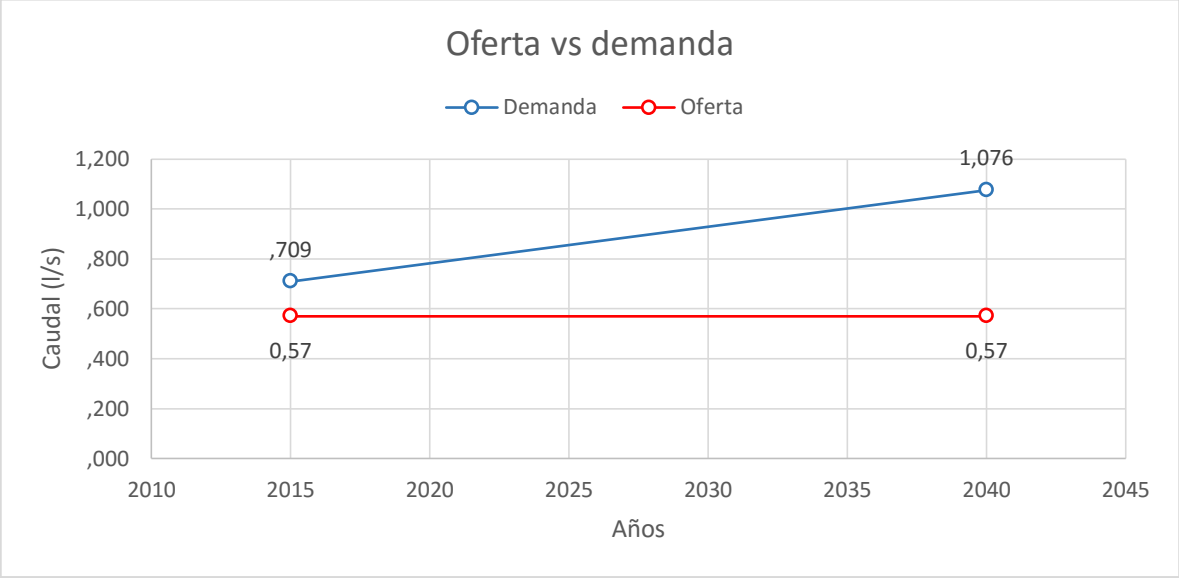


Figura 116. Oferta vs demanda del sistema 1, ASADA Ángeles sur

Como se puede observar, existe un déficit de agua en el sistema. Actualmente el déficit es de 0,14 l/s y en el 2040 se estima que será de 0,51 l/s.

10.3.2 Sistema de presión 2. Ángeles Sur

10.3.2.1 Variación demográfica

Para determinar la población servida se puede aplicar la metodología de consumos equivalentes debido a que se cuenta con la información relacionada con los tipos y la cantidad de servicios, así como con los datos de la micromedición. En este caso, para los comercios se usará un consumo equivalente de 2 debido a que concuerda más con los consumos reales presentes en la micromedición. En el siguiente cuadro se determina el número de servicios equivalentes:

Cuadro 121. Servicios equivalentes del sistema 2, ASADA Ángeles sur

Tipo	Cantidad	Consumo equivalente	Servicios equivalentes
Viviendas	184	1	184
Comercio	6	2	12
		Total	**196**

De la misma que manera que se determinó para los sistemas anteriores, se asume que la variación a lo largo del tiempo de la población servida presenta el mismo comportamiento que la población del distrito al cual pertenece, en este caso corresponde al distrito de Ángeles. Por esta razón se usará una tasa de crecimiento poblacional de 1,68% (según el distrito) para una proyección geométrica simple, el año base será el 2015 con una población servida de 706 habitantes y se proyectará a 25 años. La ecuación de proyección de este sistema es la siguiente:

$$P_{2015} = Factor\ hacinamiento * Servicios = 3{,}6 * 196 = \ 706\ habitantes$$

$$P_P = 706(1 + 0{,}0168)^{2040-2015} = 1070\ habitantes$$

10.3.2.2 Demanda del sistema

Actualmente la ASADA cuenta con un sistema de medición, por lo que la dotación puede ser calculada. Según los registros de la ASADA se tienen los siguientes consumos por servicios para los meses de este año:

Cuadro 122. Registro de mediciones de la ASADA

Mes	Consumo (m^3/mes)	Cantidad de servicios	Consumo (m^3/mes/serv.)
Febrero 2015	3090	189	16,35
Enero 2015	3281	188	17,45
Diciembre 2014	3007	185	16,25
Noviembre 2014	2837	185	15,34
Octubre 2014	2912	185	15,74
Setiembre 2014	3023	183	16,52
Agosto 2014	3035	183	16,58
Julio 2014	3024	183	16,52
Junio 2014	3178	182	17,46
Mayo 2014	3050	181	16,85
Abril 2014	3883	181	**21,45**
Marzo 2014	3265	180	18,14
Febrero 2014	3172	180	17,62

Se utilizará para el análisis el valor más alto del registro, 21,45 m^3/mes/servicio. Actualmente el acueducto cuenta con 190 pajas, por lo tanto el consumo actual será:

$$Consumo\ \left(m^3/_{mes}\right) = 21{,}45\ \left(m^3/_{servicio/_{mes}}\right) * 190\ (servicios) = 4076{,}1\ m^3/_{mes}$$

Aplicando los procedimientos expuestos en la metodología se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a la demanda actual.

$$Q_{dis} = \frac{Consumo\ doméstico\ \ x\ FH\ x\ Servicios\ x\ FMD}{1 - ANC}$$

$$Q_{dis} = \frac{192{,}56\ x\ 3{,}6\ x\ 196\ x\ 1{,}25}{(1 - 0{,}35) * 24 * 60 * 60} = 3{,}02\ l/s$$

Cuadro 123. Demanda actual del sistema 2, ASADA Ángeles sur

Factor hacinamiento	Servicios	Población servida	Consumo (m^3/mes)	Consumo (lpd)	Caudal máximo diario (l/s)
3,6	196	706	4076,1	192,56	**3,02**

Para realizar la proyección se asume que el poblado servido tiene el mismo comportamiento del distrito al cual pertenece, en este caso coincide con Ángeles. Por lo que la demanda proyectada a un horizonte de 25 años se puede observar en la siguiente figura:

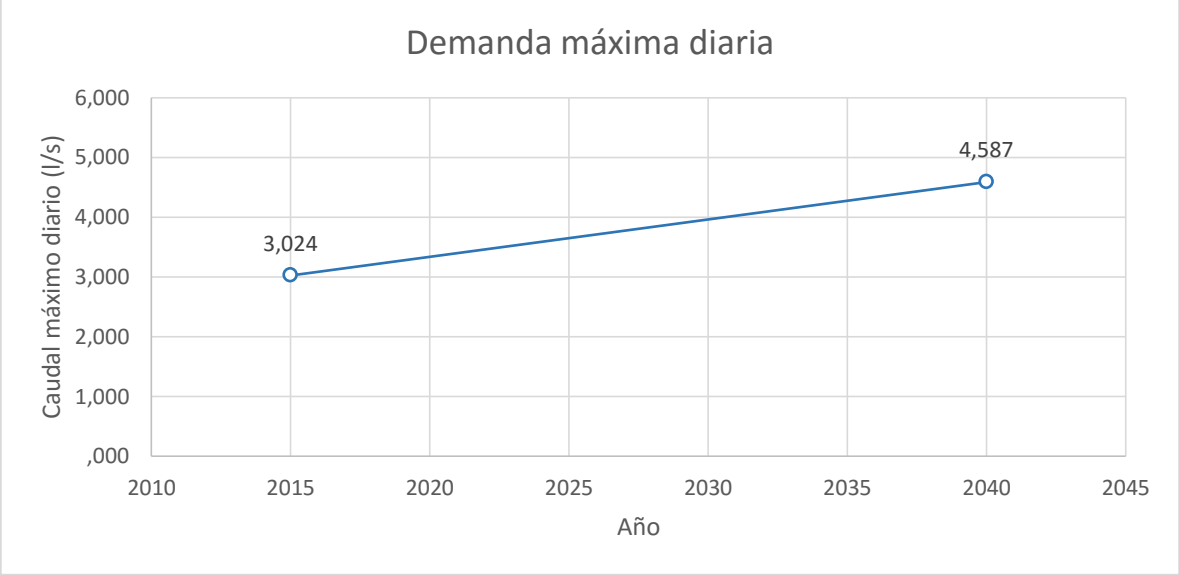


Figura 117. Proyección de la demanda máxima diaria del sistema 2, ASADA Ángeles Sur

10.3.2.3 Oferta del sistema

La oferta del sistema está condicionada a la producción de la Naciente 3 puesto que es su única fuente.

La determinación de la capacidad del sistema consiste en conocer el caudal de generación de las nacientes.

Para evaluar una condición de estío se utilizará el aforo mínimo registrado. El menor aforo registrado de la Naciente 3 corresponde a 2,7 l/s. Este aforo fue realizado por Hidrogeotecnia Ltda. el día 19 de febrero del 2015.

10.3.2.4 Análisis de oferta y demanda

En la siguiente figura se muestran la oferta y demanda del sistema 2 para la situación actual y proyectada al año 2040.

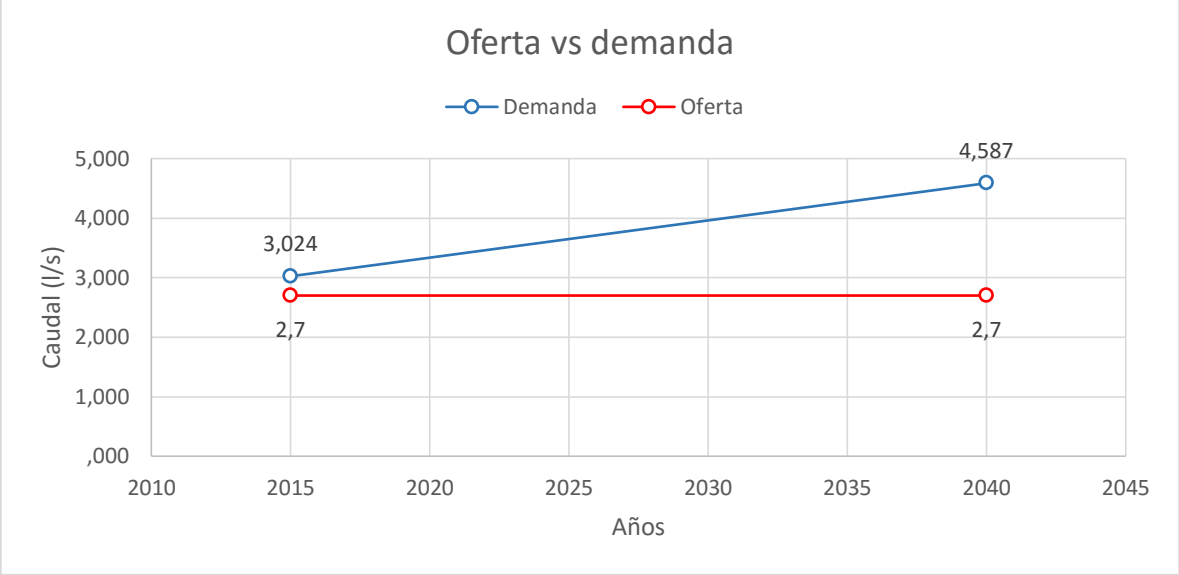


Figura 118. Oferta vs demanda del sistema 2, ASADA Ángeles sur

Como se puede observar, el sistema no cuenta con la capacidad para suplir a los abonados de su propia red, por lo que tampoco tiene la capacidad para dotar de agua al sistema 1. El déficit actual del sistema es de 0,32 l/s y en el 2040 se estima será de 1,89 l/s.

Es importante recordar que a la hora de realizar el aforo de la naciente, la captación presentaba una fuga considerable la cual no fue posible de cuantificar debido a las condiciones del sitio, por lo que la capacidad podría aumentar y suplir la demanda actual, sin embargo no se garantiza que vaya a dar abasto a futuro.

10.3.3 Reconocimiento de nuevas fuentes

Junta al personal de la ASADA de Los Ángeles Sur se visitaron tres nacientes que se describen a continuación:

10.3.3.1 Naciente Fabio Vargas

La naciente Fabio Vargas se encuentra en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 483 323 este y 235 720 norte a una elevación de 1124 msnm (ver Mapa 36).

Esta naciente se encuentra en un sitio de difícil acceso por sus altas pendientes. La zona donde se encuentra se encuentra protegida por un área boscosa y aproximadamente a 24 m de distancia se localizan zonas de pastoreo.



Figura 119 Uso del suelo cerca de Naciente Fabio Vargas.

Actualmente la Naciente Fabio Vargas se encuentra captada para ganadería. Su estructura de captación es deficiente puesto que está cubierta por una lata metálica y hay una fuerte intrusión vegetal y de organismos vivientes.



Figura 120 Estructura de captación Naciente 3 Nectandra.

El día 22 de abril de 2015, se realizó un aforo de esta naciente y se obtuvo un caudal de 0,297 l/s. Este es el único aforo registrado. Por su época de muestreo, se considerará como el aforo mínimo para la determinación de la oferta.

Para conocer su estado bacteriológico y físico-químico se tomaron muestras del agua y se llevaron al laboratorio (ver anexo 12.3). De los resultados de las pruebas se concluye que tiene una concentración 3,6/100 ml de coliformes fecales y de 93/100 ml de Escherichia Coli. La muestra de agua contiene la mayoría de los parámetros adecuados de la calidad del agua según el Reglamento de Aguas Potables N˚ 32327-S para nivel N-3 a excepción de los siguientes parámetros:

Cuadro 124 Parámetros incumplidos Naciente Fabio Vargas.

NACIENTE	PARÁMETRO	UNIDAD	VREG	VMA	VR
FABIO VARGAS	Manganeso	mg/l	2,51	0,5	0,1
	Hierro	mg/l	5,64	0,3	

VREG: valor registrado.
VMA: Valor máximo admisible.
VR: Valor recomendado.

10.3.3.2 Naciente Cascajal

La naciente Cascajal se encuentra en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 485 756 este y 236 540 norte a una elevación de 1103 msnm (ver mapa 37).

La naciente Cascajal se encuentra muy cerca de un camino vehicular (ventajosamente aguas abajo de la naciente). El suelo en sus cercanías es dedicado a la ganadería.

En el sitio de la naciente se encontró una toma de agua artesanal que no pertenece a la ASADA. De esta toma, el agua es conducida mediante una tubería de PVC hacia algún lugar que se desconoce.



Figura 121 Brote de agua de Naciente Cascajal.

El día 22 de abril de 2015 Hidrogeotecnia realizó un aforo de esta naciente y se obtuvo un caudal de 2,61 l/s. Este es el único aforo registrado por lo que se utilizará como base.



Figura 122 Aforo de Naciente Cascajal.

Para conocer su estado bacteriológico y físico-químico se tomaron muestras del agua y se llevaron al laboratorio (ver anexo 12.4). De los resultados de las pruebas se concluye que el agua no presenta coliformes fecales ni Escherichia Coli. La muestra de agua contiene la mayoría de los parámetros adecuados de la calidad del agua según el Reglamento de Aguas Potables N˚ 32327-S para nivel N-3 a excepción de los siguientes parámetros:

Cuadro 125 Parámetros incumplidos Naciente Cascajal.

NACIENTE	PARÁMETRO	UNIDAD	VREG	VMA	VR
CASCAJAL	Manganeso	mg/l	2,49	0,5	0,1
	Hierro	mg/l	6,54	0,3	

VREG: valor registrado.
VMA: Valor máximo admisible.
VR: Valor recomendado.

10.3.3.3 Naciente Villalobos

La naciente Villalobos se encuentra en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 484 715 este y 236 863 norte a una elevación de 1098 msnm. Se encuentra en una zona ganadera y de cultivo de café. Debido a las condiciones de sitio se aforó la naciente aguas abajo del punto de afloramiento (ver mapa 38).



Figura 123 Estado Natural Naciente Villalobos.

El día 30 de abril de 2015, se realizó un aforo de esta naciente y se obtuvo un caudal de 0,62 l/s. Este es el único aforo registrado por lo que se utilizará como base.



Figura 124 Aforo de Naciente Villalobos

Para conocer su estado bacteriológico y físico-químico se tomaron muestras del agua y se llevaron al laboratorio (ver anexo 12.5). De los resultados de las pruebas se concluye que el presenta coliformes fecales y Escherichia Coli en concentraciones de 9,1/100 ml. La muestra de agua contiene la mayoría de los parámetros adecuados de la calidad del agua según el Reglamento de Aguas Potables N˚ 32327-S para nivel N-3 a excepción de los siguientes parámetros:

Cuadro 126 Parámetros incumplidos Naciente Villalobos.

NACIENTE	PARÁMETRO	UNIDAD	VREG	VMA	VR
CASCAJAL	Manganeso	mg/l	2,60	0,5	0,1
	Hierro	mg/l	6,25	0,3	

VREG: valor registrado.
VMA: Valor máximo admisible.
VR: Valor recomendado.

10.3.4 Recomendaciones y conclusiones

Las recomendaciones y conclusiones aquí presentadas están orientadas a la cantidad del recurso hídrico disponible y su demanda. Lo indicado en este estudio deberá ser complementado con un estudio integral de cada una de las ASADAS en donde se cuente con topografía detallada y cálculos hidráulicos entre otros. La implementación de estas recomendaciones sin el estudio mencionado podría generar resultados no adecuados.

A nivel general, antes de tomar la decisión final de captar cualquier nueva fuente se recomienda efectuar estudios de calidad del agua que incluyan todos los niveles requeridos por el Ministerio de Salud y su respectivo análisis por plaguicidas.
Las dos fuentes estudiadas presentan niveles altos de manganeso y de hierro, con los problemas mencionados anteriormente.
De acuerdo a la EPA (2015), estos elementos no son considerados como una amenaza para la salud humana. Autores como McFarlan y Dozier (2004), Dvorak y Skipton (2014) y Colter y Mahler (2006), indican que la presencia de estos elementos no es perjudicial para la salud.

Las concentraciones mayores a la norma y máximo admisible de hierro y manganeso en las nacientes estudiadas se asocian a las formaciones geológicas de la zona de estudio, las cuales son de origen volcánico.

Los procesos de meteorización y arcillitización donde el hierro y manganeso generan procesos de óxido-reducción originan condiciones de concentración importantes en las subterráneas, las cuales se reflejan en altos contenidos de dichos iones en los análisis de calidad obtenidos de las distintas nacientes.
Es importante aclarar que las aguas provenientes de nacientes y/ó pozos tendrían concentraciones similares de hierro y manganeso dado que el origen de éstos estaría asociado a las formaciones geológicas de la zona de estudio.

Para acatar las recomendaciones de la reglamentación nacional se recomienda tratar las aguas antes de distribuirlas mediante un método adecuado como intercambio iónico, filtros de oxidación, aeración en combinación con filtración u oxidación química seguida por filtración.

Debido a la presencia de agentes microbiológicos y por reglamentación nacional toda el agua distribuida deberá clorarse.

Debido al difícil acceso a la naciente Fabio Vargas, la poca elevación de la naciente Villalobos y sus bajos caudales, se considera que es del mejor interés para la ASADA de Los Ángeles Sur captar la naciente Cascajal.

Preliminarmente se estima que la naciente Cascajal se encuentra aproximadamente 10 m por encima del nivel del tanque de almacenamiento del sistema 2, lo que implicaría que el agua puede hacerse llegar al tanque 2 por gravedad.

A partir de este tanque, el agua podría distribuirse por medio de bombeo al tanque del sistema 1. En otras palabras, la naciente Cascajal aportaría agua para los dos sistemas. Si se incluyera esta naciente, el agua sería suficiente para suministrar agua en el futuro a los habitantes de Ángeles Sur.

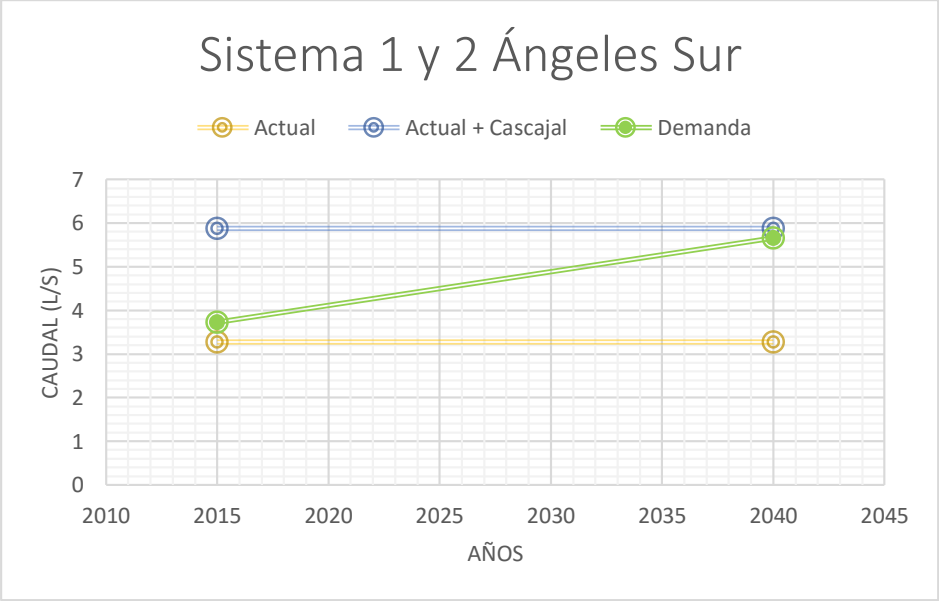


Figura 125 Oferta y demanda con Naciente Cascajal.

Antes de incluir esta naciente se debe realizar una topografía detallada y el correspondiente diseño hidráulico para asegurar que el caudal pueda ser conducido hasta el tanque de almacenamiento.

Adicionalmente a los requerimientos en cuanto a la cantidad de agua potable, a la ASADA le interesa conocer los volúmenes necesarios de almacenamiento para ampliar los tanques que poseen.

Los tanques de almacenamiento cumplen varias funciones:

- Regulación:

  Los sistemas no consumen siempre la misma cantidad de agua. Dependiendo de las actividades de la zona y el día en específico pueden presentarse cambios en el consumo.

  También durante el día, los consumos varían según la hora. Por lo general el pico de consumo empieza alrededor de las 6:00 am hasta las 10:00 am. Estos comportamientos varían de acuerdo a las actividades de la población servida y el estado del acueducto.

- Emergencia:

  El tanque debe ser capaz de tener un volumen adicional para incendios u otra emergencia.

- Reparaciones:

  El tanque almacena agua potable para eventuales reparaciones de las conducciones. También rupturas de la red de distribución pueden demandar un alto caudal antes de ser aisladas o reparadas.

Por estos motivos es imprescindible la construcción de tanques de almacenamiento que cumplan con estas funciones.

El AyA (2001) establece que el volumen de almacenamiento debe considerar y calcularse según lo siguientes lineamientos:

- Volumen de regulación del consumo. Este volumen será el 14% del volumen promedio diario.

- Volumen de reserva para incendios. Este volumen corresponde a la cantidad de agua necesaria para suministrar los flujos requeridos para combatir incendios, durante el tiempo que dure el incendio. La duración de cada incendio se estimará de acuerdo con el siguiente Cuadro, el cual indica el volumen mostrado en el mismo

Cuadro 127 Volúmenes de incendio según AyA.

NÚMERO DE HABITANTES	Q DE INCENDIO (L/S)	DURACIÓN DEL INCENDIO (HORAS)	VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO (M^3)
5.000 A 15.000	8	3	90
15.000 A 30.000	16	3	170
30.000 A 60.000	24	3	260
60.000 A 120.000	40	4	580
120.000 A 200.000	48	4	690
200.000 A 300.000	64	4	920

- Volumen de reserva para interrupciones. El volumen de reserva por interrupciones en el servicio será, como mínimo, el volumen que corresponde a un período de cuatro horas del caudal promedio diario.

Por tanto, los volúmenes totales de almacenamiento de cada sistema deberán ser:

Cuadro 128 Volúmenes de almacenamiento ASADA Ángeles Sur

SISTEMA	1	2
CAUDAL (L/S)	1,08	4,59
VOL. DE REGULACIÓN (M^3)	13	56
VOL. INCENDIO (M^3)	0	0
VOL. INTERRUPCIONES (M^3)	16	66
VOLUMEN TOTAL (M^3)	29	122

Según información de la ASADA el sistema 1 cuenta con un tanque de 15 m^3 por lo que necesita 14 m^3 adicionales. El sistema 2 tiene un tanque de 30 m^3 lo que implica un déficit de 92 m^3. Si se desea elimnar los tanques existentes y sustituirlos por nuevos los volúmenes deben ser los descritos en el Cuadro 128.

10.3.5 Propuesta de implementación

1. Reparar la toma de la naciente 3 para eliminar las fugas de la naciente y suplir el déficit actual.

2. Realizar un estudio técnico del acueducto de acuerdo a las “Normas para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable en Costa Rica”. Algunos de los resultados de este informe serán:
    - Levantamiento topográfico de la infraestructura.
    - Generación de planos del sistema actualizados.
    - Determinación de la capacidad hidráulica del sistema (revisión de diámetros en línea de conducción y red de distribución, volúmenes de almacenamiento, hidrantes, ubicación estrátegica de nueva infraestructura, entre otros)
    - Planeamiento futuro en cuanto a infraestructura a mejorar o construir.
    - Plan de trabajo para las mejoras propuestas.
    - Presupuesto de las obras necesarias para brindar un servicio de calidad a los usuarios.
3. Analizar la naciente Cascajal bajo todos los niveles de control y plaguicidas según el Ministerio de Salud.
4. Agendar aforos en meses secos de todas las nacientes con su debida documentación.
5. Añadir la naciente Cascajal una vez desarrollado el estudio técnico que es la más viable respecto a su ubicación y caudal.

10.4 ASADA Volio

El Acueducto de Volio está constituido por dos sistemas de presión, los cuales serán analizados individualmente de manera que sea más sencillo identificar y solucionar posibles deficiencias.

10.4.1 Sistema de presión 1. Volio

Este primer sistema lo conforman las nacientes 1, 2 y 3, las cuales conducen sus caudales al tanque de almacenamiento para que finalmente sean distribuidos a todo sus abonados. Como se muestra en el esquema de la siguiente figura.

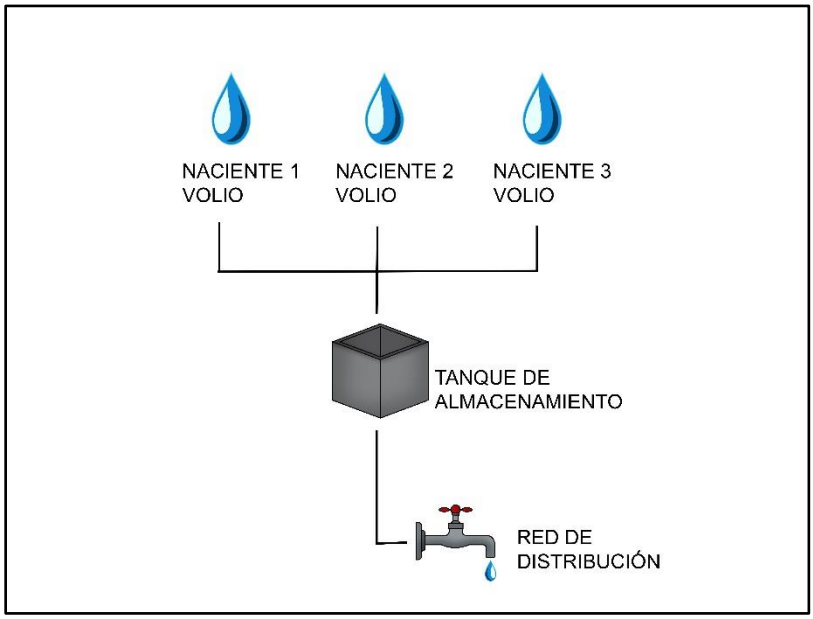


Figura 126. Esquema del sistema de presión 1, ASADA Volio

Según lo indicado por Danilo Méndez, personero de la ASADA, en la época seca y en las horas de mayor demanda, las partes altas de la red presentan escasez del recurso.

10.4.1.1 Variación demográfica

Se asume que la variación a lo largo del tiempo de la población servida presenta el mismo comportamiento que el distrito al cual pertenece, en este caso corresponde al distrito de Volio.

Se tomó en cuenta el comportamiento creciente de los pasados censos, se eligió una proyección lineal simple a partir de los censos del 2000 y del 2011. Esto debido a que el mayor crecimiento de la población que se puede observar en el registro corresponde a la década de los 2000 y mediante una proyección lineal simple las estimaciones se hacen

bajo este comportamiento. El comportamiento poblacional y el tipo de proyección utilizada se muestran en la siguiente figura:

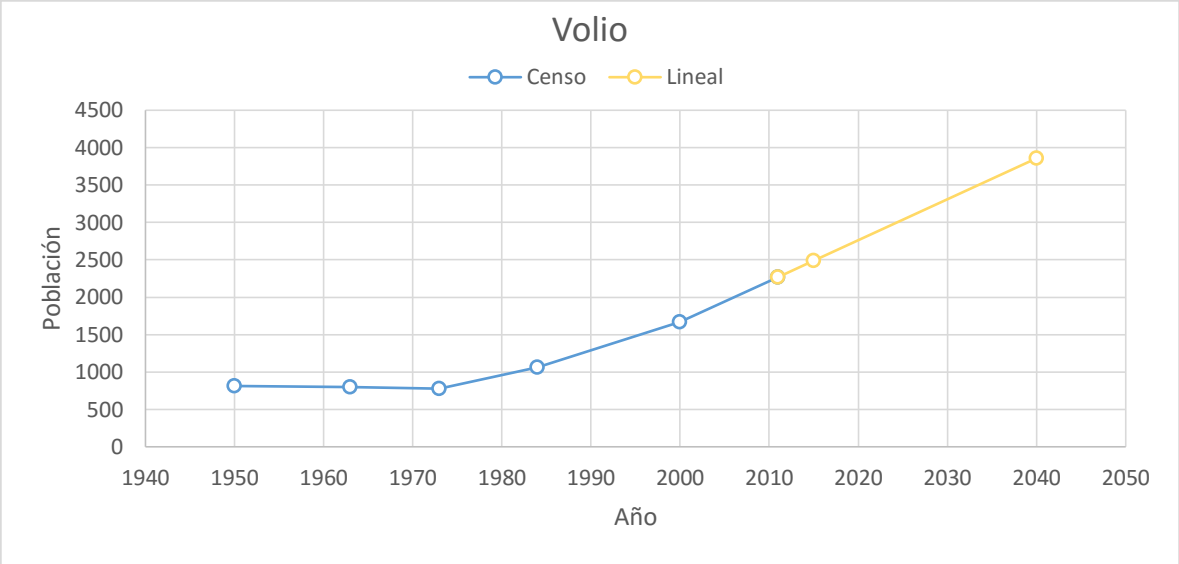


Figura 127. Proyección poblacional del distrito de Volio

Como se explicó en la metodología, la variación poblacional se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta = (P_2 - P_1)/(A_2 - A_1)$$

Para el distrito de Volio el aumento poblacional tiene un crecimiento de 54,64 hab/año. La población total del distrito para el año 2015 es de 2489 habitantes. La población servida en el 2015 se obtiene a partir de la cantidad de servicios y el factor de hacinamiento de la siguiente manera:

$$P_{2015} = 3{,}64 * 619 = 2253\ habitantes$$

Para la proyección poblacional se tiene que el 91% de los habitantes del distrito forman parte del sistema de presión 1 de la ASADA Volio. Por lo que la población servida en el 2040 se obtiene a partir de la variación demográfica del distrito de la siguiente manera:

$$P_{2025} = [2489 + (2040 - 2015) * 54{,}64] * 0{,}91 = 3490\ habitantes$$

10.4.1.2 Demanda del sistema

Según los registros de la ASADA, los últimos consumos mensuales se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 129. Registro del consumo por mes del sistema 1, ASADA Volio

Mes	Consumo (m^3/mes)
Febrero 2015	12115,86
Enero 2015	11760,63
Diciembre 2014	11238,09
Noviembre 2014	10969,93
Octubre 2014	11046,81
Setiembre 2014	12384,21
Agosto 2014	10984,86
Julio 2014	10976,63
Junio 2014	**12664,12**

Se utilizará para el análisis el valor más alto del registro: 12664,12 m^3/mes.

Aplicando los procedimientos expuestos en la metodología se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a la demanda actual.

$$Q_{dis} = \frac{Consumo\ doméstico\ \ x\ FH\ x\ Servicios\ x\ FMD}{1 - ANC}$$

$$Q_{dis} = \frac{187{,}35\ x\ 3{,}64\ x\ 619\ x\ 1{,}25}{(1 - 0{,}35) * 24 * 60 * 60} = 9{,}40\ l/s$$

Cuadro 130. Demanda actual del sistema 1, ASADA Volio

Factor hacinamiento	Servicios	Población servida	Consumo (m^3/mes)	Consumo (lpd)	Caudal máximo diario (l/s)
3,64	619	2253	12664,12	187,35	**9,40**

Para realizar la proyección se asume que el poblado servido tiene el mismo comportamiento del distrito al cual pertenece, en este caso Volio. Por lo que la demanda proyectada a un horizonte de 25 años se puede observar en la siguiente figura:

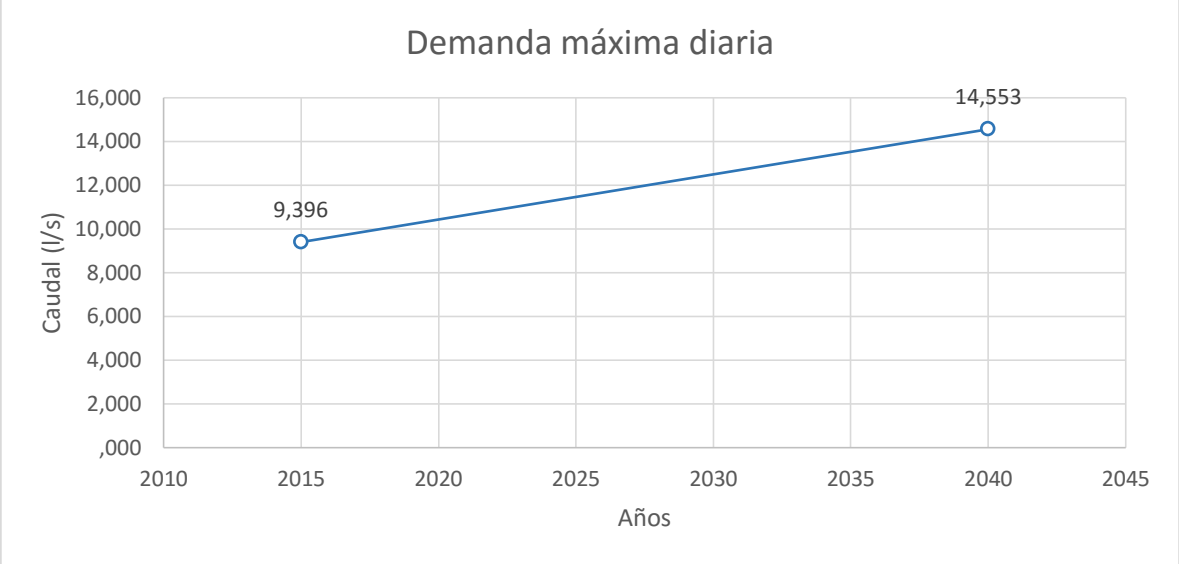


Figura 128. Proyección de la demanda máxima diaria del sistema 1, ASADA Volio

10.4.1.3 Oferta del sistema

La oferta del sistema está condicionada a la producción de las Nacientes 1, 2 y 3 puesto son las fuentes que alimentan el sistema. (ver mapas 39 y40)

La determinación de la capacidad del sistema consiste en conocer el caudal de las nacientes.

Para evaluar una condición de estío se utilizarán los aforos mínimos registrados.

El menor aforo registrado de la Naciente 1 corresponde a 2,77 l/s. Este aforo fue realizado por Hidrogeotecnia Ltda. el día 17 de febrero del 2015.

El menor aforo registrado de la Naciente 2 corresponde a 1,52 l/s. Este aforo fue realizado por Hidrogeotecnia Ltda. el día 17 de febrero del 2015.

El menor aforo registrado de la Naciente 3 corresponde a 2,24 l/s. Este aforo fue realizado por Hidrogeotecnia Ltda. el día 17 de febrero del 2015.

Sumando las producciones mínimas de las 3 nacientes se concluye que la producción del sistema equivale a 6,53 l/s.

10.4.1.4 Análisis de oferta y demanda

La demanda del sistema corresponde al caudal máximo diario que es consumido por los usuarios, mientras que la oferta es el caudal que genera la naciente (capacidad del sistema). En la siguiente figura se muestran la oferta y demanda del sistema 1 para la situación actual y proyectada al año 2040.

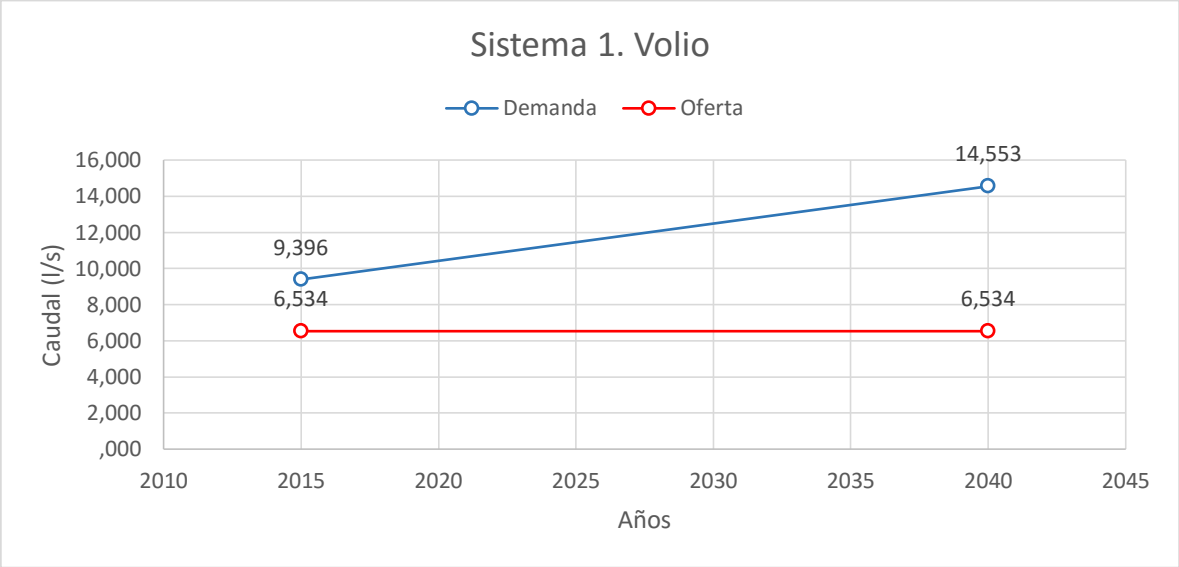


Figura 129. Oferta vs demanda del sistema 1, ASADA Volio

Como se puede observar, existe un déficit de agua en el sistema para poder abastecer a todos los abonados. El déficit actual es de 2,87 l/s y en el 2040 será de 8,02 l/s. Esto coincide con lo expresado por Danilo Méndez, personero de la ASADA, que indica que en la hora pico no llega el agua a las partes más altas del sistema.

10.4.2 Sistema de presión 2. Volio

Este sistema está constituido únicamente de la captación de la naciente 4, la conducción y la red que distribuye al agua a todos los abonados. El sistema no cuenta con almacenamiento, tal y como se observa en el esquema de la siguiente figura:

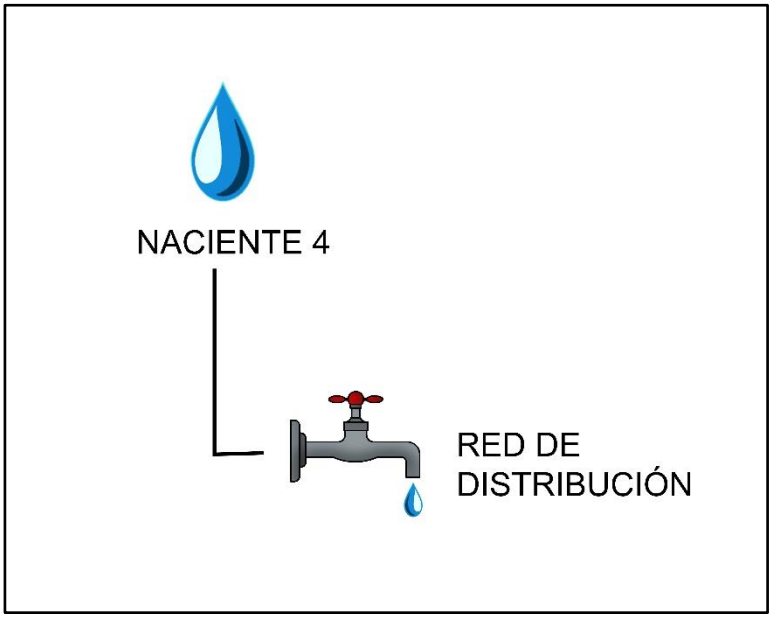


Figura 130. Esquema del sistema de presión 2. ASADA Volio

10.4.2.1 Variación demográfica

De la misma que manera que se determinó para los sistemas anteriores, se asume que la variación a lo largo del tiempo de la población servida presenta el mismo comportamiento que la población del distrito al cual pertenece, en este caso corresponde al distrito de Volio.

Para el distrito de Volio el aumento poblacional tiene un crecimiento de 54,64 hab/año. La población total del distrito para el año 2015 es de 2489 habitantes. La población servida en el 2015 se obtiene a partir de la cantidad de servicios y el factor de hacinamiento de la siguiente manera:

$$P_{2015} = 3{,}64 * 42 = 153\ habitantes$$

Para la proyección poblacional se tiene que el 6% de los habitantes del distrito forman parte del sistema de presión 2 de la ASADA Volio. Por lo que la población servida en el 2040 se obtiene a partir de la variación demográfica del distrito de la siguiente manera:

$$P_{2025} = [2489 + (2040 - 2015) * 54{,}64] * 0{,}06 = 237\ habitantes$$

10.4.2.2 Demanda del sistema

Según los registros de la ASADA, los últimos consumos mensuales se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 131. Registro del consumo por mes del sistema 2, ASADA Volio

Mes	Consumo (m^3/mes)
Febrero 2015	687,14
Enero 2015	635,37
Diciembre 2014	654,91
Noviembre 2014	585,07
Octubre 2014	580,19
Setiembre 2014	**722,79**
Agosto 2014	582,14
Julio 2014	635,37
Junio 2014	697,88

Se utilizará para el análisis el valor más alto del registro: 722,79 m^3/mes.

Aplicando los procedimientos expuestos en la metodología se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a la demanda actual.

$$Q_{dis} = \frac{Consumo\ doméstico\ \ x\ FH\ x\ Servicios\ x\ FMD}{1 - ANC}$$

$$Q_{dis} = \frac{157{,}59\ x\ 3{,}64\ x\ 42\ x\ 1{,}25}{(1 - 0{,}25) * 24 * 60 * 60} = 9{,}40\ l/s$$

Cuadro 132. Demanda actual del sistema 2, ASADA Volio

Factor hacinamiento	Servicios	Población servida	Consumo (m^3/mes)	Consumo (lpd)	Caudal máximo diario (l/s)
3,64	42	153	722,79	157,59	**0,46**

Para realizar la proyección se asume que el poblado servido tiene el mismo comportamiento del distrito al cual pertenece, en este caso Volio. Por lo que la demanda proyectada a un horizonte de 25 años se puede observar en la siguiente figura:

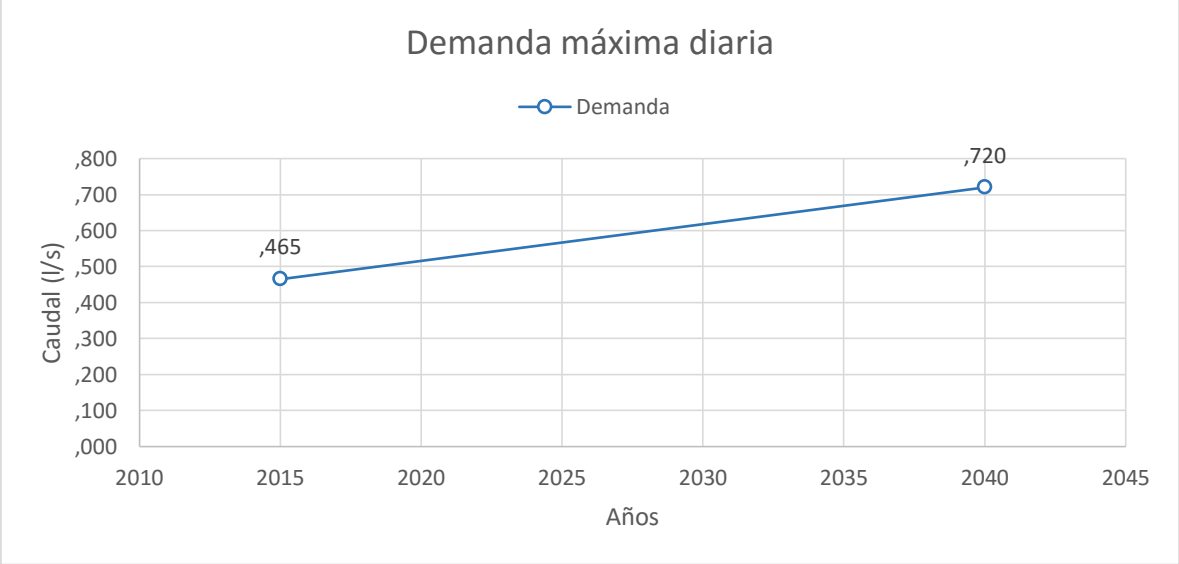


Figura 131. Proyección de la demanda máxima diaria del sistema 2, ASADA Volio

10.4.2.3 Ofertadel sistema

La oferta del sistema está condicionada a la producción de la Naciente 4 puesto que es su única fuente.

La determinación de la capacidad del sistema consiste en conocer el caudal de las nacientes.

Para evaluar una condición de estío se utilizará el aforo mínimo registrado. El menor aforo registrado de la Naciente 4 corresponde a 1,94 l/s. Este aforo fue realizado por Hidrogeotecnia Ltda. el día 19 de febrero del 2015.

10.4.2.4 Análisis de oferta y demanda

En la siguiente figura se muestran la oferta y demanda del sistema 2 para la situación actual y proyectada al año 2040.

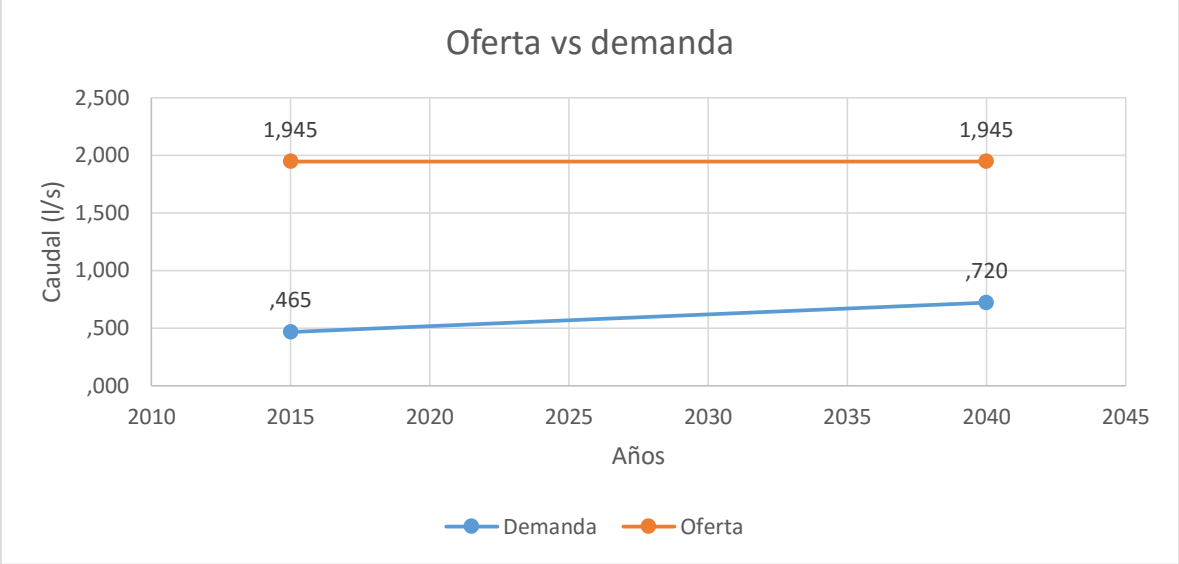


Figura 132. Oferta vs demanda del sistema 2, ASADA Volio

Se puede observar que la naciente tiene capacidad suficiente para abastecer a sus abonados al menos para un horizonte de 25 años. Actualmente cuenta con un superávit de 1,48 l/s y en el 2040 se prevé que será de 1,22 l/s. Es importante anotar que estas condiciones son calculadas suponiendo la existencia de un tanque de almacenamiento. Si no se instala un tanque de almacenamiento el sistema seguiría teniendo capacidad pero el superávit sería menor, y el gráfico de oferta y demanda tendría la siguiente forma:

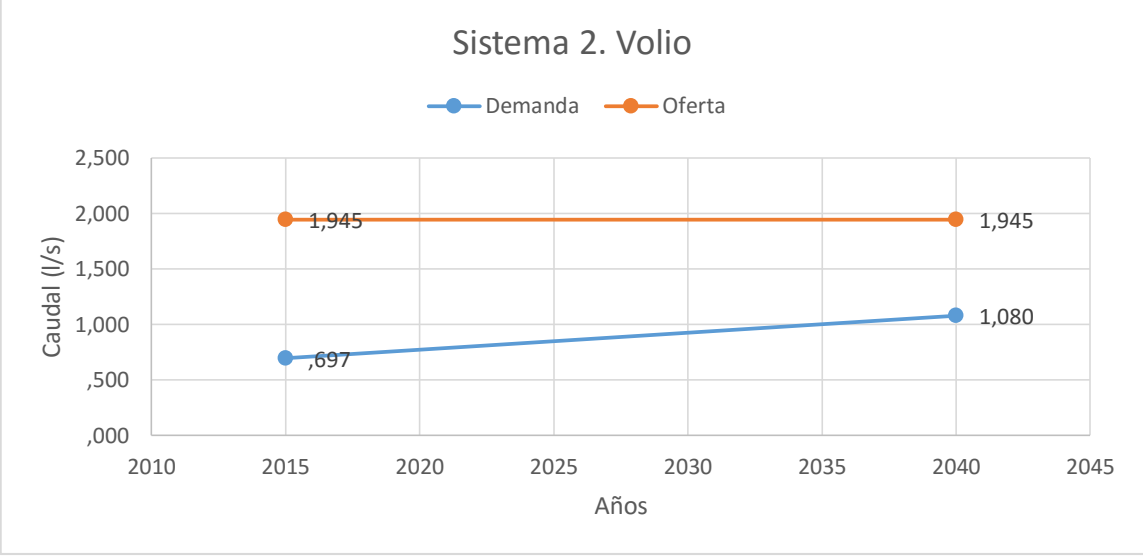


Figura 133. Oferta vs demanda sistema 2 sin tanque de almacenamiento, ASADA Volio.

10.4.3 Reconocimiento de nuevas fuentes

Junta al personal de la ASADA de Volio se visitaron dos nacientes que se describen a continuación:

10.4.3.1 Naciente 5

La naciente 5 se encuentra en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 486 696 este y 236 598 norte a una elevación de 1147 msnm (ver mapa 39Mapa).
La zona donde se encuentra la naciente se encuentra rodeada por cafetales y su acceso es sencillo. En el mapa se puede apreciar como en sector este tiene un acceso por la nueva carretera que se está construyendo y por el sector oeste un camino secundario que pasa por varias fincas.



Figura 134 Uso del suelo cerca de la Naciente 5.

La naciente 5 aflora en un sitio con mucha vegetación y características pantanosas. Por estas características se aforaron los dos encauzamientos principales.



Figura 135 Aforo del "brazo 1" izquierda y "brazo 2" derecha naciente 5.



Figura 136 Vegetación en sitio de afloramiento.

El día 22 de abril de 2015, Hidrogeotecnia realizó un aforo de esta naciente y se obtuvo un caudal de 4,09 l/s (3,38 l/s brazo 1 y 0,71 l/s brazo 2). Este es el único aforo registrado. Por su época de muestreo, se considerará como el aforo mínimo para la determinación de la oferta.

Para conocer su estado bacteriológico y físico-químico se tomaron muestras del agua y se llevaron al laboratorio (ver anexo 12.6). De los resultados de las pruebas se concluye que la muestra tiene una concentración 93/100 ml de coliformes fecales y de 9,1/100 ml de Escherichia Coli. La muestra de agua contiene la mayoría de los parámetros adecuados de la calidad del agua según el Reglamento de Aguas Potables N° 32327-S para nivel N-3 a excepción de los siguientes parámetros:

Cuadro 133 Parámetros incumplidos Naciente 5.

NACIENTE	PARÁMETRO	UNIDAD	VREG	VMA	VR
5	Manganeso	mg/l	2,56	0,5	0,1
	Hierro	mg/l	7,05	0,3	

VREG: valor registrado.
VMA: Valor máximo admisible.
VR: Valor recomendado.

10.4.3.2 Naciente 6

La naciente Villalobos se encuentra en las coordenadas planas *x* y *y* de la cuadrícula Lambert Norte 487 747 este y 235 806 norte a una elevación de 1139 msnm (ver mapa 40).

La naciente 6 se encuentra muy cerca de una quebrada y de cultivos de tomate, frijol, ayote y vainica.



Figura 137. Cultivos en zona de protección.



Figura 138 Vista panorámica Naciente 6.

Debido a que la quebrada presentaba niveles altos en su tabla de agua, no se pudieron tomar muestras ni aforar la naciente. Al analizar las condiciones de sitio, se llegó a la conclusión de que para hacer aprovechable esta naciente se deberá excavar aguas arriba para limitar la interacción con el río cercano y así poder hacer uso de esta naciente.

10.4.4 Recomendaciones y conclusiones

Las recomendaciones y conclusiones aquí presentadas están orientadas a la cantidad del recurso hídrico disponible y su demanda. Lo indicado en este estudio deberá ser complementado con un estudio integral de cada una de las ASADAS en donde se cuente con topografía detallada y cálculos hidráulicos entre otros. La implementación de estas recomendaciones sin el estudio mencionado podría generar resultados no adecuados.

A nivel general, antes de tomar la decisión final de captar cualquier nueva fuente se recomienda efectuar estudios de calidad del agua que incluyan todos los niveles requeridos por el Ministerio de Salud y su respectivo análisis por plaguicidas.
Al igual que en toda la zona, la fuente estudiada presenta niveles altos de manganeso y de hierro. De acuerdo al United States Environmental Protection Agency (EPA), el hierro y el manganeso presentan problemas estéticos y técnicos ya descritos anteriormente.

De acuerdo a la EPA (2015), estos elementos no son considerados como una amenaza para la salud humana. Autores como McFarlan y Dozier (2004), Dvorak y Skipton (2014) y Colter y Mahler (2006), indican que la presencia de estos elementos no es perjudicial para la salud.
Las concentraciones mayores a la norma y máximo admisible de hierro y manganeso en las nacientes estudiadas se asocian a las formaciones geológicas de la zona de estudio, las cuales son de origen volcánico.

Los procesos de meteorización y arcillitización donde el hierro y manganeso generan procesos de óxido-reducción originan condiciones de concentración importantes en las subterráneas, las cuales se reflejan en altos contenidos de dichos iones en los análisis de calidad obtenidos de las distintas nacientes.

Es importante aclarar que las aguas provenientes de nacientes y/ó pozos tendrían concentraciones similares de hierro y manganeso dado que el origen de éstos estaría asociado a las formaciones geológicas de la zona de estudio.

Para acatar las recomendaciones de la reglamentación nacional se recomienda tratar las aguas antes de distribuirlas mediante un método adecuado como intercambio iónico, filtros de oxidación, aeración en combinación con filtración u oxidación química seguida por filtración.

Debido a la presencia de agentes microbiológicos y por reglamentación nacional toda el agua distribuida deberá clorarse.

Debido al déficit que presenta la ASADA actualmente es necesario incluir nuevas fuentes cuanto antes. Se recomienda analizar la fuente 6 excavando aguas arriba del afloramiento natural para realizarle análisis y cuantificar su caudal. Adicionalmente la naciente 5 debe ser captada para así ampliar la capacidad del sistema. Tal y como se presenta en la siguiente figura, la adición de esta naciente, implicaría un abastecimiento suficiente hasta el año 2021.

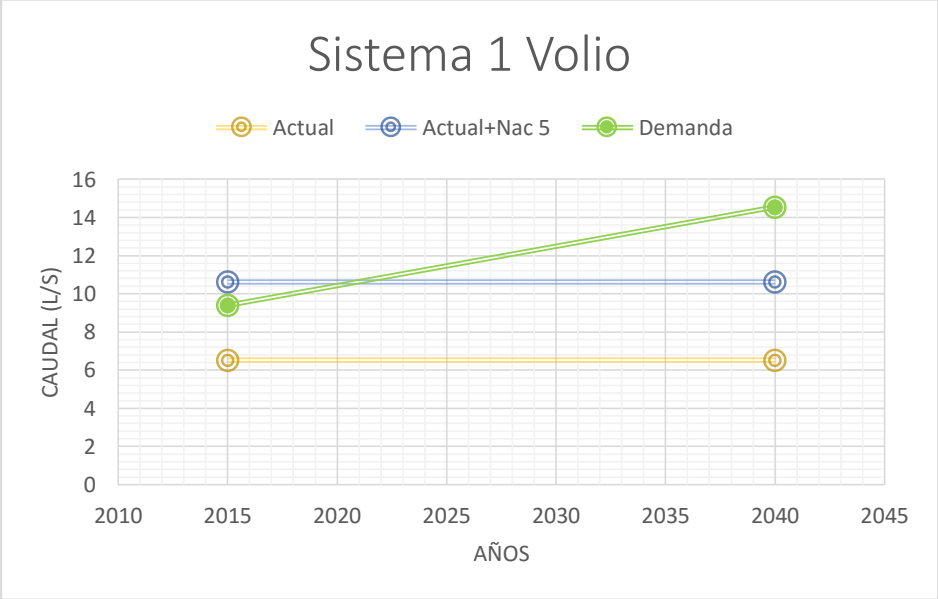


Figura 139 Oferta y demanda incluyendo Naciente 5.

Se considera que realizando un trabajo de captación adecuado en el sitio de la naciente 5, el caudal aforado podría ser aumentado al menos un 10% y sumando la captación de la

naciente 6 la cantidad de recurso hídrico podría ser suficiente para satisfacer la demanda en un horizonte de 25 años.

10.4.5 Propuesta de implementación

1. Acondicionar la naciente 6 para hacer las respectivas muestras de la calidad del agua así como para determinar su caudal.
2. Realizar un estudio técnico del acueducto de acuerdo a las "Normas para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable en Costa Rica". Algunos de los resultados de este informe serán:
   - Levantamiento topográfico de la infraestructura.
   - Generación de planos del sistema (inexistentes a la fecha).
   - Determinación de la capacidad hidráulica del sistema (revisión de diámetros en línea de conducción y red de distribución, volúmenes de almacenamiento, hidrantes, ubicación estrátegica de nueva infraestructura, entre otros)
   - Planeamiento futuro en cuanto a infraestructura a mejorar o construir.
   - Plan de trabajo para las mejoras propuestas.
   - Presupuesto de las obras necesarias para brindar un servicio de calidad a los usuarios.
3. Analizar la naciente 6 y 5 bajo todos los niveles de control y plaguicidas según el Ministerio de Salud.
4. Agendar aforos en meses secos de todas las nacientes con su debida documentación.
5. Una vez determinado el caudal disponible de la naciente 6, determinar la necesidad de incluir la naciente 5, la combinación de las dos u otra alternativa una vez desarrollado el estudio técnico.

11 Bibliografía

ALVARADO, L.F., CONTRERAS, W., ALFARO, M. Y JIMÉNEZ, E., 2012. Escenarios de cambio climático regionalizados para Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional y Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones: Costa Rica.

ALVARADO, G.E., KUSSMAUL, S., CHIESA, S., GILLOT, P.Y., APPEL, H., Worner, G. & RUNDLE, C., 1992: Resumen cronoestratigráfico de las rocas ígneas de Cota Rica basado en dataciones radiométricas.- J. Southr. Amer.Sci. 6: 151-168.

CAREY, G., 1991: Transporte and depositation of tephra by pyroclastic flows and surges.- EN: FISCHER, H. & SMITH, G. (eds.) Sedimentation in volcanic settings.- SEPM, USA., Spec. Publ. 45: 39-58

Colter, A., Mahler, R. (2006). Iron in Drinking Water. Estados Unidos: Universidad de Idaho.

CENTRO CIENTÍFICO TROPICAL, 1993. Mapa Ecológico de Costa Rica. Centro Científico Tropical: San José, Costa Rica.

DIGITAL GLOBE, 2013. Hoja de datos. *QuickBird-2*. Consultado en: http://digitalglobe.com el 19 de marzo de 2015.

DIGITAL GLOBE, 2013. Hoja de datos. *IKONOS.* Consultado en: http://digitalglobe.com el 19 de marzo de 2015.

Dvorak, B., Skipton, S. (2014). Drinking Water: Iron and Manganese. Estados Unidos: Universidad de Nebraska.

DUNNE, L., 1943. Water in Enviromental Planning. W. H. Freeman and Company: Estados Unidos.
CHOW, V.T., 1964. Handbook of Applied Hydrology. Estados Unidos: Mc Graw-Hill.

FUNDACIÓN NEOTRÓPICA DE COSTA RICA, 1998. Mapas de capacidad de uso de la tierra a escala 1:50 000 para Costa Rica. Cooperantes: Fundación John D. y Catherine MacArthur y la Real Embajada de Dinamarca: Costa Rica.

GILLOT, P.-Y, CHIESA, S. & ALVARADO, G.E., 1994: Cronostratigraphy of Upper Miocene – Quaternary volcanism in northern Costa Rica.- Rev. Gel. Amér. Central, 17: 45-53.

GRAVELIUS, H., 1914. Fluss kunde. Alemania.

HOLDRIDGE, L.1959. *Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data*. Science, Washington, E.E.U.U.

HOLDRIDGE, L., 1967. *Life Zone Ecology*. Centro Científico Tropical: San José, Costa Rica.

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, 2014. Programa sello de calidad sanitaria. San José, Costa Rica

FETTER, C. (2001). *Applied Hydrogeology.* New Jearsey: Prentice Hall.

MEULI, C., & WEHRLE, K. (2001). *Spring Catchment.* St. Galle, Suiza: Niedermann AG.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA Y DE RECURSOS NATURALES, ENERGÍA Y MINAS, 1998. Nº 33957-MINAE-MAG Reforma Metodología Determinación Capacidad Uso Tierras Costa Rica

MCFARLAND, N., DOZIER, M. (2004). Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso. Estados Unidos: Sistema Universitario de Texas

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA Y DE RECURSOS NATURALES, ENERGÍA Y MINAS, 1988. Metodología Determinación Capacidad Uso Tierras Costa Rica. San José, Costa Rica.

MEH, MINISTERIO DE ECONOMÍA Y HACIENDA, 1953. Atlas estadístico de Costa Rica. Dirección General de Estadísticas y Censos: Costa Rica.

RAFAEL, E. (2015). Modelo hidrológico de infiltración y recarga como parte del balance hídrico de suelos; empleando Sistemas de Información Geográfica (ArcGis 10.2). - 223 págs. Hidrogeotecnia Ltda, San José, Costa Rica. [Informe de consultoría]

RODRÍGUEZ, A. (1983). Evaluación indirecta de los recursos hídricos de una subcuenca. San José, Costa Rica: ICE.

RODRÍGUEZ, D. (2013). Evaluación de las fuentes superficiales de la red fluvial del río Abangares para el refuerzo del acueducto de la cuidad de Las Juntas. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

SOLANO, J., VILLALOBOS, R., 2001. Aspectos fisiográficos aplicados a un bosquejo de regionalización geográfico climático de Costa Rica. Gestión de Desarrollo, Instituto Meteorológico Nacional: Costa Rica.

STRAHLER, A., 1952. Hypsometric Analysis of Erosional Topography. Estados Unidos: Geological Society of America Bulletin.

STRAHLER, A., 1964. Quantitative Geomorphology of Drainage Systems, Handbook of Applied Hydrology. Estados Unidos: McGraw-Hill.

ROSGEN, D.L., 1994. A classification of natural rivers. Catena 21:169-199. Estados Unidos.

SOLANO, J., 1996. Aspectos fisiográficos básicos para las principales regiones de Costa Rica. Ministerio del Ambiente y Energía, IMN: Costa Rica.

MUSY, A. 2001. E-drologie. Ecole Polytechnique-Féderale. Suiza.

United States Environmental Protection Agency (en línea). National Drinking Water Regulations. Visitado el 3 de julio de 2015. http://water.epa.gov/drink/contaminants/

United States Environmental Protection Agency (en línea). Secondary Drinking Water Regulations; Guidance for Nuisance Chemicals. Visitado el 3 de julio de 2015. http://water.epa.gov/drink/contaminants/secondarystandards.cfm

VILLÓN, M., 2004. Hidrología. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Anexo 1. Afloramientos

Sitio	Latitud	Longitud	Descripción
Sitio 1	1 116 290	447 205	Lava basáltica con presencia de olivinos, hornblenda, plagioclasa, en matriz afanítica
Sitio 2	1 118 345	446 834	Posible toba meteorizada // E Franco / 15
Sitio 3	1 118 481	446 858	Aflora contacto en toba // Toba 1 Fracturas abiertas / Toba 2 fracturas rellenas calcita// S45W/40 // S30E/40
Sitio 4	1 118 443	446 966	Estratigrafía observada afloramiento: Lavas/Aluvión/tobas
Sitio 5	474967	239905	Alta meteorización del afloramiento / Foliaciones
Sitio 6	487954	236690	Tobas con anfíboles, piroxenos, matriz café, clastos líticos subredondeados, mm-cm, pómez hidroxilizadas?
Sitio 7	488143	236834	Tanque de almacenamiento donde llegan aguas de las nacientes 1,2 y 3. En este sitio hay mezcla de las tres fuentes en tanque donde se clora agua con pastillas de cloro.
Sitio 8	488266	237048	Tobas con pómez, micas en matriz café color claro
Sitio 9	488470	237211	Tobas ídem anterior
Sitio 10	488720	238068	Matriz café clara ídem anteriores, con bloques cm a mm, angulares, distintas geologías incluyendo lavas. Se observan bloques de lavas andesíticas de las cuales algunas llegan hasta 20 cm / Se observó buzamiento aguas arriba quebrada ubicada en el sitio.
Sitio 11	488603	237960	Margen izquierda R. Barranca//Piroxenos, sílice, textura afanítica, afloramiento con presencia de fracturas secundarias con anchos máximos de 20 cm //Largo afloramiento: 75 m de largo por 8 m de altura en promedio
Sitio 12	483930	233620	Tobas con pómez (gran cantidad pómez) tamaño cm// Rosado claro (Inf-1)
Sitio 13	484786	233393	Meteorización Lavas Monteverde (Inf-2) Cauce La Paz: Tobas con micas
Sitio 14	483850	233660	Coluvio
Sitio 15	483494	233668	Falla N-S rumbo / presencia cizallas / Mov. Horizontal / Tobas pómez con líticos
Sitio 16	483356	233686	Inf-3 // Lacustre // 3 m lacutres, capa 20 cm lapilli acresional / 1,5 m toba pómez
Sitio 17			Plaza futbol Bajo Zuñiga // Rumbo falla N70E / Desplazamiento 91 cm / Inf-4 / Toba alterada por falla
Sitio 18	481432	236110	Lavas matriz gris / Olivinos
Sitio 19	480471	235357	Lavas por Piedades (San Martín) // Inf-5
Sitio 20	477761	237067	Aluviones La Paz // Inf-6
Sitio 21	473239	239375	Lecho río con bloques, lavas y arcillas color naranja // Aluviones La Paz // Inf-7
Sitio 22	473521	239383	Lavas meteorizadas planos inclinación
Sitio	473741	239872	Vista montañas / Lavas

23			
Sitio 24	473852	239807	Lavas Monteverde // La Paz // Inf-8
Sitio 25	474995	239901	Lavas Monteverde (Inf-9)
Sitio 26	476054	238715	Facetas triangulares
Sitio 27	478010	236272	Lavas Monteverde
Sitio 28	480109	236187	Lavas Monteverde
Sitio 29	480015	236876	Frente de este sitio se observa deslizamiento potencial, mano derecha camino // Inf-10
Sitio 30	486072	235834	Cauce río Barranca
Sitio 31	485791	235240	Aguacate
Sitio 32	485797	235243	Aguacate / Cañal // Inf-11 // Usos suelos: Cañal / Café
Sitio 34	487546	236651	Brechas con clastos con diámetro entre 3 a 40 cm // Matriz tobácea
Sitio 35	494540	239189	Tobas Alto Palermo
Sitio 36	485890	233845	Grupo Aguacate // Inf-14 // Muestras suelo
Sitio 37	487078	235836	Grupo Aguacate según mapa // Afloramiento calle San Carlos / Manganeso, hierro / Arcilla rojiza // Toba lítica en la base? Meteor.
Sitio 38	487349	235759	Tobas con areniscas vulcaniclásticas / Inf-15
Sitio 39	487349	235759	Parte alta cerro / Se observa deslizamiento // Lavas Aguacate según mapa // Tobas según campo
Sitio 40	487564	235582	Foto areniscas vulcaniclásticas / Tobas
Sitio 41	489007	235529	Toba altamente meteorizada con líticos podriros / Foto
Sitio 42	489012	235537	Toba lítica altamente meteorizada / Buzamiento / Estratificada
Sitio 43	488979	235666	Tobas con fragmentos líticos y pómez mm // Fotografía
Sitio 44	489060	236118	Prueba Inf-16 // Tobas entre río Sillón y Quebrada Monte
Sitio 45	489481	236678	Tobas meteorizadas // Cultivo: Café
Sitio 46	490393	235919	Cultivos: Café, chicle dulce y/ó tomate
Sitio 47	236736	491809	Tobas con pómez mm / líticos pequeño diámetro
Sitio 48	492092	237614	Tobas idem anterior
Sitio 49	492809	237150	Prueba Inf-17 // Afloramiento 3 m tobas idem anterior / Subyacido tobas con lentes de 40 cm ancho de areniscas vulcn

Sitio 50	492806	237510	Toba pómez mm c/biotita, 1 m espesor / Subyacida toba con frag. Líticos cm, meteorizada // Falla mano izq. Camino N16E Rumbo
Sitio 51	492761	237592	Margen derecha río Barranca / Tobas con pómez, fragmentos líticos cm a mm // Pómez
Sitio 52	492758	237590	Inf-18 // Tobas río Barranca, margen izquierda
Sitio 53	492719	238024	Matriz tobácea rosada a café claro con clastos de tobas, pómez subredondeadas a redondeadas / Lapilli acresional/ Subyac. Toba pómez con líticos menor diámetro
Sitio 54	495297	239080	Arenas vulcaniclásticas / Lapilli // Tobas subyaciendo vulcaniclásticas
Sitio 55	494967	238812	Uso suelo: Café / Pastos / Arboles Navidad
Sitio 56	495507	238288	Tobas río Barranca
Sitio 57	496772	237547	Tobas meteorizadas con pómez
Sitio 58	497424	239051	Tobas / Parta alta cuenca. Camino al Pto 22 se observan areniscas idem pto. 18 // Pba infiltración INF-19… cenizas
Sitio 59	497411	239052	Tobas / Lapilli o areniscas vulcaniclásticas / Ceniza // Fotografía
Sitio 60	495741	238306	Tobas meteorizadas / No se pueden definir clastos ni pómez // Inf-20
Sitio 61	480863	237053	Revisar falla // Se observan estrías y material arcillosos / brillo típico de fallamiento / Contacto por falla
Sitio 62	480105	237674	Muestra GB-040315.7 /
Sitio 63	480656	237386	Muestra GB-040315.8/ Tobas meteorizadas/ Estrías
Sitio 64	481182	235775	Sitio tipo tajo, punto 2 cerca BZ-1 : Lavas Monteverde subyaciendo tobas líticas, falla inversa?
Sitio 65	488505	237230	
Sitio 67	488720	238068	Matriz café clara ídem anteriores, con bloques cm a mm, angulares, distintas geologías incluyendo lavas. Se observan bloques de lavas andesíticas de las cuales algunas llegan hasta 20 cm / Se observó buzamiento aguas arriba quebrada ubicada en el sitio.
Sitio 69	486431	236912	Tobas con mismas condiciones de fracturas secundarias no rellenas (NacV-4)
Sitio 70	486466	236745	No se observó afloramiento // Suelo (NacV-5)
Sitio 71	481286	236785	Se encontraron tobas sobreyacidas por una autobrecha con matriz de tobas. En la naciente no se observa el contacto (NacBZ-1)
Sitio 73	485411	237490	En ambos sitios se observan tobas, alineamientos, incluir mapa alineaciones y lo observado por Dennis aguas abajo (NacLA-1)
Sitio 74	485434	237508	En ambos sitios se observan tobas, alineamientos, incluir mapa alineaciones y lo observado por Dennis aguas abajo (NacLA-2)
Sitio 75	485579	236991	Alineamiento regional N/S paralelo a la quebrada. Afloramiento tobas buzando hacia el SE y fracturas dirección E-W/ De regreso se observaron coronas de deslizamiento y un fallamiento regional y/ó alineamiento (NacLA-3)


Toba 2
Toba 1


Toba Alto Palomo (Toba 3)
Toba pómez-biotita (Toba 2)


Toba Alto Palomo (Toba 3)
Toba pómez-biotita (Toba 2)

Anexo 2. Datos de satélites utilizados para uso del suelo y datos de temperatura

.

Cuadro 1. Características del satélite Ikonos

Información sobre el lanzamiento	Fecha: 24 de septiembre de 1999 Vehículo de lanzamiento: Athena 2 Lugar de lanzamiento: Base Vandenberg de la Fuerza Aérea, California
Duración de la misión	Más de 12 años
Tamaño de la nave espacial	1.83 m × 1.57 m (configuración hexagonal)
Resolución espacial	Pancromática: 0.82 m Multiespectral: 3.2 m
Precisión posicional	Error circular del 90 % (circular error of 90%, CE90) de 15 m (especificación) CE90 de 9 m (medido)
Ancho de barrido	11.3 km
Generación de imágenes fuera del nadir	Hasta 60 grados
Rango dinámico	11 bits por píxel
Tiempo de revisita	Aproximadamente de 3 días
Altitud orbital	681 km
Cruce de nodos	10:30 a. m.
Capacidad de recolección de imágenes	240,000 km^2/día (pancromática + instrumento multiespectral [multi-spectral instrument, MSI])

Fuente: DigitalGlobe, 2013

Cuadro 2. Características del satélite QuickBird.

Información sobre el lanzamiento	Fecha: 18 de octubre de 2001 Vehículo de lanzamiento: Delta II Lugar de lanzamiento: SLC-2W, Base Vandenberg de la Fuerza Aérea, California	
Duración de la misión	Extendido hasta comienzos de 2014	
Tamaño de la nave espacial	2.400 lb; 3.04 m (10 pies) de longitud	
Órbita	Tipo: Sincrónica con el sol 10:00 a. m. nodo descendente Período: 94.2 min	93.6 min
Resolución del sensor y ancho de banda espectral	Pancromático: GSD de 65 cm en el nadir Blanco y negro: 405 - 1053 nm Multiespectral: GSD de 2.62 cm en el nadir Azul: 430 - 545 nm Verde: 466 - 620 nm Rojo: 590 - 710 nm IR cercano: 715 - 918 nm	Pancromático GSD de 61 cm en el nadir Multiespectral GSD de 2.44 cm en el nadir
Rango dinámico	11 bits por píxel	
Ancho de barrido	Ancho de barrido nominal: 18.0 km en el nadir	Ancho de barrido nominal: 16.8 km en el nadir
Determinación de posición y control	Tipo: estabilizada en los 3 ejes Rastreadores estelares/unidad de referencia inercial (inertial reference unit, IRU)/volantes de reacción, GPS	
Agilidad para la nueva determinación de objetivos	Tiempo de rotación a 200 km: 37 s	38 s
Almacenamiento a bordo	Capacidad de 128 Gb	
Comunicaciones	Datos de carga: banda X de 320 Mbps Datos de gestión interna: Banda X desde 4.16 y 256 Kbps, enlace ascendente de banda S de 2 Kbps	
Frecuencia de la revisita (a 40° latitud N)	2.5 días a GSD de 1 m o menos 5.6 días 20° fuera del nadir o menos	2.4 días a GSD de 1 m o menos 5.9 días 20° fuera del nadir o menos
Precisión métrica	CE90 de 23 m, LE90 de 17 m (sin control terrestre)	
Capacidad	200,000 km² por día	

Fuente: DigitalGlobe, 2013

Cuadro 3. Temperatura en la estación Cooperativa de Naranjo 1971-2001 (°C)

Temperatura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	T_{prom}
Máxima	26.5	27.3	27.9	28.0	26.6	25.7	25.7	25.6	25.3	25.2	25.3	25.9	26.3
Mínima	13.6	13.6	14.0	14.9	16.3	16.5	16.0	15.9	16.0	16.0	15.6	14.6	15.3
Promedio	20.1	20.5	21.0	21.5	21.5	21.1	20.9	20.8	20.7	20.6	20.5	20.3	20.8

Anexo 3. Aforos Diferenciales para los Ríos La Paz y Barranca

RÍO BARRANCA

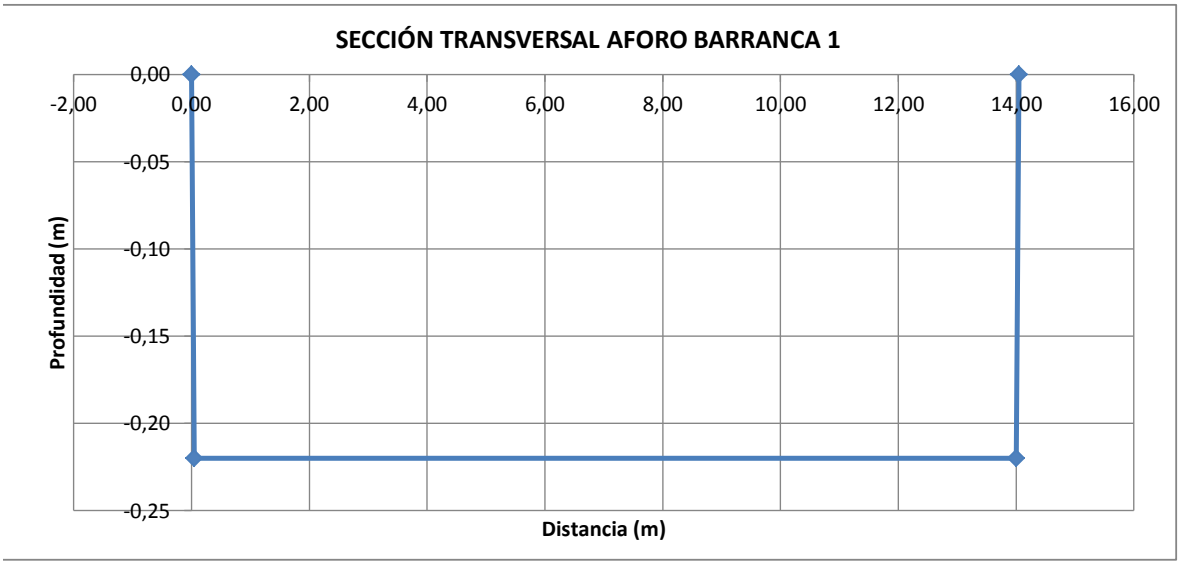


Punto 1	Toma de aguas	
Nombre GPS	BARRANCA1	
Nombre Mapas	B1	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	447121	483433
Coordenada y	1118450	233034
Coordenada z	968	968
Fecha	19 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,80	0,000	0,000
0,05	-0,22	0,22	0,80	0,006	0,004
14,00	-0,22	0,22	0,80	3,069	2,455
14,05	0,00	0,00	0,80	0,006	0,004

Caudal B1	**2,464**
Caudal B1 (l/s)	2464
Caudal B2	2,403
Caudal B2 (l/s)	2403



RÍO BARRANCA

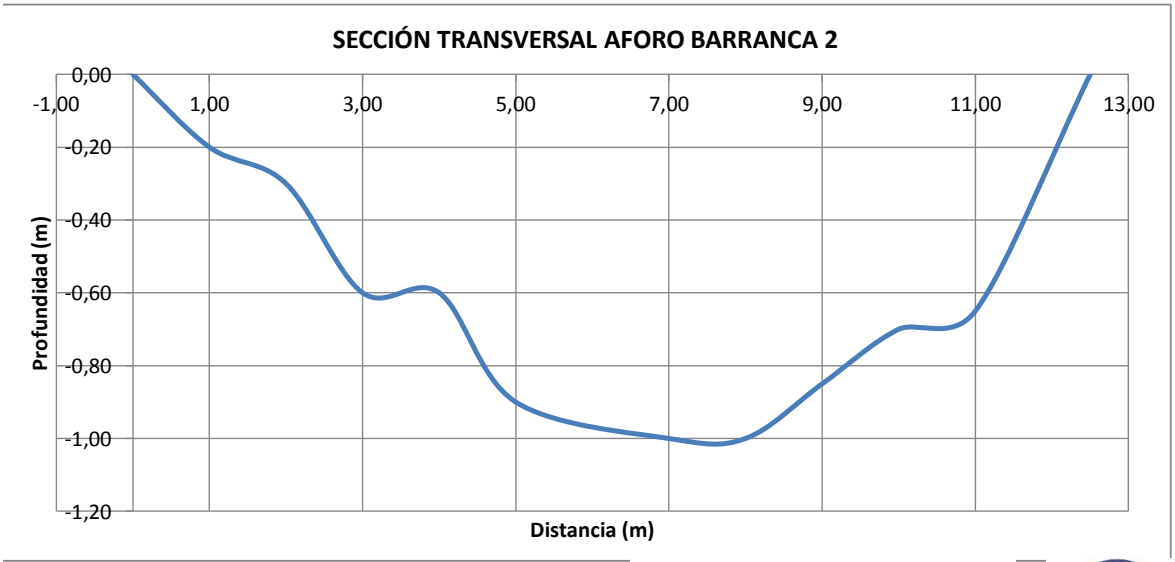


Punto 2

Nombre GPS	BARRANCA2	
Nombre Mapas	B2	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	447446	483763
Coordenada y	1118867	233457
Coordenada z	985	985
Fecha	19 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,10	0,000	0,000
1,00	-0,20	0,20	0,10	0,100	0,010
2,00	-0,30	0,30	0,10	0,250	0,025
3,00	-0,60	0,60	0,40	0,450	0,180
4,00	-0,60	0,60	0,55	0,600	0,330
5,00	-0,90	0,90	0,55	0,750	0,413
7,00	-1,00	1,00	0,55	1,900	1,045
8,00	-1,00	1,00	0,40	1,000	0,400
9,00	-0,85	0,85	0,40	0,925	0,370
10,00	-0,70	0,70	0,30	0,775	0,233
11,00	-0,65	0,65	0,30	0,675	0,203
12,50	0,00	0,00	0,10	0,488	0,049
			Caudal B2 (m3/s)		**2,403**
			Caudal B2 (l/s)		2403
			Caudal P9+B3 (m3/s)		2,3675
			Caudal P9+B3 (m3/s)		2368



RÍO BARRANCA



Punto 3

Nombre GPS	BARRANCA3	
Nombre Mapas	B3	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	447561	483874
Coordenada y	118878	233465
Coordenada z	968	968
Fecha	19 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
1,00	-0,15	0,15	0,00	0,075	0,000
2,00	-0,35	0,35	0,10	0,250	0,025
3,00	-0,25	0,25	0,10	0,300	0,030
4,00	-0,27	0,27	0,20	0,260	0,052
6,00	-0,44	0,44	0,20	0,710	0,142
7,00	-0,45	0,45	0,10	0,445	0,045
8,00	-0,10	0,10	0,10	0,275	0,028
9,00	-0,50	0,50	0,10	0,300	0,030
10,00	-0,60	0,60	0,05	0,550	0,028
11,00	0,00	0,00	0,00	0,300	0,000

Caudal B3 (m3/s)	**0,379**
Caudal B3 (l/s)	379
Caudal B18 (m3/s)	0,423
Caudal B18 (l/s)	423



RÍO BARRANCA



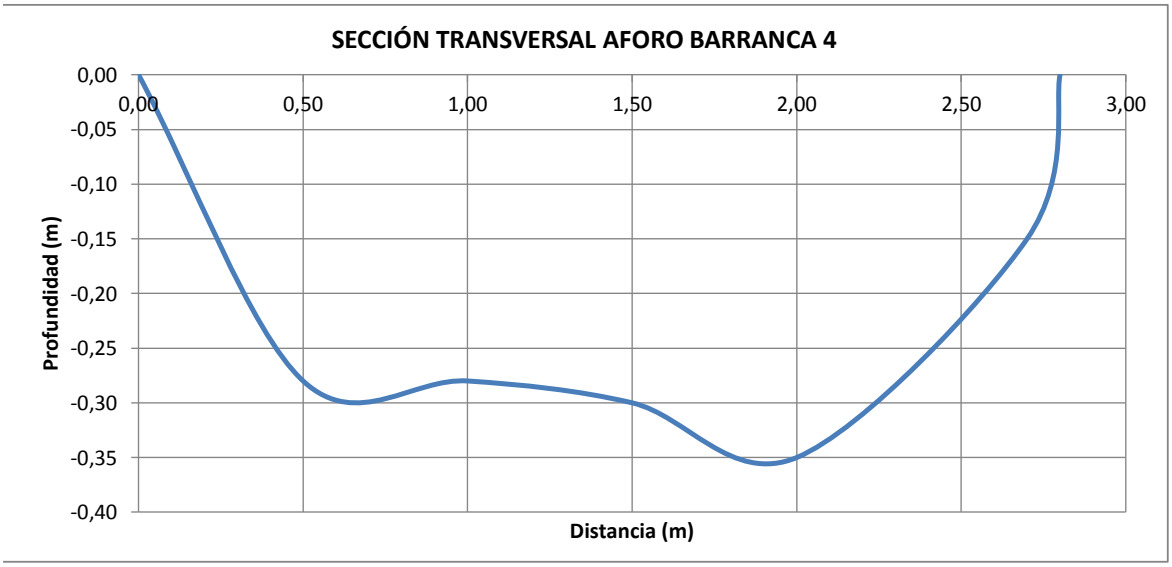
Punto 4

Nombre GPS	BARRANCA4	
Nombre Mapas	B4	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	448981	485307
Coordenada y	112126	235719
Coordenada z	1047	1066
Fecha	19 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,50	-0,28	0,28	0,05	0,070	0,004
1,00	-0,28	0,28	0,05	0,140	0,007
1,50	-0,30	0,30	0,05	0,145	0,007
2,00	-0,35	0,35	0,40	0,163	0,065
2,70	-0,15	0,15	0,05	0,175	0,009
2,80	0,00	0,00	0,00	0,007	0,000

Caudal B4 (m3/s)	**0,092**
Caudal B4 (l/s)	92



RÍO BARRANCA

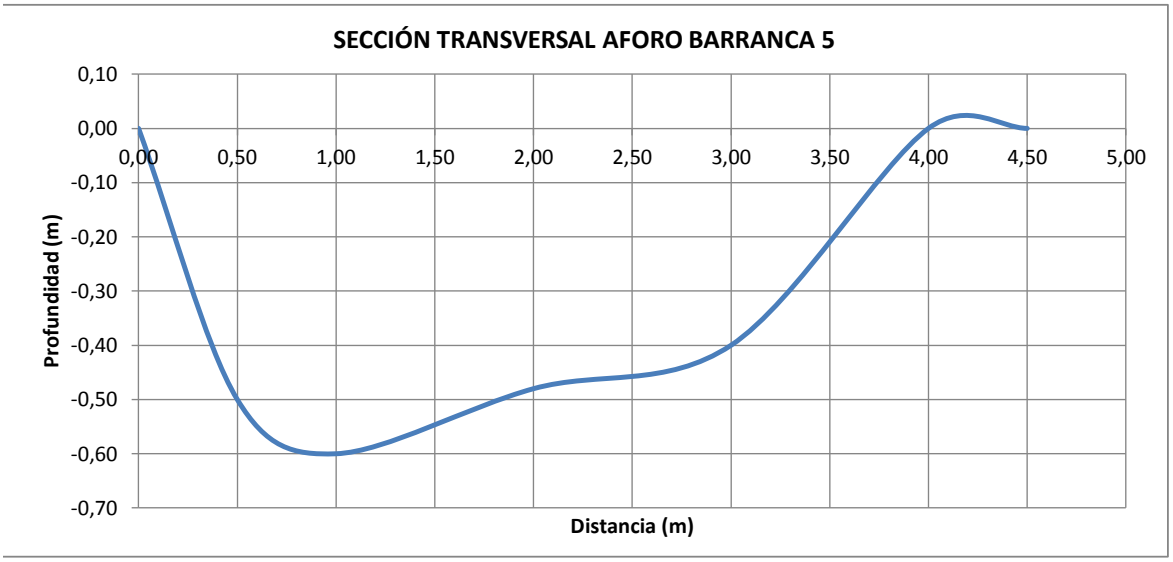
Punto 5



Nombre GPS	BARRANCA5	
Nombre Mapas	B5	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	449087	485401
Coordenada y	1121036	235629
Coordenada z	1060	1060
Fecha	19 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,50	-0,50	0,50	0,00	0,125	0,000
1,00	-0,60	0,60	0,30	0,275	0,083
2,00	-0,48	0,48	0,30	0,540	0,162
3,00	-0,40	0,40	0,10	0,440	0,044
4,00	0,00	0,00	0,40	0,200	0,080
4,50	0,00	0,00	0,40	0,000	0,000
			Caudal B5 (m3/s)		**0,369**
			Caudal B5 (l/s)		369
			Caudal B8 (m3/s)		0,108
			Caudal B8 (l/s)		108



RÍO BARRANCA

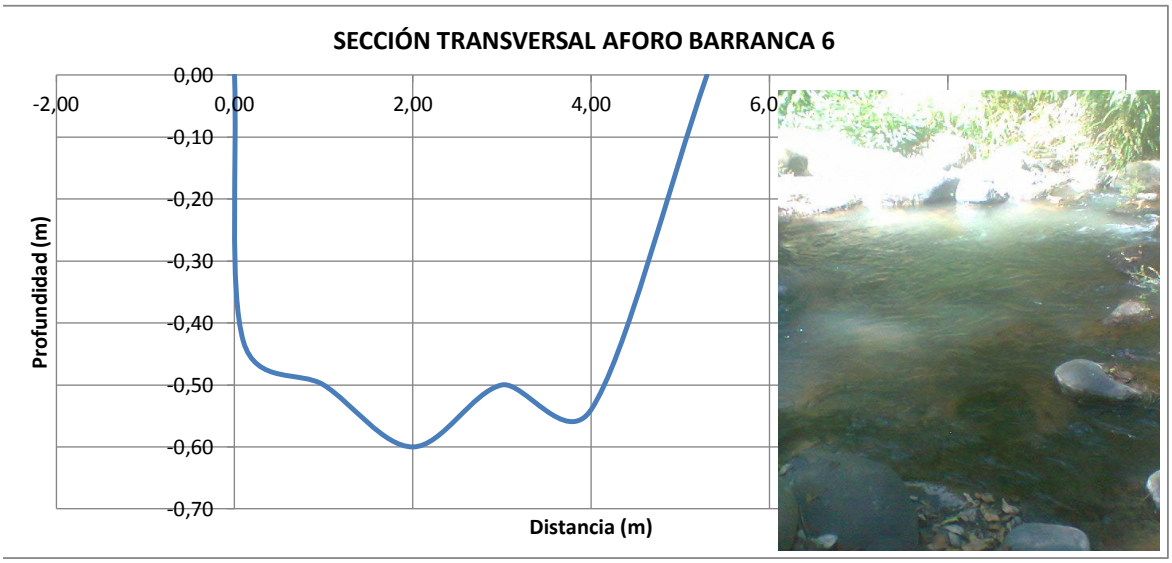
Punto 6

Nombre GPS	BARRANCA6	
Nombre Mapas	B6	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	448998	485311
Coordenada y	1121033	235621
Coordenada z	1077	1077
Fecha	19 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,10	-0,43	0,43	0,00	0,022	0,000
1,00	-0,50	0,50	0,00	0,419	0,000
2,00	-0,60	0,60	0,40	0,550	0,220
3,00	-0,50	0,50	0,00	0,550	0,000
4,00	-0,54	0,54	0,20	0,520	0,104
5,30	0,00	0,00	0,00	0,351	0,000

Caudal B6 (m3/s)	**0,324**
Caudal B6 (l/s)	324
Caudal B4+B5 (m3/s)	0,460
Caudal B4+B5 (l/s)	460



RÍO BARRANCA



Punto 7

Nombre GPS	BARRANCA7	
Nombre Mapas	B7	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	448962	485274
Coordenada y	1121003	235589
Coordenada z	1067	1067
Fecha	19 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,50	-0,18	0,18	0,00	0,045	0,000
1,00	-0,22	0,22	0,00	0,100	0,000
2,00	-0,39	0,39	0,20	0,305	0,061
3,00	-0,51	0,51	0,20	0,450	0,090
4,00	-0,38	0,38	0,20	0,445	0,089
5,00	-0,22	0,22	0,20	0,300	0,060
6,00	-0,27	0,27	0,20	0,245	0,049
6,20	0,00	0,00	0,20	0,027	0,005

Caudal B7 (m3/s)	**0,354**
Caudal B7 (l/s)	354
Caudal B6 (m3/s)	0,324
Caudal B6 (l/s)	324



RÍO BARRANCA

Punto 8

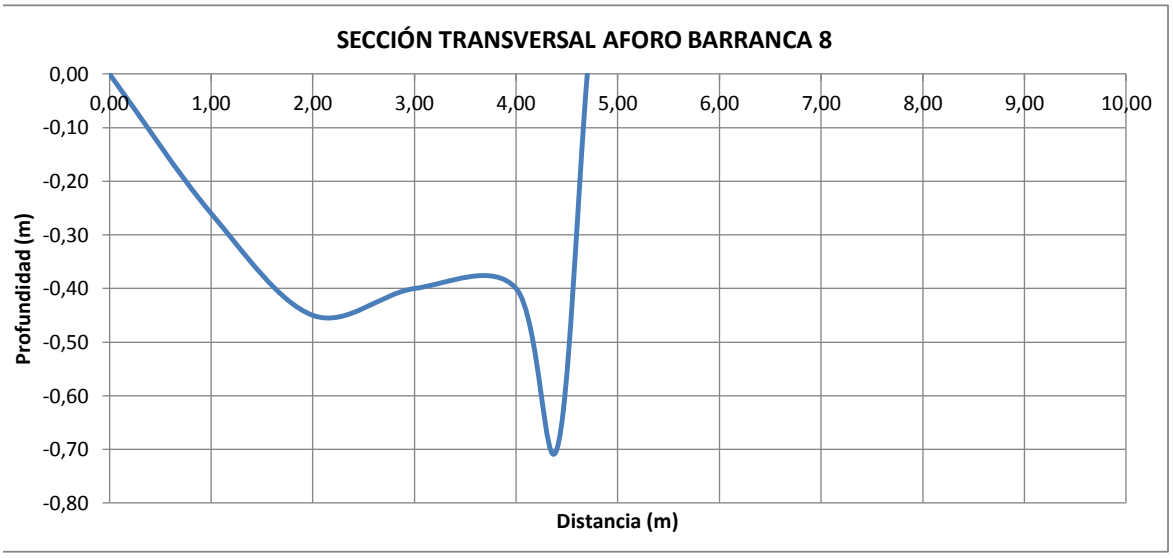


Nombre GPS	BARRANCA8	
Nombre Mapas	B8	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	450244	486555
Coordenada y	1121776	236365
Coordenada z	1120	1120
Fecha	24 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
1,00	-0,26	0,26	0,05	0,130	0,007
2,00	-0,45	0,45	0,05	0,355	0,018
3,00	-0,40	0,40	0,05	0,425	0,021
4,00	-0,40	0,40	0,10	0,400	0,040
4,40	-0,70	0,70	0,10	0,220	0,022
4,70	0,00	0,00	0,00	0,105	0,000

Caudal B8 (m3/s)	**0,108**
Caudal B8 (l/s)	108
Caudal B9 (m3/s)	0,088
Caudal B9 (l/s)	88



RÍO BARRANCA

Punto 9



Nombre GPS	BARRANCA9	
Nombre Mapas	B9	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	450244	486612
Coordenada y	1121776	236395
Coordenada z	1120	1120
Fecha	24 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,05	0,000	0,000
1,00	-0,59	0,59	0,10	0,295	0,030
2,00	-0,47	0,47	0,10	0,530	0,053
2,50	0,00	0,00	0,05	0,118	0,006

Caudal B9 (m3/s)	**0,088**
Caudal B9 (l/s)	88
Caudal B11+B10 (m3/s)	0,075
Caudal B11+B10 (l/s)	75



RÍO BARRANCA



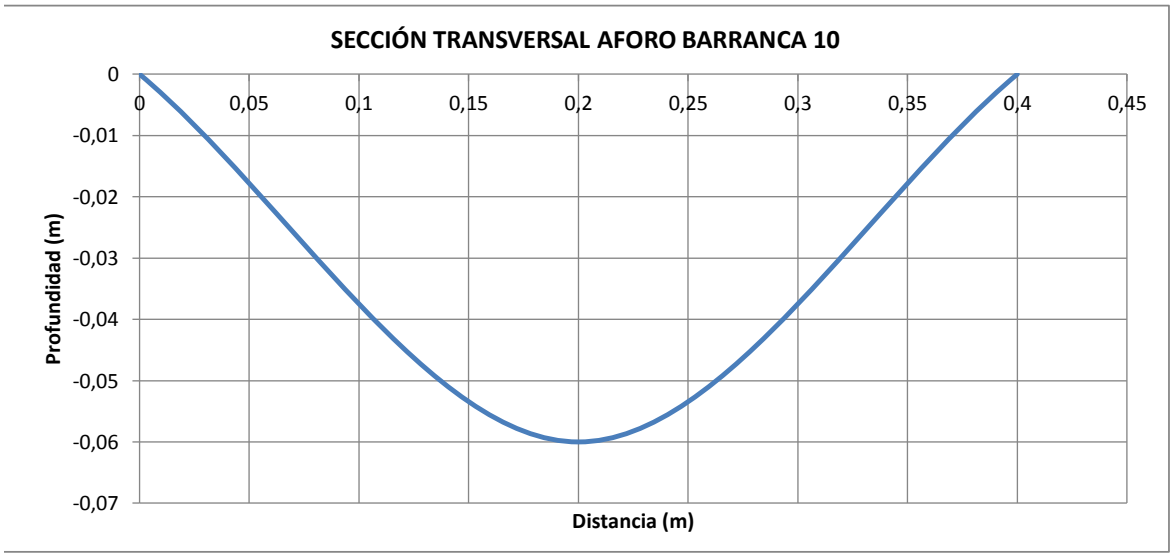
Punto 10

Nombre GPS	BARRANCA10	
Nombre Mapas	B10	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	450352	486663
Coordenada y	1121891	236480
Coordenada z	1124	1124
Fecha	24 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0	0	0	0,5	0,000	0,000
0,2	-0,06	0,06	0,5	0,006	0,003
0,4	0	0	0,5	0,006	0,003

Caudal B10 (m3/s)	**0,006**
Caudal B9 (l/s)	6



RÍO BARRANCA



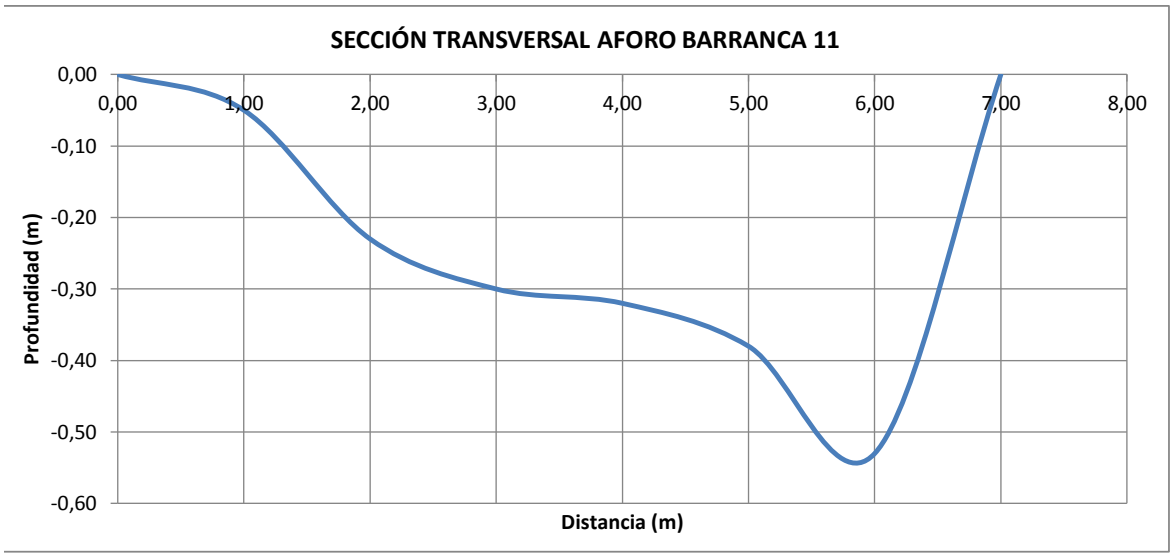
Punto 11

Nombre GPS	BARRANCA11	
Nombre Mapas	B11	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	450350	486675
Coordenada y	1121856	236459
Coordenada z	1089	1089
Fecha	24 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
1,00	-0,05	0,05	0,00	0,025	0,000
2,00	-0,23	0,23	0,00	0,140	0,000
3,00	-0,30	0,30	0,05	0,265	0,013
4,00	-0,32	0,32	0,05	0,310	0,016
5,00	-0,38	0,38	0,05	0,350	0,018
6,00	-0,53	0,53	0,05	0,455	0,023
7,00	0,00	0,00	0,00	0,265	0,000

Caudal B11 (m3/s)	**0,069**
Caudal B11 (l/s)	69
Caudal B12+B13 (m3/s)	0,060
Caudal B12+B13 (l/s)	60



RÍO BARRANCA



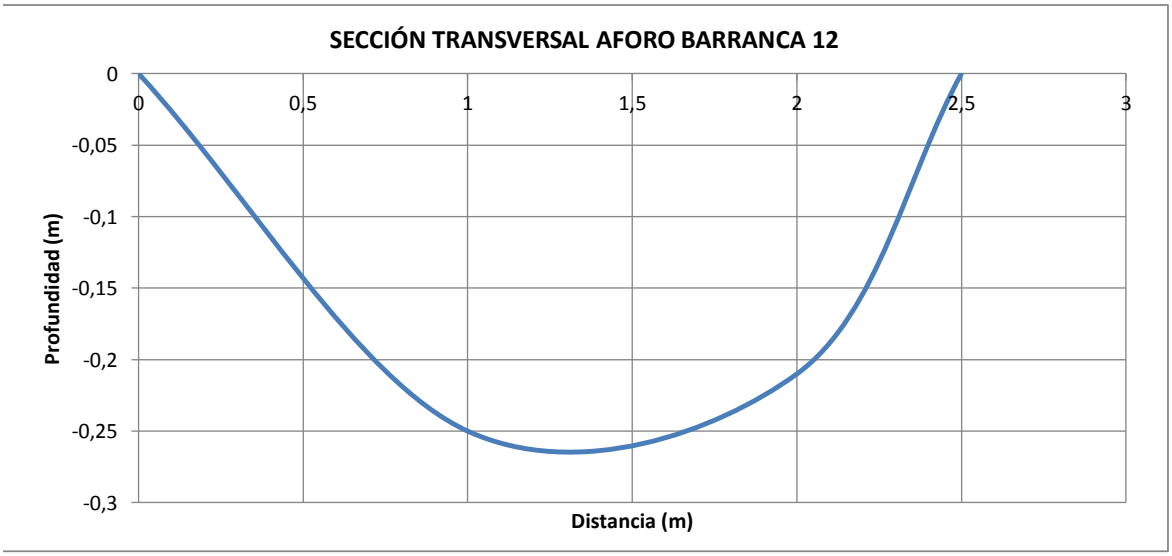
Punto 12

Nombre GPS	BARRANCA12	
Nombre Mapas	B12	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	450984	487280
Coordenada y	1121596	236204
Coordenada z	1128	1128
Fecha	24 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0	0	0	0	0,000	0,000
1	-0,25	0,1	0,1	0,050	0,005
2	-0,21	0,1	0,1	0,100	0,010
2,5	0	0	0	0,025	0,000

Caudal B12 (m3/s)	**0,015**
Caudal B12 (l/s)	15



RÍO BARRANCA



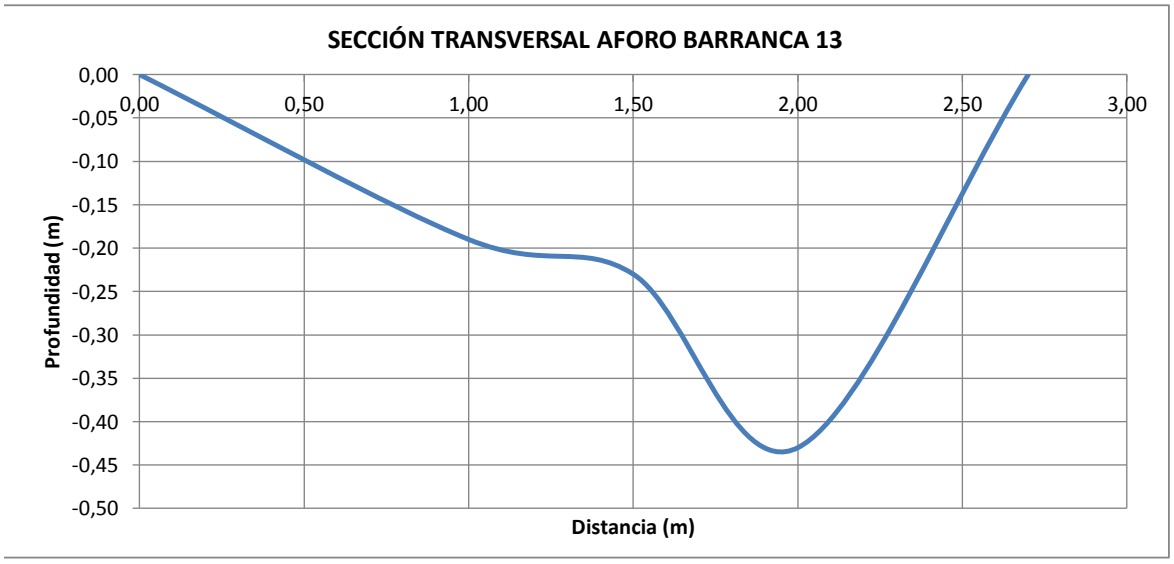
Punto 13

Nombre GPS	BARRANCA13	
Nombre Mapas	B13	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	451232	487542
Coordenada y	1122005	236644
Coordenada z	1147	1147
Fecha	24 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
1,00	-0,19	0,10	0,20	0,050	0,010
1,50	-0,23	0,10	0,30	0,050	0,015
2,00	-0,43	0,10	0,40	0,050	0,020
2,70	0,00	0,10	0,00	0,070	0,000

Caudal B13 (m3/s)	**0,045**
Caudal B13 (l/s)	45
Caudal B21 (m3/s)	0,215
Caudal B21 (l/s)	215



RÍO BARRANCA



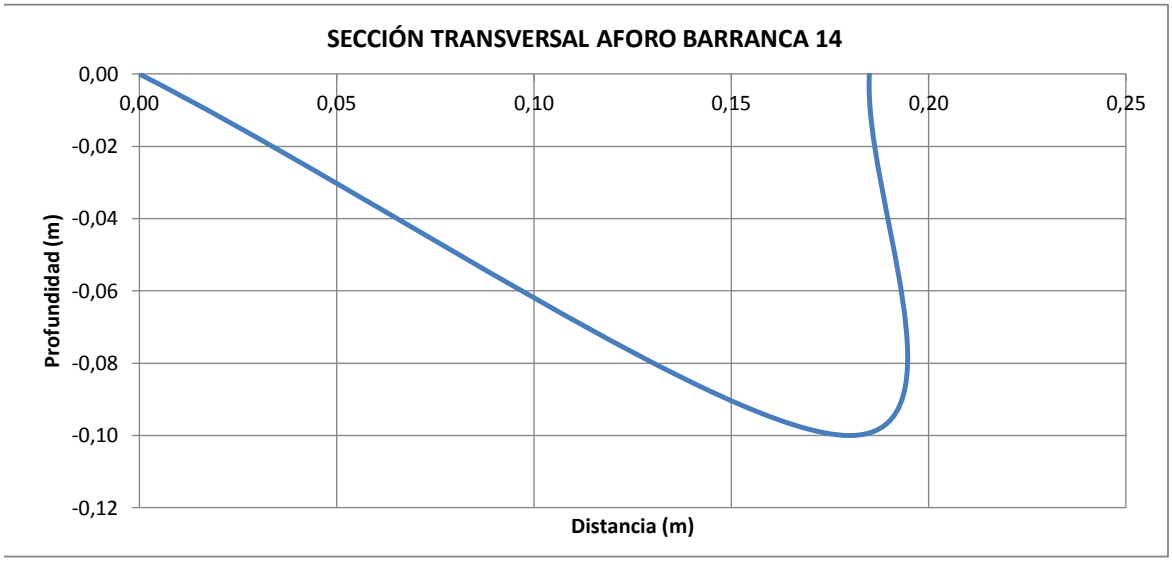
Punto 14

Nombre GPS	BARRANCA14	
Nombre Mapas	B14	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	459228	495537
Coordenada y	1123705	238305
Coordenada z	1619	1619
Fecha	24 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,25	0,000	0,000
0,18	-0,10	0,10	0,25	0,009	0,002
0,19	0,00	0,10	0,25	0,001	0,000

Caudal B14 (m3/s)	**0,002**
Caudal B14 (l/s)	2



RÍO BARRANCA



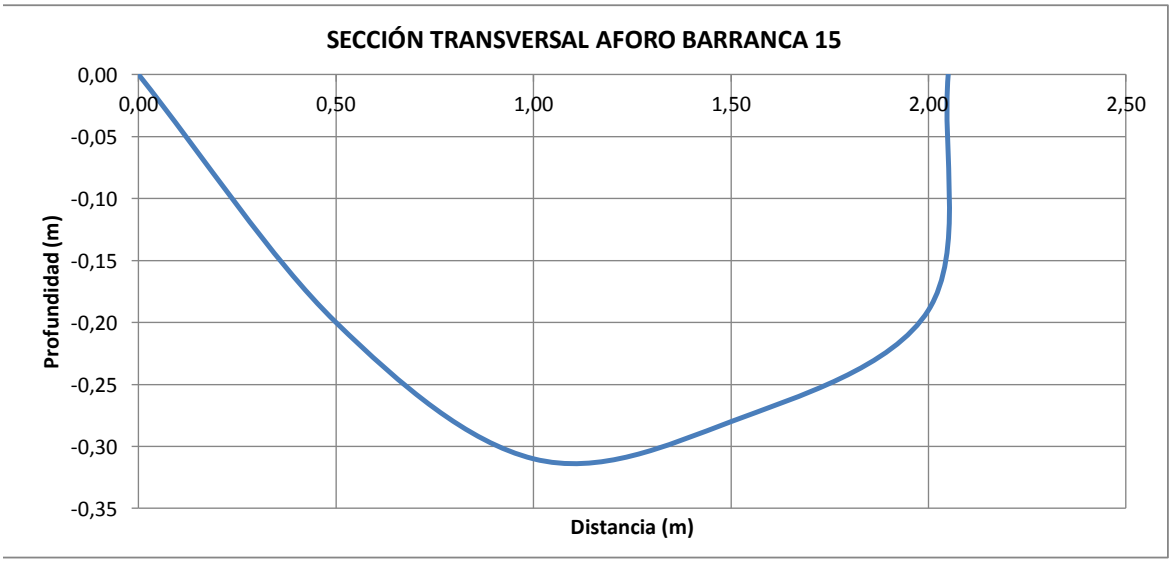
Punto 15

Nombre GPS	BARRANCA15	
Nombre Mapas	B15	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	459226	495535
Coordenada y	1123714	238314
Coordenada z	1619	1619
Fecha	24 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,10	0,000	0,000
0,50	-0,20	0,20	0,10	0,050	0,005
1,00	-0,31	0,31	0,10	0,128	0,013
1,50	-0,28	0,28	0,10	0,148	0,015
2,00	-0,19	0,19	0,10	0,118	0,012
2,05	0,00	0,00	0,10	0,005	0,000

Caudal B15 (m3/s)	**0,045**
Caudal B14 (l/s)	45
Caudal B33 (m3/s)	0,015
Caudal B33 (l/s)	15



RÍO BARRANCA



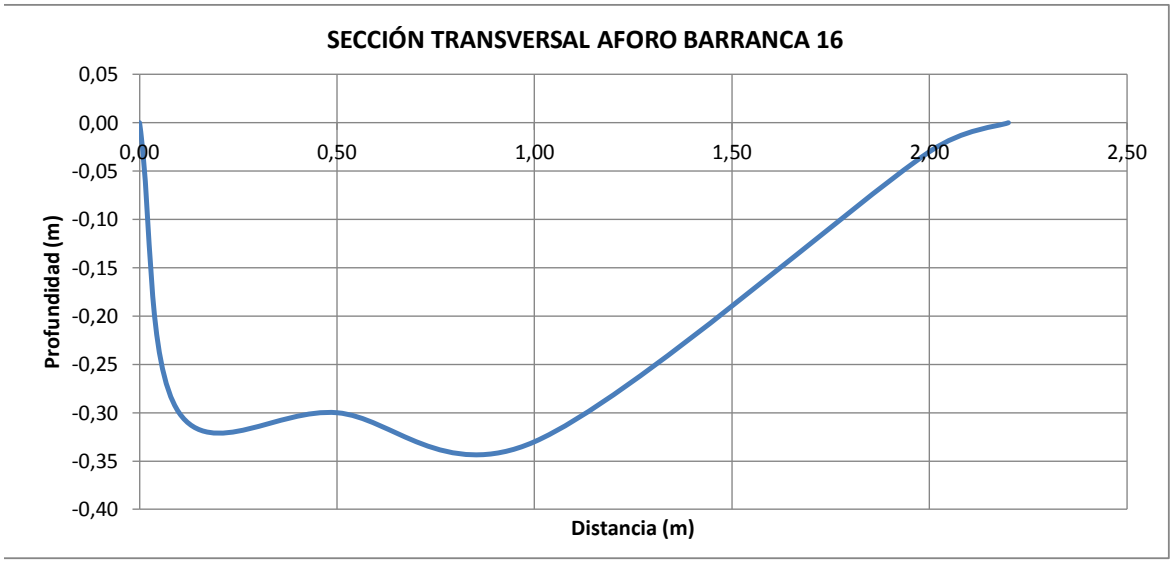
Punto 16

Nombre GPS	BARRANCA16
Nombre Mapas	B16
Coordenadas	CRTM05 Lambert Norte
Coordenada X	459168
Coordenada y	1123709
Coordenada z	1613
Fecha	24 de febrero de 2015

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,10	-0,30	0,30	0,00	0,015	0,000
0,50	-0,30	0,30	0,10	0,120	0,012
1,00	-0,33	0,33	0,25	0,158	0,039
2,00	-0,03	0,03	0,00	0,180	0,000
2,20	0,00	0,00	0,00	0,003	0,000

Caudal B16 (m3/s)	**0,051**
Caudal B16 (l/s)	51
Caudal B15+B14 (m3/s)	0,047
Caudal B15+B14 (l/s)	47



RÍO BARRANCA



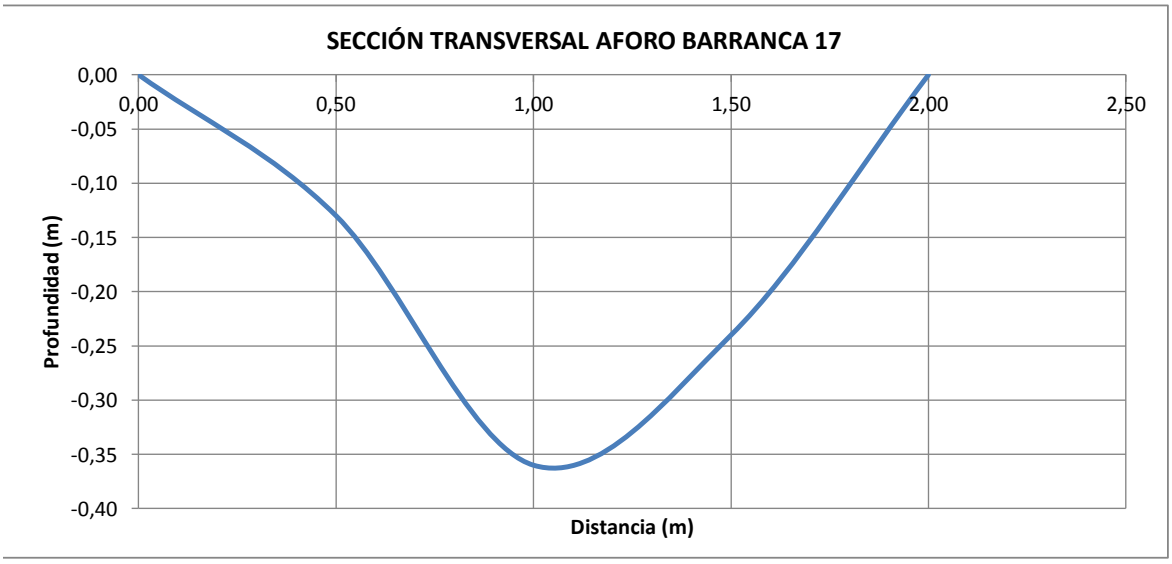
Punto 17

Nombre GPS	BARRANCA17	
Nombre Mapas	B17	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	459147	495456
Coordenada y	1123711	238310
Coordenada z	1613	1613
Fecha	24 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,50	-0,13	0,13	0,15	0,033	0,005
1,00	-0,36	0,36	0,20	0,123	0,025
1,50	-0,24	0,24	0,15	0,150	0,023
2,00	0,00	0,00	0,00	0,060	0,000

Caudal B17 (m3/s)	**0,052**
Caudal B17 (l/s)	52
Caudal B16 (m3/s)	0,051
Caudal B16 (l/s)	51



RÍO BARRANCA

Punto 18



Nombre GPS	BARRANCA18	
Nombre Mapas	B18	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	448510	484821
Coordenada y	1119363	233953
Coordenada z	999	999
Fecha	26 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
1,00	-0,36	0,36	0,10	0,180	0,018
1,50	-0,38	0,38	0,15	0,185	0,028
2,00	-0,25	0,25	0,20	0,158	0,032
3,00	-0,57	0,57	0,20	0,410	0,082
4,00	-0,40	0,40	0,30	0,485	0,146
5,00	-0,32	0,32	0,20	0,360	0,072
6,00	-0,29	0,29	0,15	0,305	0,046
7,00	0,00	0,00	0,00	0,145	0,000

Caudal B18 (m3/s)	**0,423**
Caudal B18 (l/s)	423
Caudal B7 (m3/s)	0,354
Caudal B7 (l/s)	354



RÍO BARRANCA



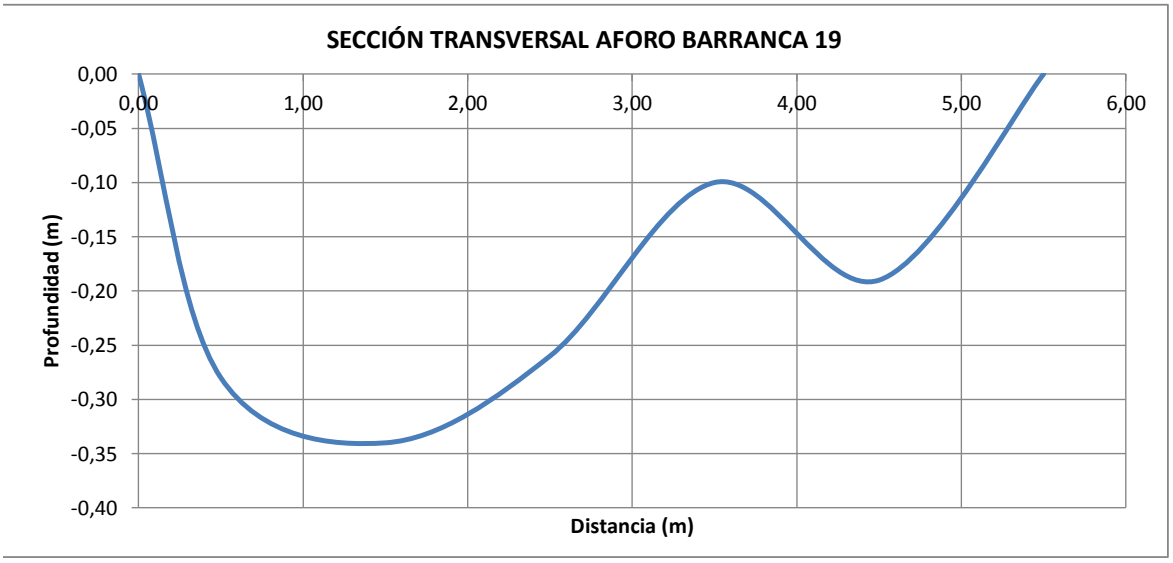
Punto 19

Nombre GPS	BARRANCA19	
Nombre Mapas	B19	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	451465	487777
Coordenada y	1122136	236727
Coordenada z	1156	1156
Fecha	26 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,50	-0,28	0,28	0,00	0,070	0,000
1,50	-0,34	0,34	0,10	0,310	0,031
2,50	-0,26	0,26	0,30	0,300	0,090
3,50	-0,10	0,10	0,30	0,180	0,054
4,50	-0,19	0,19	0,55	0,145	0,080
5,50	0,00	0,00	0,00	0,095	0,000

Caudal B19 (m3/s)	**0,255**
Caudal B19 (l/s)	255
Caudal B23	0,260
Caudal B23 (l/s)	260



RÍO BARRANCA



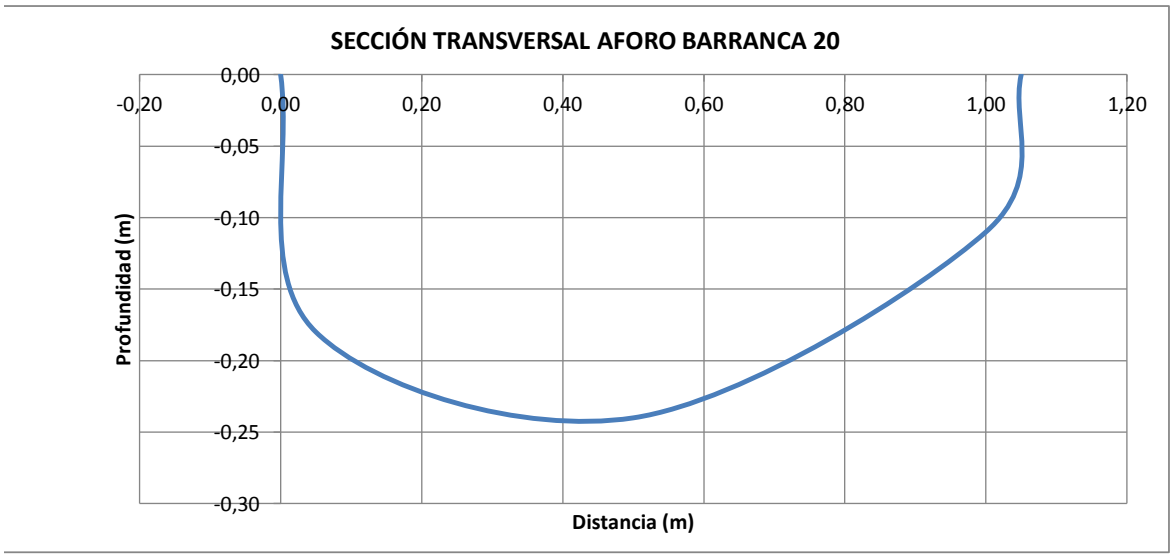
Punto 20

Nombre GPS	BARRANCA20	
Nombre Mapas	B20	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	451493	487806
Coordenada y	1122117	236708
Coordenada z	1159	1159
Fecha	26 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,05	-0,18	0,18	0,10	0,005	0,000
0,50	-0,24	0,24	0,20	0,095	0,019
1,00	-0,11	0,11	0,10	0,088	0,009
1,05	0,00	0,00	0,10	0,003	0,000

Caudal B20 (m3/s)	**0,028**
Caudal B20 (l/s)	28



RÍO BARRANCA

Punto 21

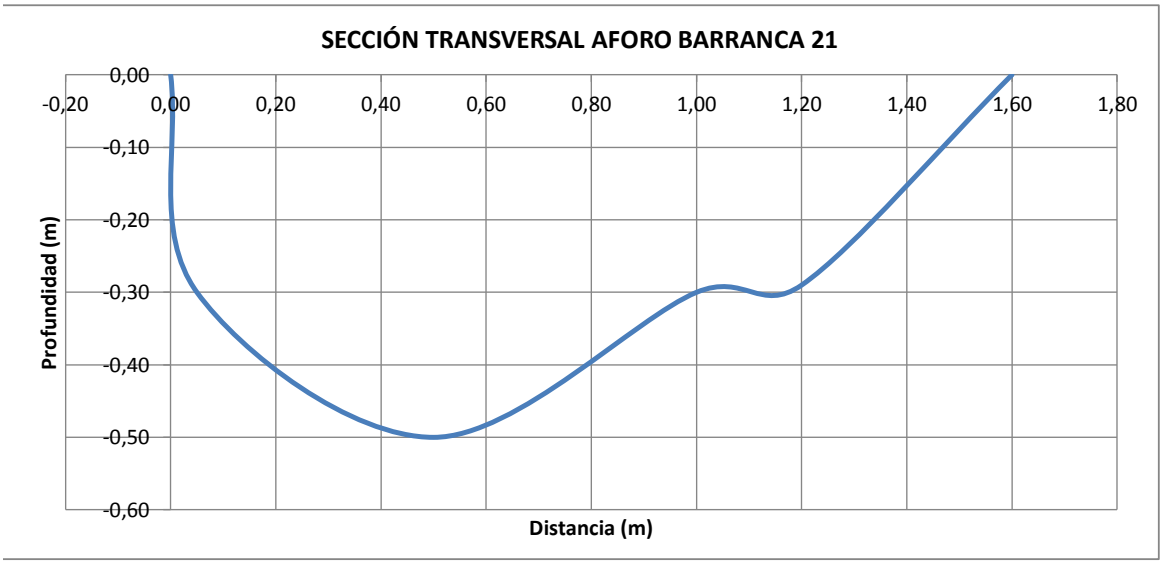


Nombre GPS	BARRANCA21	
Nombre Mapas	B21	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	451348	487661
Coordenada y	1122132	236722
Coordenada z	1152	1152
Fecha	26 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,45	0,000	0,000
0,05	-0,30	0,30	0,45	0,008	0,003
0,50	-0,50	0,50	0,45	0,180	0,081
1,00	-0,30	0,30	0,45	0,200	0,090
1,20	-0,29	0,29	0,40	0,059	0,024
1,60	0,00	0,00	0,30	0,058	0,017

Caudal B21 (m3/s)	**0,215**
Caudal B21 (l/s)	215
Caudal B19+B20 (m3/s)	0,283
Caudal B19+B20 (l/s)	283



RÍO BARRANCA

Punto 22

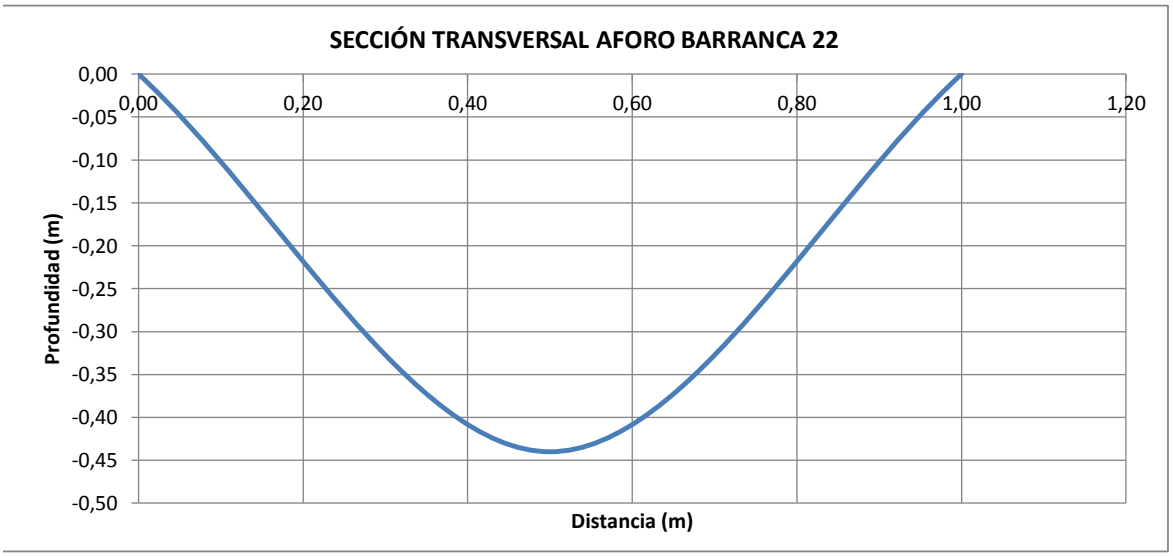


Nombre GPS	BARRANCA22	
Nombre Mapas	B223	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	452652	488939
Coordenada y	1123869	238437
Coordenada z	1283	1283
Fecha	9 de marzo de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,10	0,000	0,000
0,50	-0,44	0,44	0,50	0,110	0,055
1,00	0,00	0,00	0,10	0,110	0,011

Caudal B22 (m3/s)	**0,066**
Caudal B22 (l/s)	66
Caudal B28 (m3/s)	0,061
Caudal B28 (l/s)	61



RÍO BARRANCA



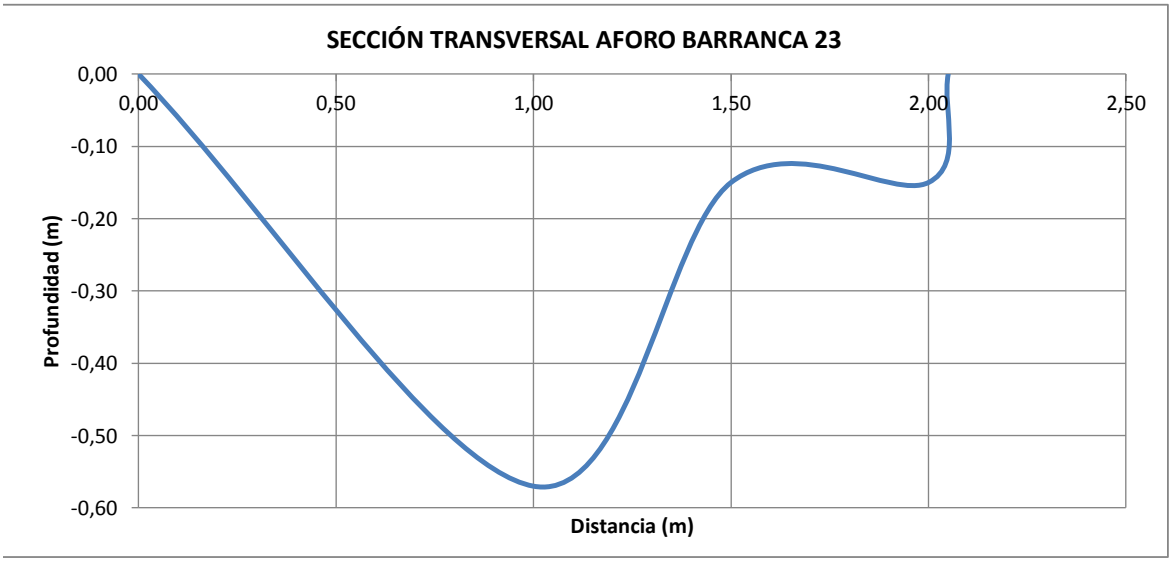
Punto 23

Nombre GPS	BARRANCA23	
Nombre Mapas	B23	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	452400	488709
Coordenada y	1123516	238108
Coordenada z	1234	1234
Fecha	9 de marzo de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,30	0,000	0,000
1,00	-0,57	0,57	0,55	0,285	0,157
1,50	-0,15	0,15	0,55	0,180	0,099
2,00	-0,15	0,15	0,05	0,075	0,004
2,05	0,00	0,00	0,05	0,004	0,000

Caudal B23 (m3/s)	**0,260**
Caudal B23 (l/s)	260
Caudal B24 (m3/s)	0,236
Caudal B24 (l/s)	236



RÍO BARRANCA



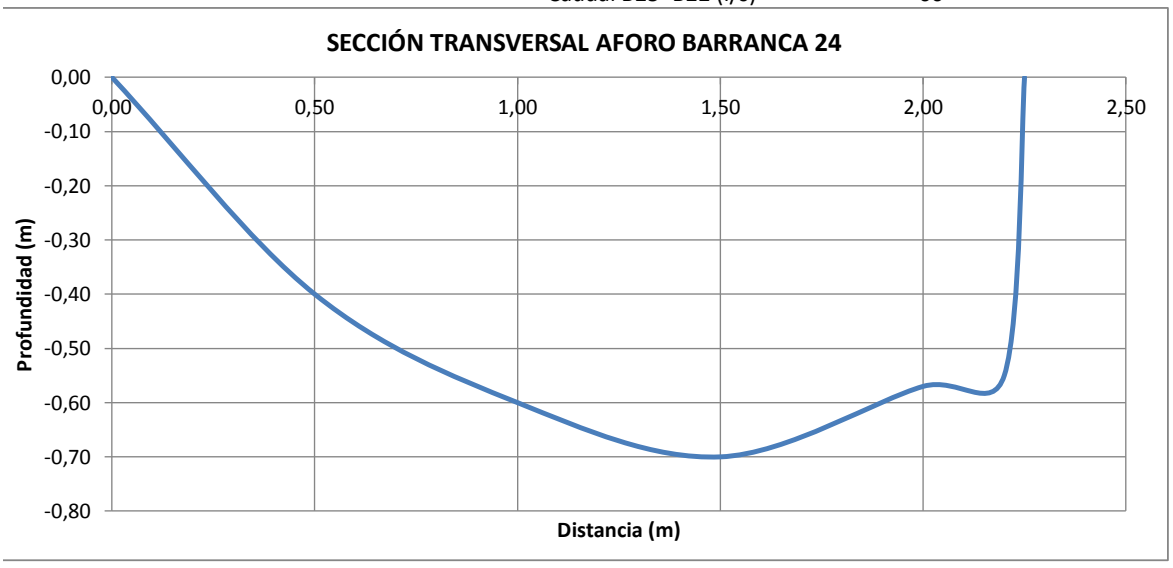
Punto 24

Nombre GPS	BARRANCA24	
Nombre Mapas	B24	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	452470	488777
Coordenada y	1123561	238156
Coordenada z	1248	1248
Fecha	9 de marzo de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,05	0,000	0,000
0,50	-0,40	0,40	0,10	0,100	0,010
1,00	-0,60	0,60	0,15	0,250	0,038
1,50	-0,70	0,70	0,25	0,325	0,081
2,00	-0,57	0,57	0,25	0,318	0,079
2,20	-0,55	0,55	0,25	0,112	0,028
2,25	0,00	0,00	0,00	0,014	0,000

Caudal B24 (m3/s)	**0,236**
Caudal B24 (l/s)	236
Caudal B25+B22 (m3/s)	0,066
Caudal B25+B22 (l/s)	66



RÍO BARRANCA



Punto 25

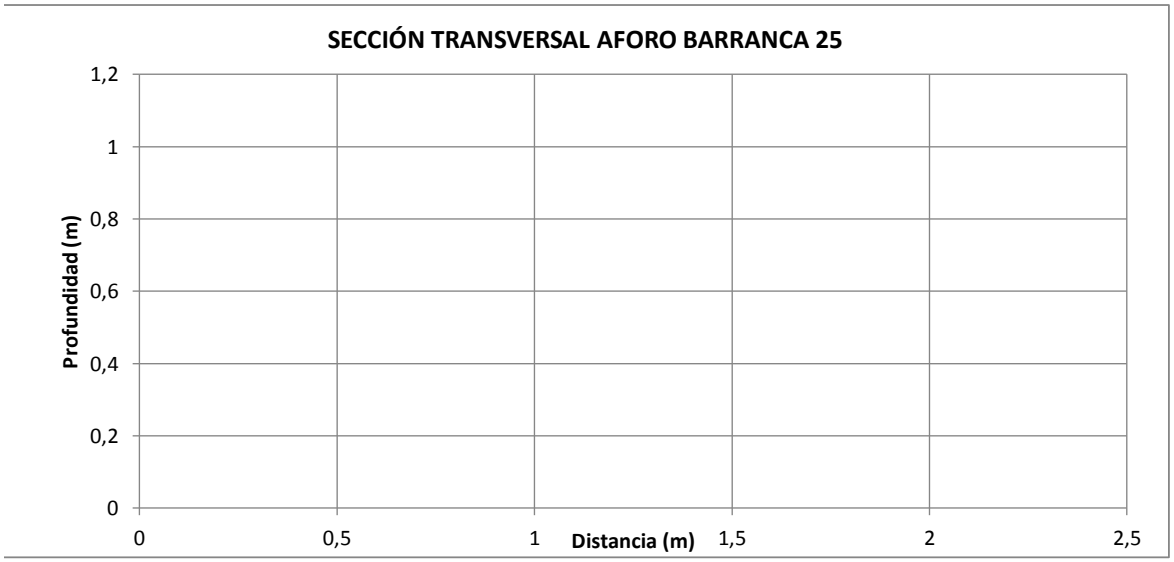
Nombre GPS	BARRANCA25	
Nombre Mapas	B25	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	452518	488829
Coordenada y	1123559	238151
Coordenada z	1248	1248
Fecha	9 de marzo de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)

SECO

Caudal **0,000**



RÍO BARRANCA



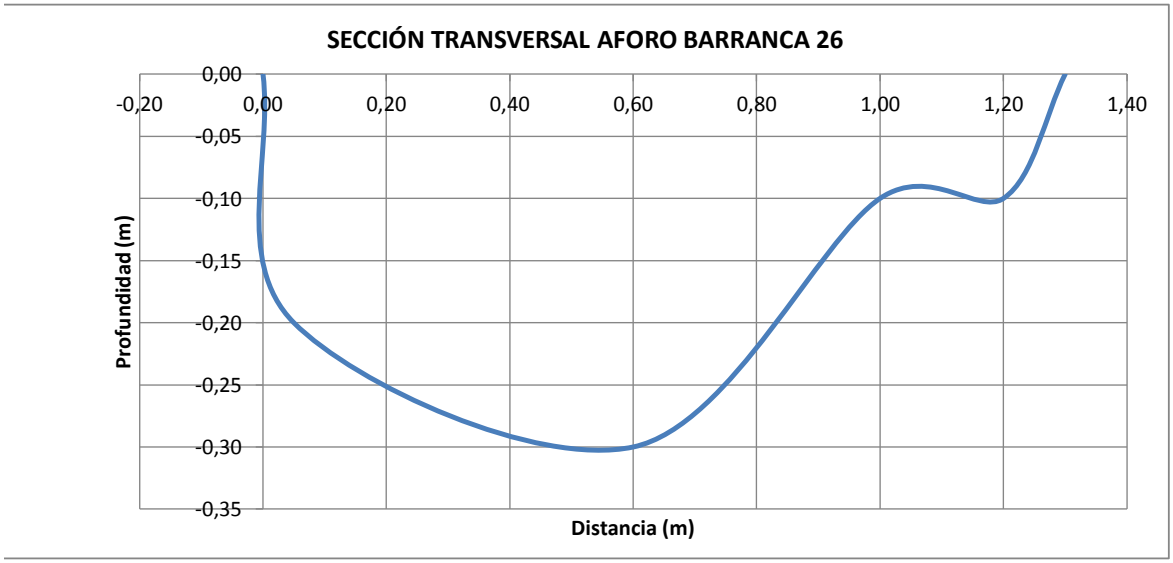
Punto 26

Nombre GPS	BARRANCA26
Nombre Mapas	B26
Coordenadas	CRTM05 Lambert Norte
Coordenada X	456024
Coordenada y	1123156
Coordenada z	1465
Fecha	9 de marzo de 2015

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,05	0,000	0,000
0,05	-0,20	0,20	0,15	0,005	0,001
0,60	-0,30	0,30	0,35	0,138	0,048
1,00	-0,10	0,10	0,20	0,080	0,016
1,20	-0,10	0,10	0,00	0,020	0,000
1,30	0,00	0,00	0,00	0,005	0,000

Caudal B26 (m3/s)	**0,065**
Caudal B26 (l/s)	65
Caudal B17 (m3/s)	0,052
Caudal B17 (l/s)	52



RÍO BARRANCA



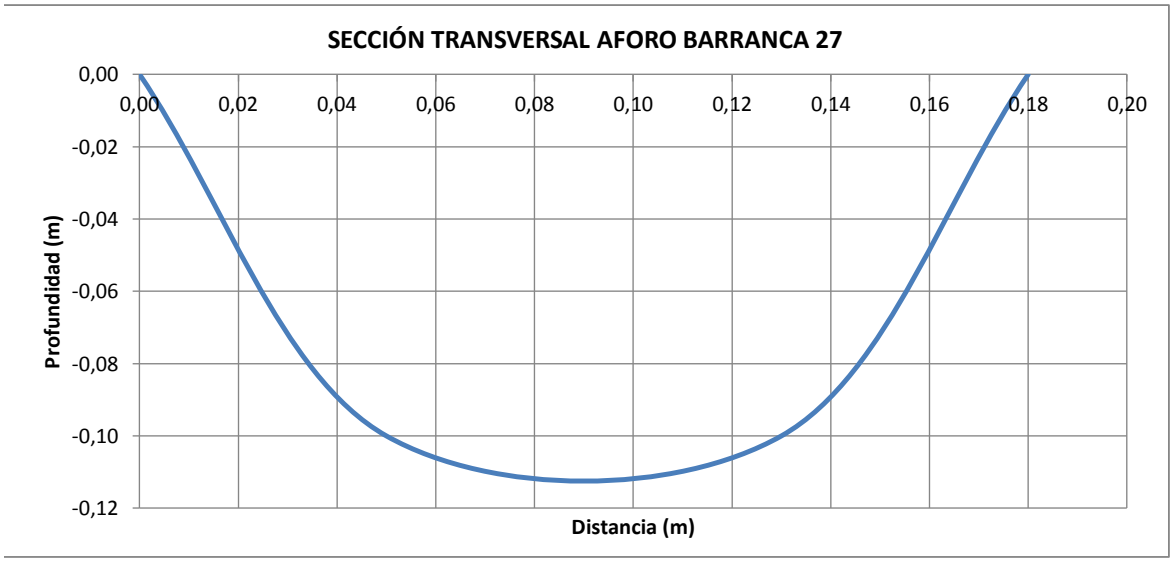
Punto 27

Nombre GPS	BARRANCA27	
Nombre Mapas	B26	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	455948	492326
Coordenada y	1123215	237760
Coordenada z	1470	1470
Fecha	9 de marzo de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,70	0,000	0,000
0,05	-0,10	0,10	0,70	0,003	0,002
0,13	-0,10	0,10	0,70	0,008	0,006
0,18	0,00	0,00	0,70	0,003	0,002

Caudal B27 (l/s)	**0,009**
Caudal B27 (l/s)	9



RÍO BARRANCA



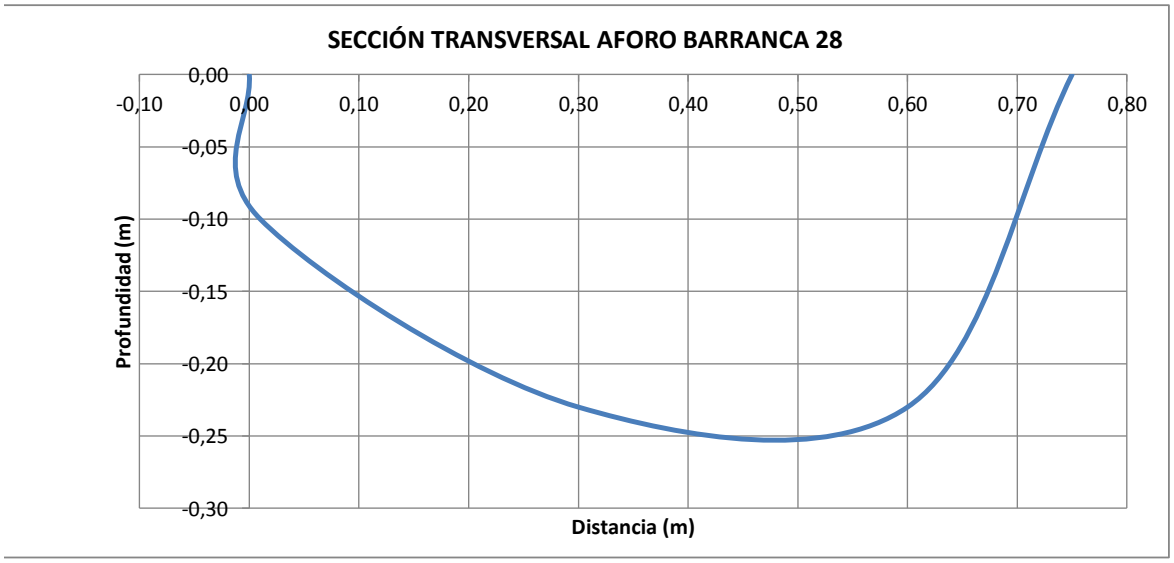
Punto 28

Nombre GPS	BARRANCA28	
Nombre Mapas	B28	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	455811	492128
Coordenada y	1123233	237820
Coordenada z	1454	1454
Fecha		

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,55	0,000	0,000
0,01	-0,10	0,10	0,55	0,001	0,000
0,30	-0,23	0,23	0,55	0,048	0,026
0,60	-0,23	0,23	0,40	0,069	0,028
0,75	0,00	0,00	0,40	0,017	0,007

Caudal B28 (m3/s)	**0,061**
Caudal B28 (l/s)	61
Caudal B29 (m3/s)	0,080
Caudal B29 (l/s)	80



RÍO BARRANCA



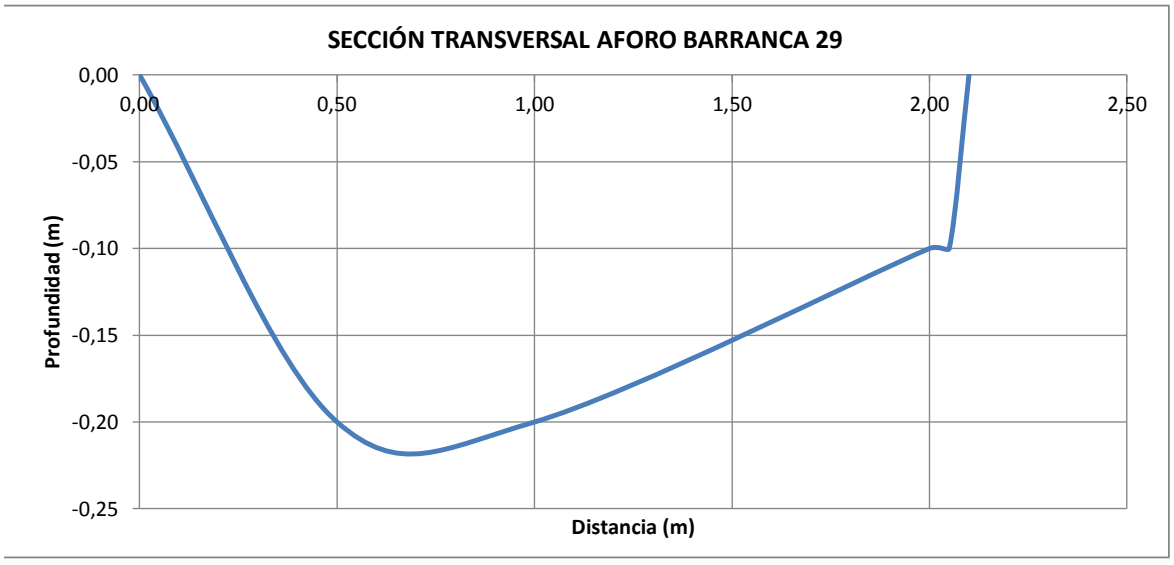
Punto 29

Nombre GPS	BARRANCA29	
Nombre Mapas	B29	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	455840	492151
Coordenada y	1123184	237782
Coordenada z	1470	1470
Fecha	9 de marzo del 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,50	-0,20	0,20	0,25	0,050	0,013
1,00	-0,20	0,20	0,30	0,100	0,030
2,00	-0,10	0,10	0,25	0,150	0,038
2,05	-0,10	0,10	0,00	0,005	0,000
2,10	0,00	0,00	0,00	0,003	0,000

Caudal B29 (m3/s)	**0,080**
Caudal B29 (l/s)	80
Caudal B26+B27 (m3/s)	0,074
Caudal B26 (l/s)	74



RÍO BARRANCA



Punto 30

Nombre GPS	BARRANCA30	
Nombre Mapas	B30	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	461102	497408
Coordenada y	1125451	240056
Coordenada z	1833	1833
Fecha	9 de marzo de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)

Seco

Caudal B30 **0,000**



RÍO BARRANCA



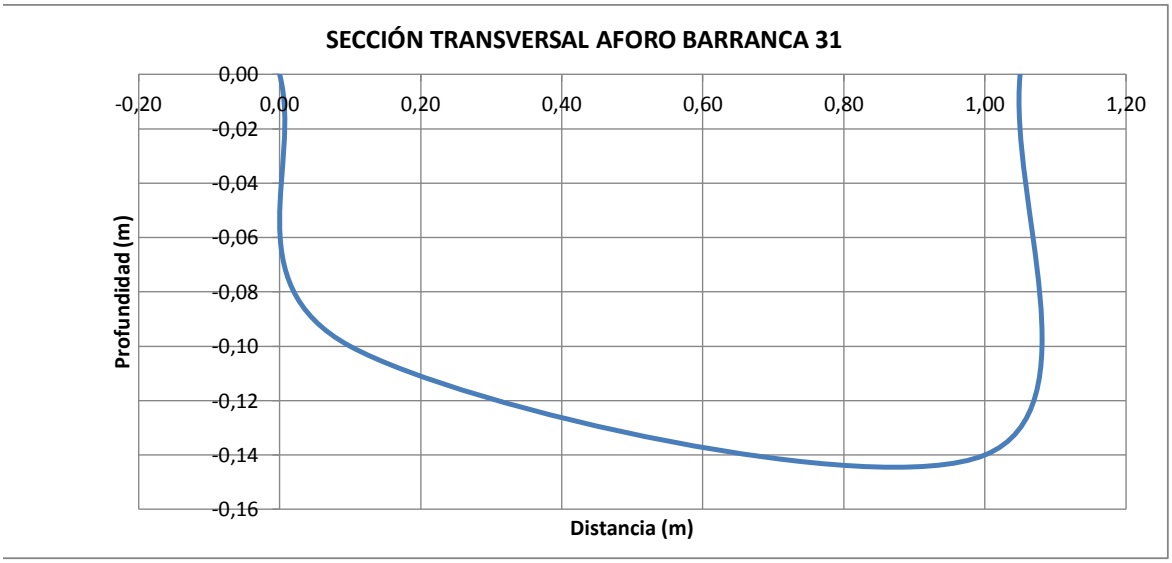
Punto 31

Nombre GPS	BARRANCA31
Nombre Mapas	B31
Coordenadas	CRTM05 Lambert Norte
Coordenada X	461052
Coordenada y	1125550
Coordenada z	1803
Fecha	9 de marzo de 2015

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,10	-0,10	0,10	0,10	0,005	0,001
1,00	-0,14	0,14	0,10	0,108	0,011
1,05	0,00	0,00	0,00	0,004	0,000

Caudal B31 (m3/s)	**0,011**
Caudal B31 (l/s)	11



RÍO BARRANCA

Punto 32

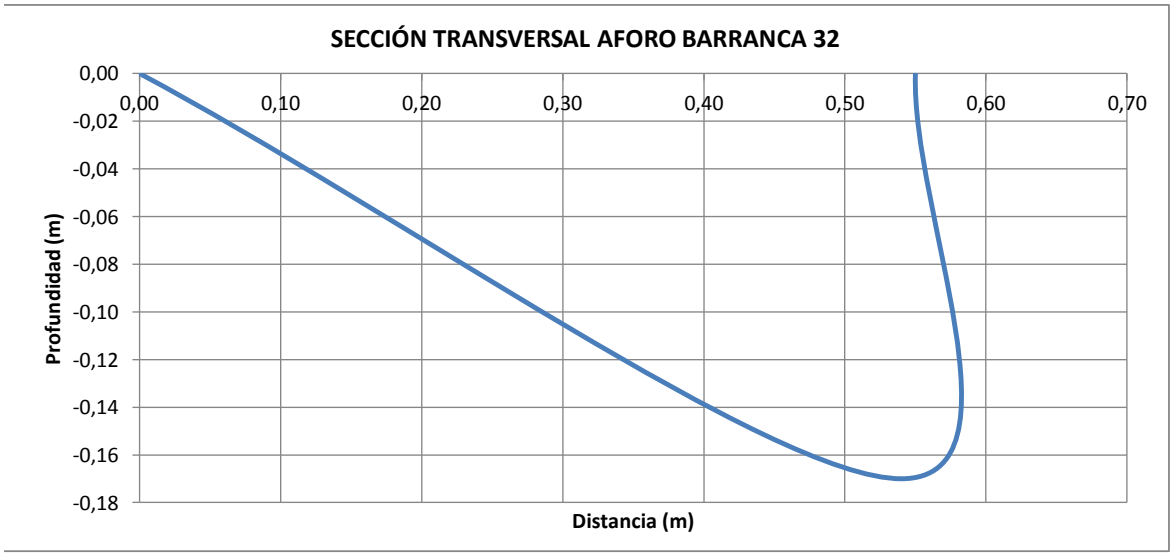
Nombre GPS	BARRANCA32	
Nombre Mapas	B32	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	461007	497315
Coordenada y	1125475	240077
Coordenada z	1799	1799
Fecha	9 de marzo de 2015	



Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,30	0,000	0,000
0,54	-0,17	0,17	0,30	0,046	0,014
0,55	0,00	0,00	0,30	0,001	0,000

Caudal B32 (m3/s)	**0,014**
Caudal B32 (l/s)	14
Caudal B31+B30 (m3/s)	0,011
Caudal B31+B30 (l/s)	11



RÍO BARRANCA



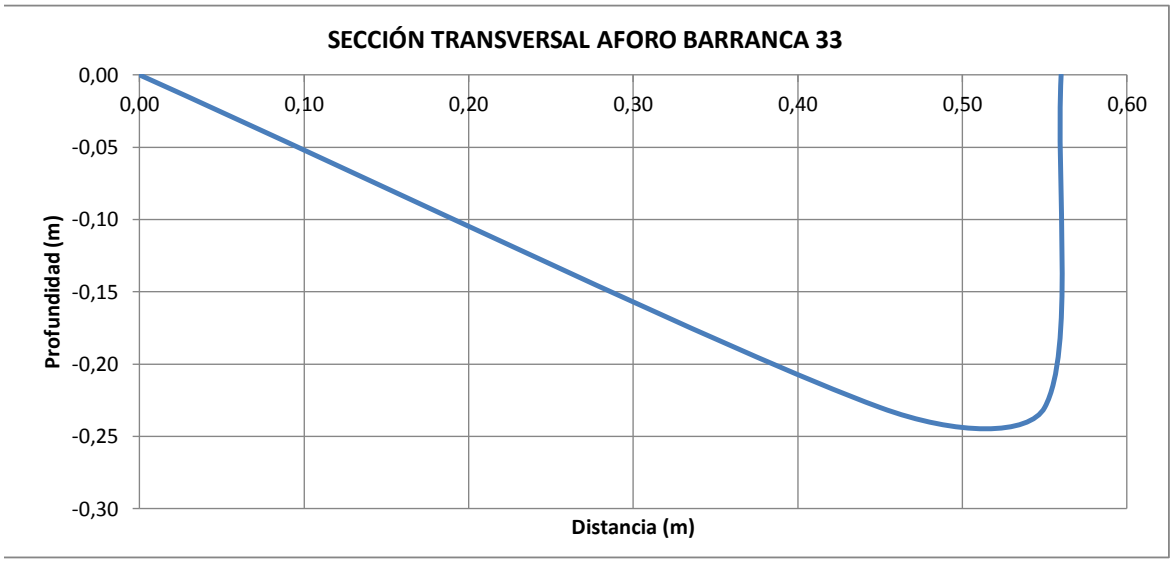
Punto 33

Nombre GPS	BARRANCA33	
Nombre Mapas	B31	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	460991	497361
Coordenada y	1225455	240152
Coordenada z	1798	1798
Fecha	9 de marzo de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,45	-0,23	0,23	0,20	0,052	0,010
0,55	-0,23	0,23	0,20	0,023	0,005
0,56	0,00	0,00	0,00	0,001	0,000

Caudal B33 (m3/s)	**0,015**
Caudal B33 (l/s)	15
Caudal B32 (m3/s)	0,014
Caudal B32 (l/s)	14



RÍO LA PAZ



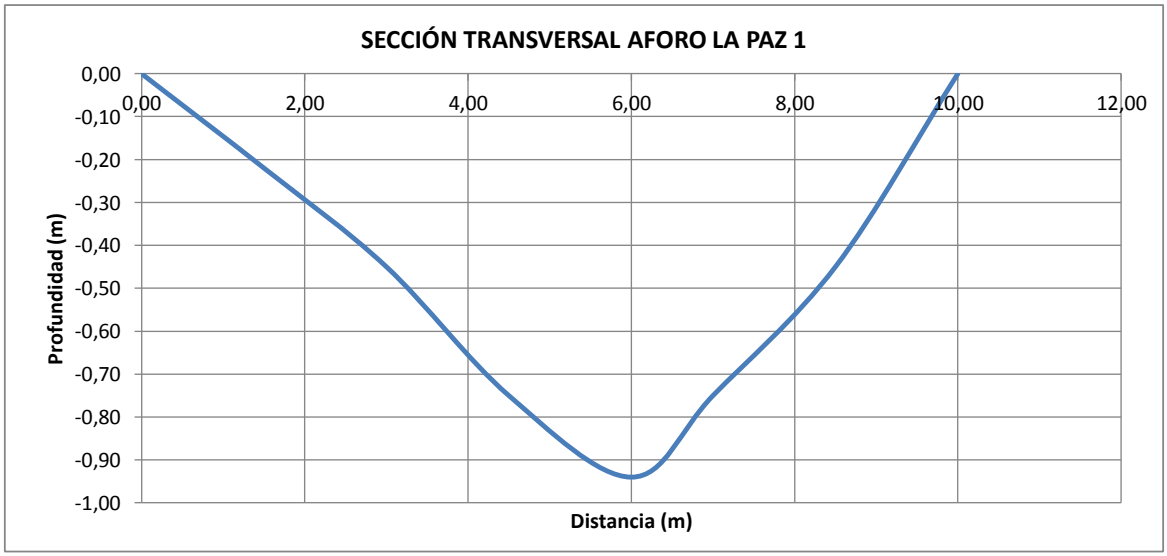
Punto 1

Nombre GPS	PAZ1	
Nombre Mapas	P1	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	437555	473864
Coordenada y	1124800	239377
Coordenada z	1244	1244
Fecha	17 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,10	0,000	0,000
1,50	-0,22	0,22	0,10	0,165	0,017
3,00	-0,45	0,45	0,10	0,503	0,050
4,50	-0,75	0,75	0,10	0,900	0,090
6,00	-0,94	0,94	0,10	1,268	0,127
7,00	-0,75	0,75	0,10	0,845	0,085
8,50	-0,45	0,45	0,10	0,900	0,090
10,00	0,00	0,00	0,10	0,338	0,034

Caudal P1 (m3/s)	**0,492**
Caudal P1 (l/s)	492



RÍO LA PAZ



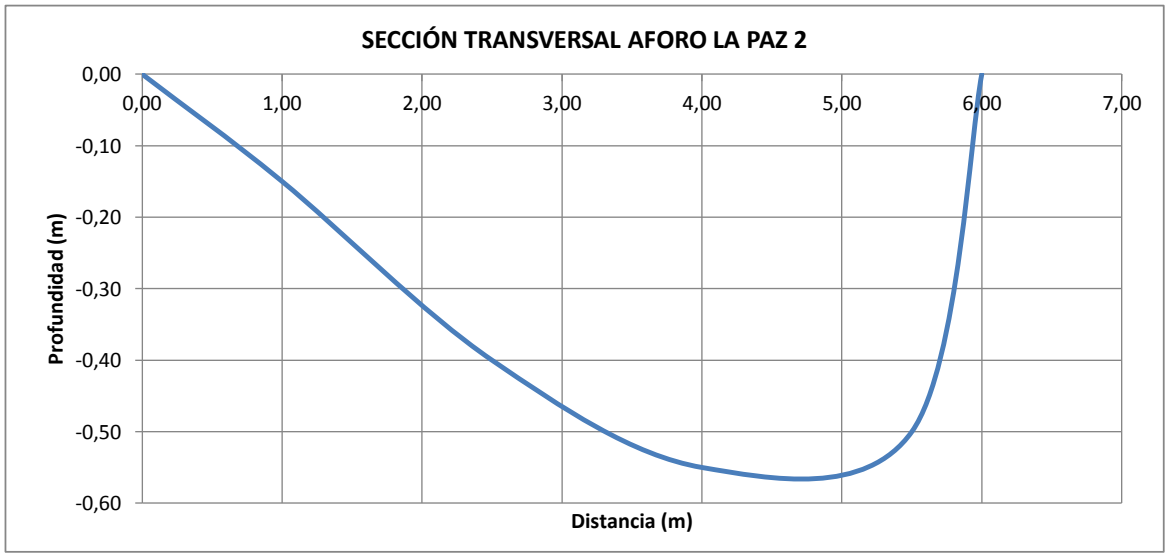
Punto 2

Nombre GPS	PAZ2	
Nombre Mapas	P2	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	437780	474090
Coordenada y	1124823	239401
Coordenada z	1232	1232
Fecha	17 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
1,00	-0,15	0,15	0,20	0,075	0,015
2,50	-0,40	0,40	0,20	0,413	0,083
4,00	-0,55	0,55	0,40	0,713	0,285
5,50	-0,50	0,50	0,30	0,788	0,236
6,00	0,00	0,00	0,00	0,125	0,000

Caudal P2 (m3/s)	**0,619**
Caudal P2 (l/s)	619
Caudal P1+P3 (m3/s)	0,598
Caudal P1+P3 (l/s)	598



RÍO LA PAZ



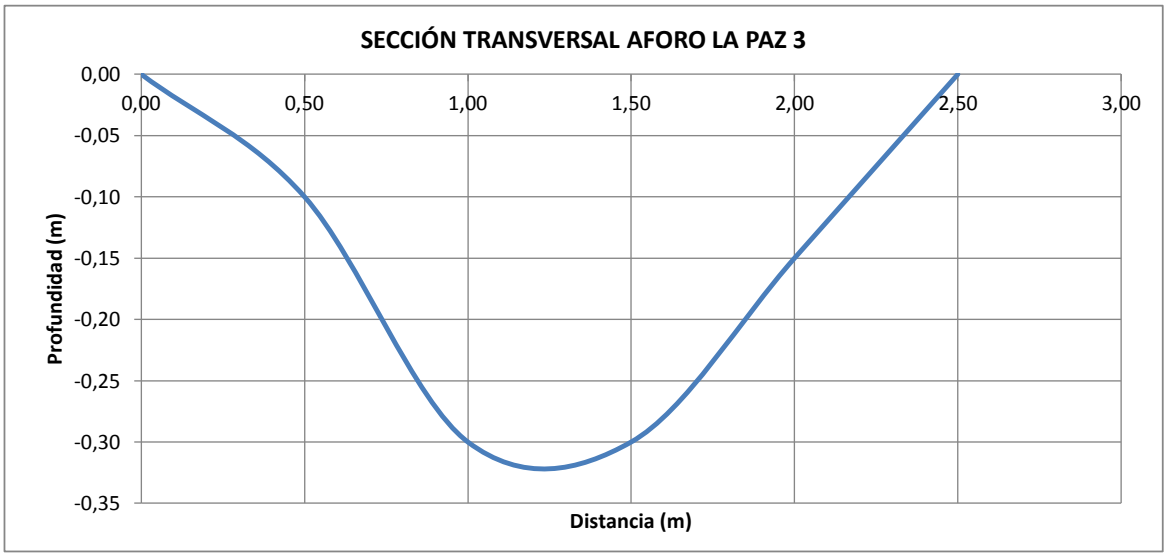
Punto 3

Nombre GPS	PAZ3	
Nombre Mapas	P3	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	437742	474052
Coordenada y	1124809	239387
Coordenada z	1218	1218
Fecha	17 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,25	0,000	0,000
0,50	-0,10	0,10	0,25	0,025	0,006
1,00	-0,30	0,30	0,25	0,100	0,025
1,50	-0,30	0,30	0,25	0,150	0,038
2,00	-0,15	0,15	0,25	0,113	0,028
2,50	0,00	0,00	0,25	0,038	0,009

Caudal P3 (m3/s)	**0,106**
Caudal P3 (l/s)	106



RÍO LA PAZ

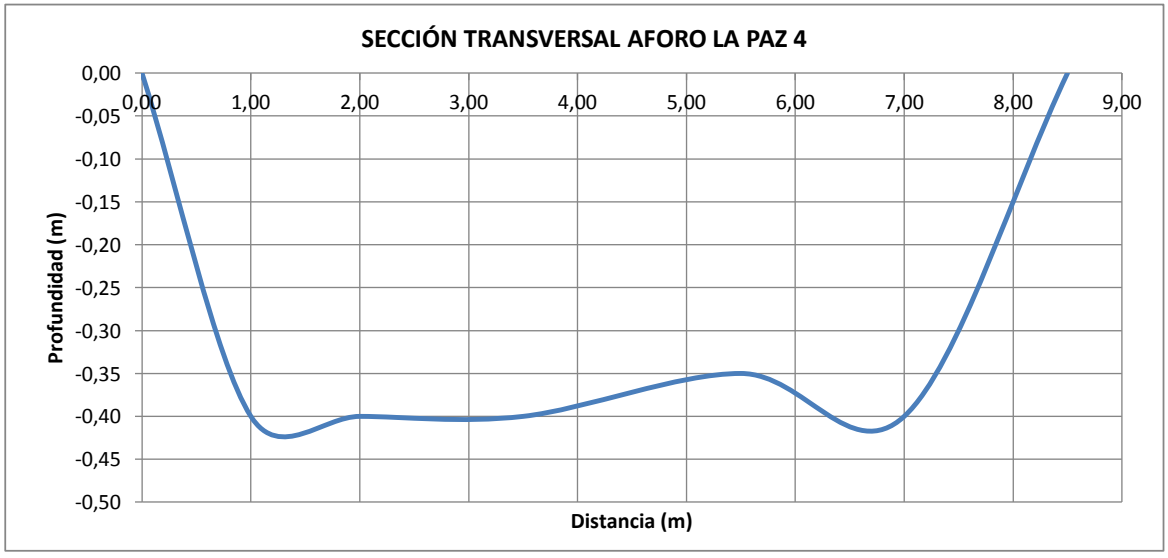


Punto 4

Nombre GPS	PAZ4	
Nombre Mapas	P4	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	437980	474291
Coordenada y	1125009	239587
Coordenada z	1215	1215
Fecha	17 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
1,00	-0,40	0,40	0,10	0,200	0,020
2,00	-0,40	0,40	0,50	0,400	0,200
3,50	-0,40	0,40	0,20	0,600	0,120
5,50	-0,35	0,35	0,30	0,750	0,225
7,00	-0,40	0,40	0,10	0,563	0,056
8,50	0,00	0,00	0,00	0,300	0,000
			Caudal P4 (m3/s)		**0,621**
			Caudal P4 (l/s)		621
			Caudal P2 (m3/s)		0,619
			Caudal P2 (l/s)		619



RÍO LA PAZ

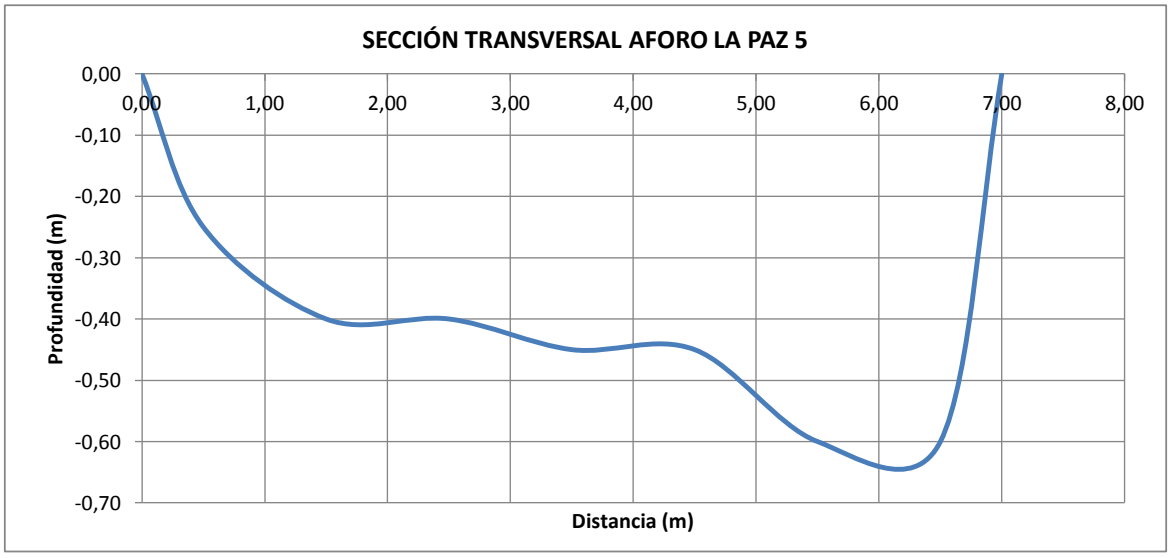


Punto 5

Nombre GPS	PAZ5	
Nombre Mapas	P5	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	444519	480832
Coordenada y	1121971	236555
Coordenada z	1035	1035
Fecha	17 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,50	-0,25	0,25	0,30	0,063	0,019
1,50	-0,40	0,40	0,30	0,325	0,098
2,50	-0,40	0,40	0,30	0,400	0,120
3,50	-0,45	0,45	0,40	0,425	0,170
4,50	-0,45	0,45	0,40	0,450	0,180
5,50	-0,60	0,60	0,40	0,525	0,210
6,50	-0,60	0,60	0,40	0,600	0,240
7,00	0,00	0,00	0,00	0,150	0,000
			Caudal P5 (m3/s)		**1,036**
			Caudal P5 (l/s)		1036
			Caudal P4 (m3/s)		0,621
			Caudal P4 (l/s)		621



RÍO LA PAZ



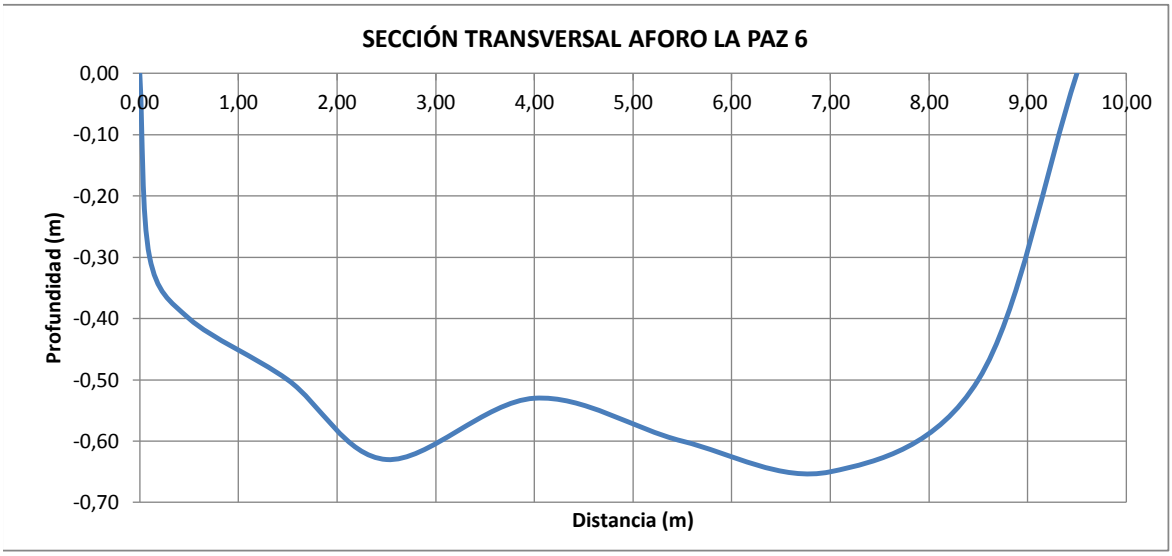
Punto 6

Nombre GPS	PAZ6	
Nombre Mapas	P6	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	444649	480962
Coordenada y	1121861	236446
Coordenada z	1038	1038
Fecha	17 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,10	-0,30	0,30	0,10	0,015	0,002
0,50	-0,40	0,40	0,10	0,140	0,014
1,50	-0,50	0,50	0,10	0,450	0,045
2,50	-0,63	0,63	0,30	0,565	0,170
4,00	-0,53	0,53	0,30	0,870	0,261
5,50	-0,60	0,60	0,50	0,848	0,424
7,00	-0,65	0,65	0,50	0,938	0,469
8,50	-0,50	0,50	0,30	0,863	0,259
9,50	0,00	0,00	0,00	0,250	0,000

Caudal P6 (m3/s)	**1,642**
Caudal P1 (l/s)	1642
Caudal P5+P7 (m3/s)	1,414
Caudal P5+P7 (l/s)	1414



RÍO LA PAZ



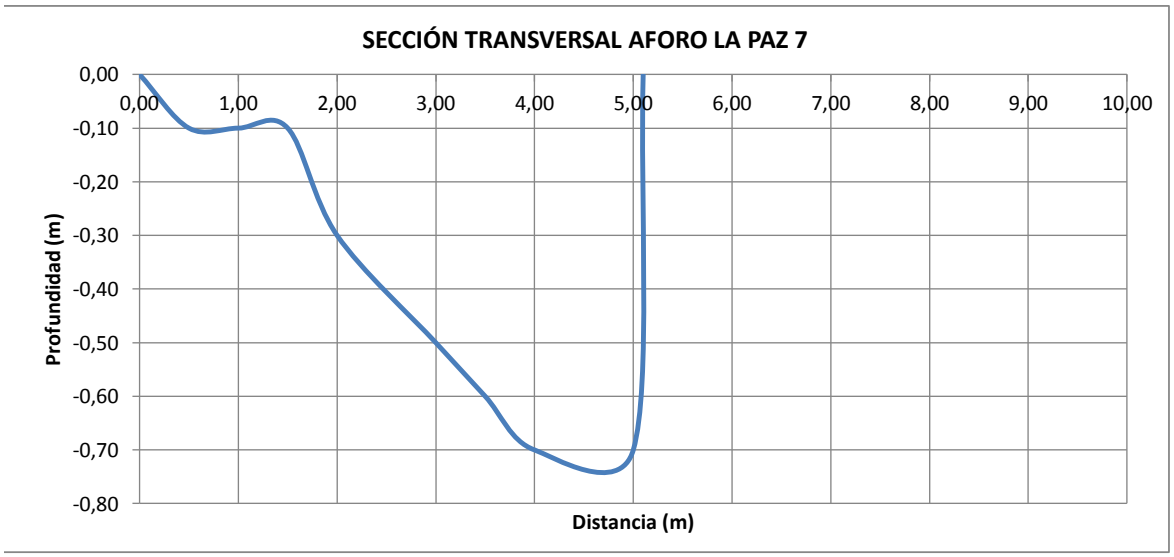
Punto 7

Nombre GPS	PAZ7	
Nombre Mapas	P7	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	444595	480908
Coordenada y	1121956	236540
Coordenada z	1040	1040
Fecha	17 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,50	-0,10	0,10	0,10	0,025	0,003
1,00	-0,10	0,10	0,10	0,050	0,005
1,50	-0,10	0,10	0,20	0,050	0,010
2,00	-0,30	0,30	0,20	0,100	0,020
3,00	-0,50	0,50	0,20	0,400	0,080
3,50	-0,60	0,60	0,20	0,275	0,055
4,00	-0,70	0,70	0,20	0,325	0,065
5,00	-0,70	0,70	0,20	0,700	0,140
5,10	0,00	0,00	0,00	0,035	0,000

Caudal P7 (m3/s)	**0,378**
Caudal P7 (l/s)	378



RÍO LA PAZ



Punto 8

Nombre GPS	PAZ8	
Nombre Mapas	P8	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	444804	481109
Coordenada y	1121651	236233
Coordenada z	1019	1019
Fecha	19 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
1,00	-0,34	0,34	0,10	0,170	0,017
2,00	-0,41	0,41	0,30	0,375	0,113
3,00	-0,49	0,49	0,30	0,450	0,135
4,00	-0,44	0,44	0,20	0,465	0,093
5,00	-0,57	0,57	0,25	0,505	0,126
6,00	-0,47	0,47	0,25	0,520	0,130
8,00	-0,40	0,40	0,20	0,870	0,174
9,00	-0,20	0,20	0,10	0,300	0,030
11,00	0,00	0,00	0,00	0,200	0,000

Caudal P8 (m3/s)	**0,818**
Caudal P8 (l/s)	818
Caudal P6 (m3/s)	1,642
Caudal P6 (l/s)	1642



RÍO LA PAZ



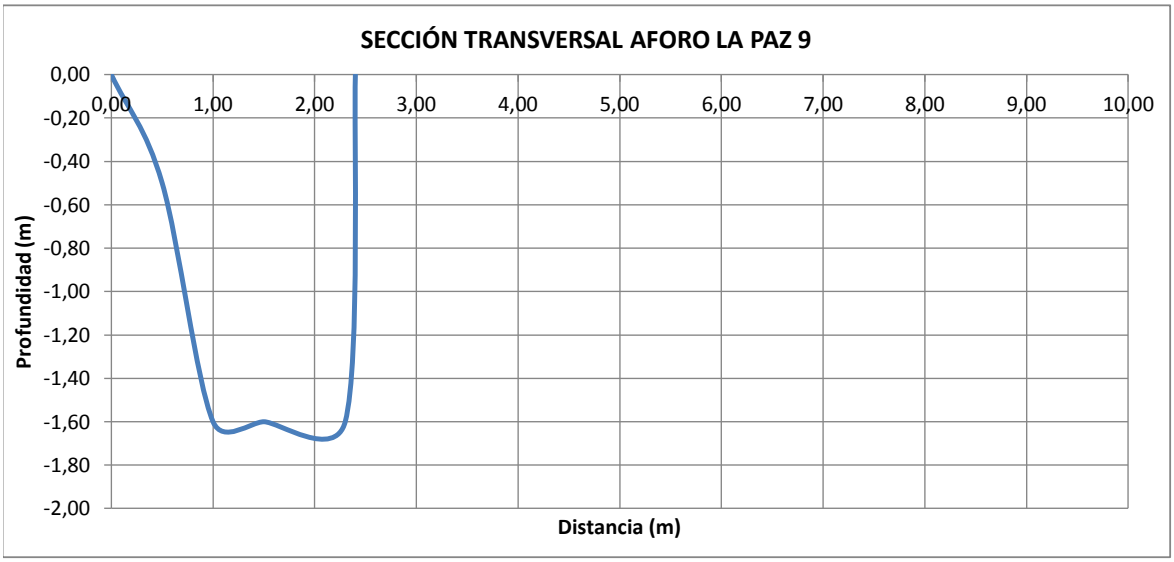
Punto 9

Nombre GPS	PAZ9	
Nombre Mapas	P9	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	447444	483756
Coordenada y	1119023	233613
Coordenada z	975	975
Fecha		

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,80	0,000	0,000
0,50	-0,50	0,50	0,50	0,125	0,063
1,00	-1,60	1,60	0,50	0,525	0,263
1,50	-1,60	1,60	0,80	0,800	0,640
2,30	-1,60	1,60	0,80	1,280	1,024
2,40	0,00	0,00	0,00	0,080	0,000

Caudal P9 (m3/s)	**1,989**
Caudal P9 (l/s)	1989
Caudal P10 (m3/s)	**1,352**
Caudal P10 (l/s)	1352



RÍO LA PAZ



Punto 10

Nombre GPS	PAZ10	
Nombre Mapas	P10	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	447528	483840
Coordenada y	1119856	234442
Coordenada z	980	980
Fecha	26 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
0,50	-0,24	0,24	0,10	0,060	0,006
1,00	-0,35	0,35	0,20	0,148	0,030
1,50	-0,33	0,33	0,30	0,170	0,051
2,00	-0,50	0,50	0,50	0,208	0,104
3,00	-0,49	0,49	0,80	0,495	0,396
3,50	0,00	0,00	0,00	0,123	0,000
4,80	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
5,00	-0,80	0,80	0,80	0,080	0,064
5,50	-0,70	0,70	0,70	0,375	0,263
6,00	-0,44	0,44	0,80	0,285	0,228
7,20	0,00	0,00	0,80	0,264	0,211
			Caudal P10 (m3/s)		**1,352**
			Caudal P10 (l/s)		**1352**
			Caudal P11 (m3/s)		1,304
			Caudal P11 (l/s)		1304



RÍO LA PAZ

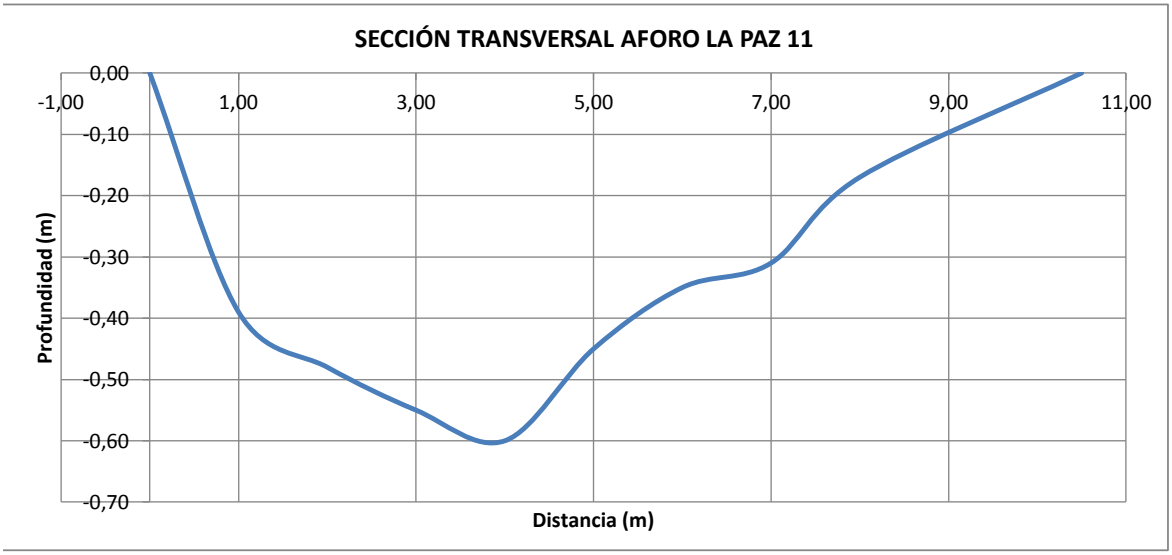


Punto 11

Nombre GPS	PAZ11	
Nombre Mapas	P11	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	447490	483803
Coordenada y	1119893	234480
Coordenada z	991	991
Fecha	26 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
1,00	-0,39	0,39	0,20	0,195	0,039
2,00	-0,48	0,48	0,40	0,435	0,174
3,00	-0,55	0,55	0,45	0,515	0,232
4,00	-0,60	0,60	0,50	0,575	0,288
5,00	-0,45	0,45	0,40	0,525	0,210
6,00	-0,35	0,35	0,40	0,400	0,160
7,00	-0,31	0,31	0,40	0,330	0,132
8,00	-0,17	0,17	0,20	0,240	0,048
10,50	0,00	0,00	0,10	0,213	0,021
			Caudal P11 (m3/s)		**1,304**
			Caudal P11 (l/s)		1304
			Caudal P12+P13 (m3/s)		2,208
			Caudal P12+P13 (l/s)		2208



RÍO LA PAZ



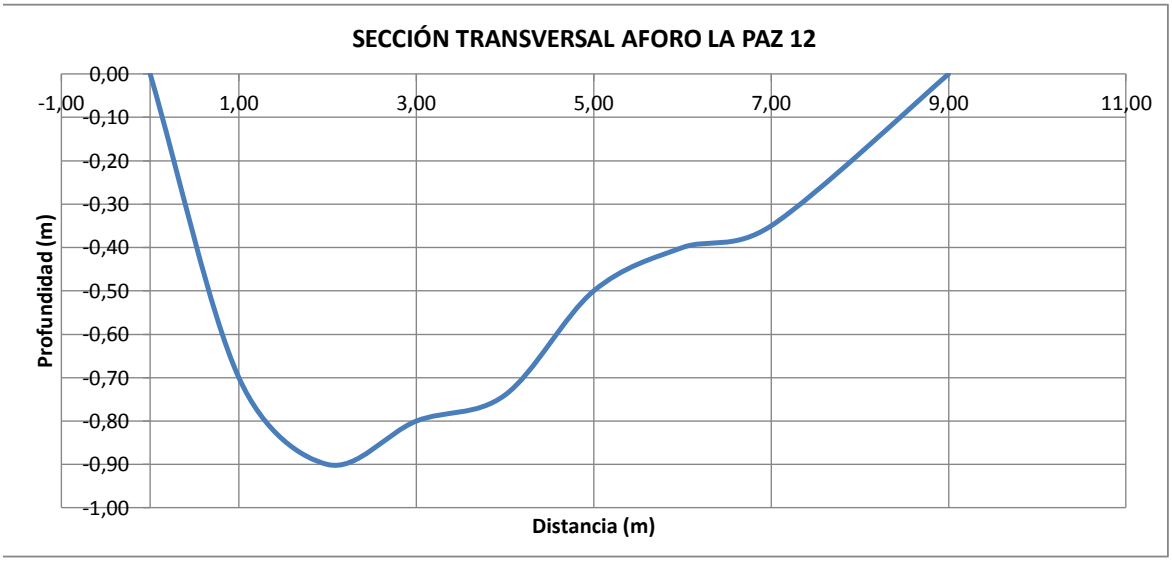
Punto 12

Nombre GPS	PAZ12	
Nombre Mapas	P12	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	447213	483581
Coordenada y	1119827	234440
Coordenada z	972	972
Fecha	26 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
1,00	-0,70	0,70	0,00	0,350	0,000
2,00	-0,90	0,90	0,50	0,800	0,400
3,00	-0,80	0,80	1,00	0,850	0,850
4,00	-0,74	0,74	0,60	0,770	0,462
5,00	-0,50	0,50	0,60	0,620	0,372
6,00	-0,40	0,40	0,15	0,450	0,068
7,00	-0,35	0,35	0,15	0,375	0,056
9,00	0,00	0,00	0,00	0,350	0,000

Caudal P12 (m3/s)	**2,208**
Caudal P12 (l/s)	2208
Caudal P8 (m3/s)	0,818
Caudal P8 (l/s)	818



RÍO LA PAZ



Punto 13

Nombre GPS	PAZ13	
Nombre Mapas	P13	
Coordenadas	CRTM05	Lambert Norte
Coordenada X	447283	483597
Coordenada y	1119862	234448
Coordenada z	983	983
Fecha	26 de febrero de 2015	

Sección transversal tirante de agua y velocidad

x (m)	y (m)	y (m)	v (m/s)	Área (m2)	Caudal (m3/s)
Seco					

Caudal P13 **0,000**



Resumen de Aforos Diferenciales

Nombre GPS	Nombre Mapa	Fecha y Hora	Elevación (m.s.n.m.)	Lambert Norte		CRTM05		Caudal (l/s)
				X	Y	X	Y	
BARRANCA1	B1	19-FEB-15 10:32:23AM	967	483433	233034	447117	1118448	2464
BARRANCA10	B10	24-FEB-15 11:42:36AM	1117	486663	236480	450350	1121890	6
BARRANCA11	B11	24-FEB-15 12:04:06PM	1113	486675	236459	450362	1121869	69
BARRANCA12	B12	24-FEB-15 12:36:04PM	1137	487280	236204	450967	1121613	15
BARRANCA13	B13	24-FEB-15 12:42:07PM	1139	487542	236644	451229	1122053	45
BARRANCA14	B14	24-FEB-15 1:23:49PM	1607	495537	238305	459225	1123706	2
BARRANCA15	B15	24-FEB-15 1:28:41PM	1607	495535	238314	459223	1123715	45
BARRANCA16	B16	24-FEB-15 1:44:53PM	1609	495478	238308	459166	1123709	51
BARRANCA17	B17	24-FEB-15 1:49:59PM	1610	495456	238310	459144	1123711	52
BARRANCA18	B18	26-FEB-15 12:34:27PM	995	484821	233953	448506	1119365	423
BARRANCA19	B19	26-FEB-15 3:15:36PM	1157	487777	236727	451465	1122136	255
BARRANCA2	B2	19-FEB-15 12:13:06PM	977	483763	233457	447447	1118870	2403
BARRANCA20	B20	26-FEB-15 3:18:30PM	1159	487806	236708	451493	1122117	28
BARRANCA21	B21	26-FEB-15 3:09:07PM	1153	487661	236722	451348	1122132	215
BARRANCA22	B22	09-MAR-15 10:08:28AM	1261	488939	238437	452628	1123845	66
BARRANCA23	B23	09-MAR-15 10:39:31AM	1241	488709	238108	452398	1123516	260
BARRANCA24	B24	09-MAR-15 10:51:02AM	1245	488777	238156	452466	1123564	236
BARRANCA25	B25	09-MAR-15 10:53:49AM	1248	488829	238151	452518	1123559	0
BARRANCA26	B26	09-MAR-15 12:25:14PM	1447	492326	237760	456014	1123165	65
BARRANCA27	B27	09-MAR-15 12:43:18PM	1454	492262	237807	455950	1123212	9
BARRANCA28	B28	09-MAR-15 1:14:18PM	1462	492128	237820	455816	1123225	61
BARRANCA29	B29	09-MAR-15 1:27:21PM	1463	492151	237782	455839	1123187	80
BARRANCA3	B3	19-FEB-15 12:05:07PM	979	483874	233465	447559	1118878	379
BARRANCA30	B30	09-MAR-15 3:11:05PM	1821	497408	240056	461098	1125455	0
BARRANCA31	B31	09-MAR-15 3:30:55PM	1805	497361	240152	461051	1125551	11
BARRANCA32	B32	09-MAR-15 3:42:09PM	1803	497315	240077	461005	1125476	14
BARRANCA33	B33	09-MAR-15 4:02:09PM	1798	497299	240055	460989	1125454	15
BARRANCA4	B4	19-FEB-15 1:54:00PM	1066	485308	235720	448994	1121131	92
BARRANCA5	B5	19-FEB-15 2:17:37PM	1067	485401	235629	449088	1121041	369
BARRANCA6	B6	19-FEB-15 2:36:38PM	1059	485311	235621	448997	1121032	324
BARRANCA7	B7	19-FEB-15 2:46:22PM	1060	485274	235589	448960	1121001	354
BARRANCA8	B8	24-FEB-15 10:48:03AM	1105	486555	236365	450242	1121776	108
BARRANCA9	B9	24-FEB-15 11:12:17AM	1069	486612	236395	450299	1121806	88
PAZ1	P1	17-FEB-15 11:39:46AM	1244	473864	239377	437555	1124800	492
PAZ10	P10	26-FEB-15 10:23:15AM	962	483840	234442	447525	1119855	1352
PAZ11	P11	26-FEB-15 10:35:16AM	974	483803	234480	447488	1119893	1304
PAZ12	P12	26-FEB-15 11:14:40AM	982	483581	234440	447266	1119853	2208
PAZ13	P13	26-FEB-15 11:27:18AM	984	483597	234448	447283	1119862	0
PAZ2	P2	17-FEB-15 12:03:40PM	1232	474090	239401	437781	1124824	619
PAZ3	P3	17-FEB-15 12:17:35PM	1218	474052	239387	437742	1124810	106
PAZ4	P4	17-FEB-15 12:45:46PM	1216	474291	239587	437982	1125010	621

PAZ5	P5	17-FEB-15 2:16:29PM	1036	480832	236555	444519	1121971	1036
PAZ6	P6	17-FEB-15 2:51:12PM	1039	480962	236446	444649	1121862	1642
PAZ7	P7	17-FEB-15 3:13:43PM	1041	480908	236540	444595	1121956	378
PAZ8	P8	19-FEB-15 9:44:54AM	1019	481109	236234	444796	1121650	818
PAZ9	P9	19-FEB-15 12:24:01PM	977	483756	233613	447441	1119026	1989

Anexo 4. Registros Históricos de Aforos en el sitio de toma del AyA en el río Barranca

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

UEN GESTIÓN AMBIENTAL - ESTUDIOS BÁSICOS

REGISTRO HISTÓRICO DE AFOROS

RIO BARRANCA ABAJO DE LA UNION CON RIO LA PAZ

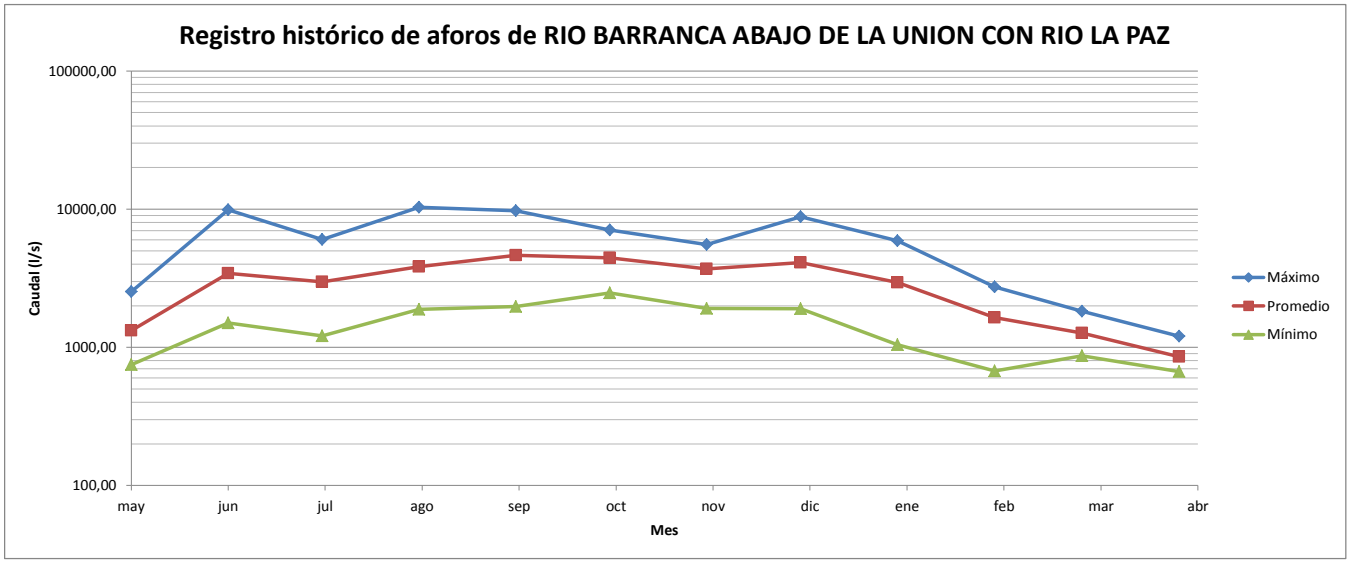
CÓDIGO: 22 0 21
LATITUD: 233457
LONGITUD: 483814

ELEVACIÓN: 954 M.S.N.M
HOJA: NARANJO
AREA DE DRENAJE: N/D

CAUDAL MÁXIMO (l/s): 10309,00
CAUDAL MÍNIMO (l/s): 666,00
CAUDAL CAPTADO (l/s):

No.	Fecha	Caudal(l/s)	No.	Fecha	Caudal(l/s)	No.	Fecha	Caudal(l/s)
1	18/03/1999	1446	53	27/01/2006	2762	105	06/11/2008	5535
2	17/05/2001	763	54	03/02/2006	1494	106	26/11/2008	A.V.M.
3	09/08/2001	2005	55	10/02/2006	1863	107	16/12/2008	4233
4	16/05/2002	1044	56	17/02/2006	1807	108	22/01/2009	2204
5	18/07/2002	1753	57	23/02/2006	1246,94	109	17/02/2009	1826
6	21/08/2002	2445	58	03/03/2006	1247	110	11/03/2009	1505
7	26/09/2002	4487	59	10/03/2006	1121	111	21/04/2009	854
8	21/05/2003	1540	60	16/03/2006	1820	112	21/05/2009	1307
9	19/09/2003	9728	61	24/03/2006	1775	113	19/06/2009	1756
10	27/11/2003	4547	62	30/03/2006	1326	114	22/07/2009	1967
11	17/02/2004	1104	63	29/04/2006	749	115	22/08/2009	3371
12	27/04/2004	1205	64	12/05/2006	1506	116	09/09/2009	1977
13	12/05/2004	1088	65	19/05/2006	881	117	09/10/2009	2471
14	22/06/2004	2636	66	26/05/2006	1467	118	11/11/2009	4901
15	23/07/2004	2614,92	67	02/06/2006	1503,5	119	09/12/2009	1900,3
16	27/08/2004	3229	68	08/06/2006	4366	120	15/01/2010	4306
17	15/09/2004	4693	69	06/07/2006	2675	121	15/02/2010	981
18	24/11/2004	3559,36	70	28/07/2006	6016,5	122	19/03/2010	1014
19	14/01/2005	3618	71	04/08/2006	3579	123	12/04/2010	974,8
20	19/01/2005	5920	72	25/08/2006	1880	124	13/05/2010	854
21	21/01/2005	4913	73	01/09/2006	2978	125	07/06/2010	1853
22	28/01/2005	3668	74	14/09/2006	2431	126	24/06/2010	3211,5
23	04/02/2005	2151	75	29/09/2006	2411	127	18/07/2010	2800
24	11/02/2005	2741,27	76	20/10/2006	4506,5	128	17/08/2010	5109,1
25	18/02/2005	2442,8	77	25/10/2006	2851	129	16/09/2010	5248
26	04/03/2005	1599,88	78	03/11/2006	2684	130	19/11/2010	4880
27	11/03/2005	1245	79	10/11/2006	2934	131	08/12/2010	4186,1
28	18/03/2005	1495,7	80	24/11/2006	3190	132	24/01/2011	2100
29	01/04/2005	848,42	81	30/11/2006	2796	133	18/02/2011	2077
30	15/04/2005	930,77	82	13/12/2006	3160	134	17/03/2011	872,5
31	22/04/2005	953	83	05/01/2007	1566,4	135	18/04/2011	799
32	29/04/2005	666	84	25/01/2007	1346,4	136	20/05/2011	750
33	06/05/2005	768	85	16/02/2007	674	137	20/06/2011	2198,4
34	13/05/2005	1350	86	01/03/2007	1081,5	138	20/07/2011	3212,01
35	20/05/2005	2524,9	87	08/03/2007	957	139	20/08/2011	2844
36	31/05/2005	1844	88	31/03/2007	948	140	21/09/2011	5255,2
37	01/07/2005	3769	89	10/05/2007	984	141	13/12/2011	8803,39
38	15/07/2005	2602	90	31/08/2007	10309	142	24/01/2012	1558
39	18/07/2005	1210	91	07/09/2007	7763	143	17/02/2012	1788
40	22/07/2005	3825	92	04/10/2007	5451	144	18/05/2012	1322
41	29/07/2005	3762,61	93	26/10/2007	6021	145	11/07/2012	2361,8
42	05/08/2005	2538	94	11/01/2008	2134	146	19/09/2012	2659
43	12/08/2005	2887	95	01/02/2008	1325	147	12/10/2012	2802
44	20/08/2005	4287	96	23/02/2008	1129	148	18/01/2013	1046
45	26/08/2005	4419	97	31/03/2008	867	149	21/08/2013	AVM
46	02/09/2005	5243	98	04/04/2008	848	150	24/04/2014	744
47	09/09/2005	3758	99	24/04/2008	667,5	151	22/07/2014	2422
48	16/09/2005	3478	100	23/05/2008	2303	152	12/11/2014	1914
49	30/09/2005	7278	101	09/06/2008	9890	153	19/12/2014	4479
50	15/12/2005	4061	102	31/07/2008	3621	154	10/02/2015	1667
51	22/12/2005	2005	103	21/08/2008	4731	155	26/05/2015	1529
52	13/01/2006	4033	104	27/10/2008	7056			

	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr
Máximo	2524,90	9890,00	6016,50	10309,00	9728,00	7056,00	5535,00	8803,39	5920,00	2741,27	1820,00	1205,00
Promedio	1323,61	3426,80	2974,12	3830,94	4625,81	4451,21	3694,04	4103,47	2941,06	1644,81	1270,04	853,29
Mínimo	750,00	1503,50	1210,00	1880,00	1977,00	2471,00	1914,00	1900,30	1046,00	674,00	867,00	666,00



Observaciones

A.V.M. = No se afora por avenida máxima

Anexo 5. Infiltraciones

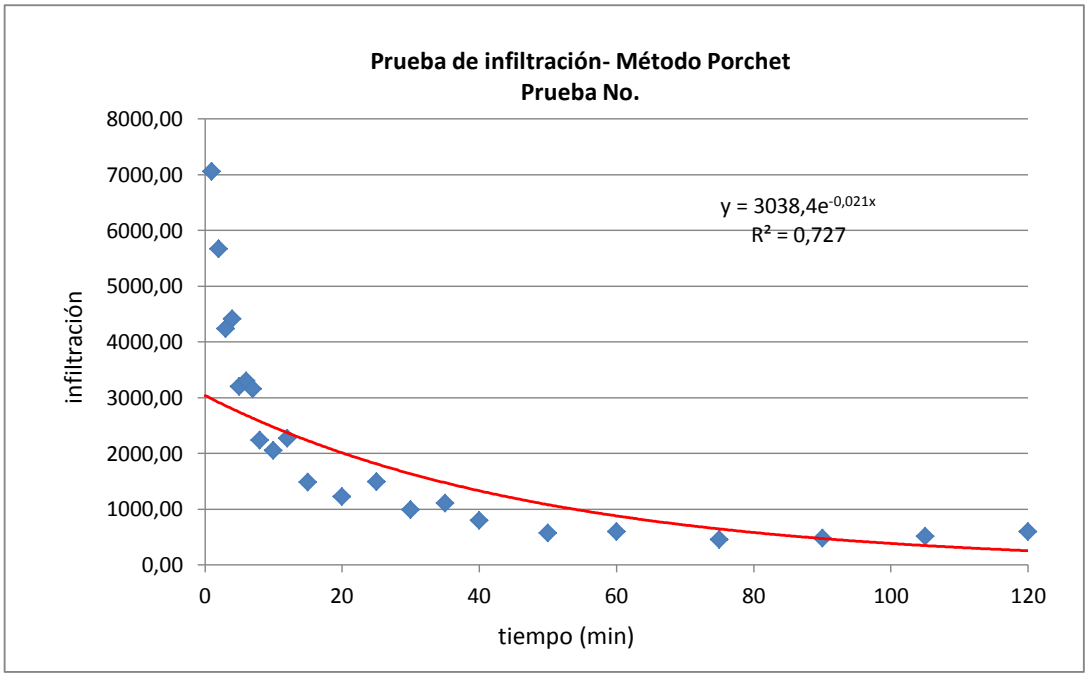
PRUEBA DE PORCHET

No.	1		
Proyecto:	Barranca-La Paz		
Nombre:	Infil #1		
Fecha:	23 de marzo de 2015	Hora:	1:10am
Clima:	Soleado		
Ubicación Lambert:	483932/233618		
Tipo de suelo:			

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	51,00		
1	47,30	0,490	7056,35
2	44,50	0,393	5664,22
3	42,50	0,294	4235,84
4	40,50	0,306	4408,78
5	39,10	0,222	3196,85
6	37,70	0,229	3294,37
7	36,40	0,219	3151,74
8	35,50	0,155	2237,13
10	33,90	0,142	2047,64
12	32,20	0,157	2264,20
15	30,60	0,103	1480,93
20	28,50	0,085	1224,62
25	26,10	0,103	1490,25
30	24,60	0,069	986,47
35	23,00	0,077	1104,39
40	21,90	0,055	793,41
50	20,40	0,039	565,57
60	18,90	0,041	596,84
75	17,30	0,031	450,15
90	15,70	0,033	480,18
105	14,10	0,036	514,50
120	12,40	0,041	590,21

Diámetro de excavación (cm) =	15
Profundidad de excavación (cm)=	51
Permeabilidad K (mm/d)	**244**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



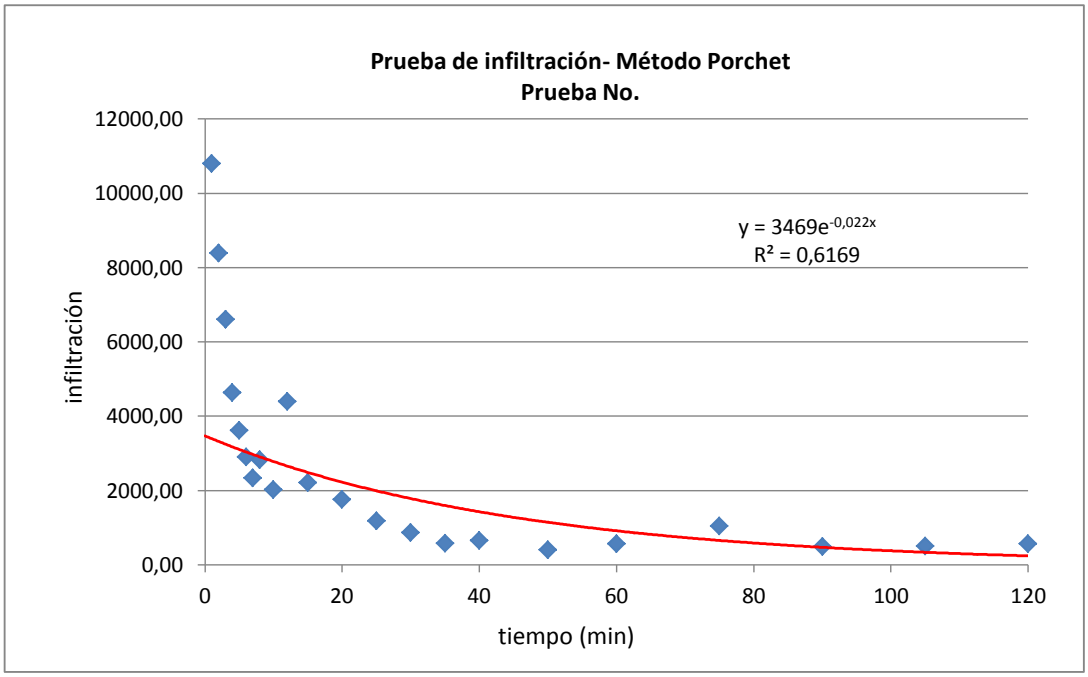
PRUEBA DE PORCHET

No. 2
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Infil #2
Fecha: 23 de marzo de 2015 Hora: 9:45am
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 483785/233695
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	65,00		
1	58,10	0,750	10801,17
2	53,20	0,582	8384,26
3	49,60	0,459	6603,07
4	47,20	0,322	4637,56
5	45,40	0,251	3613,72
6	44,00	0,201	2896,73
7	42,90	0,162	2331,79
8	41,60	0,196	2822,27
10	39,80	0,140	2016,83
12	36,10	0,305	4398,47
15	33,50	0,154	2213,46
20	30,30	0,122	1755,28
25	28,30	0,082	1174,20
30	26,90	0,060	861,65
35	26,00	0,040	572,64
40	25,00	0,045	654,60
50	23,80	0,028	406,32
60	22,20	0,039	566,69
75	18,20	0,072	1041,52
90	16,50	0,034	492,75
105	14,90	0,034	496,75
120	13,20	0,039	568,28

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 65
Permeabilidad K (mm/d) **248**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



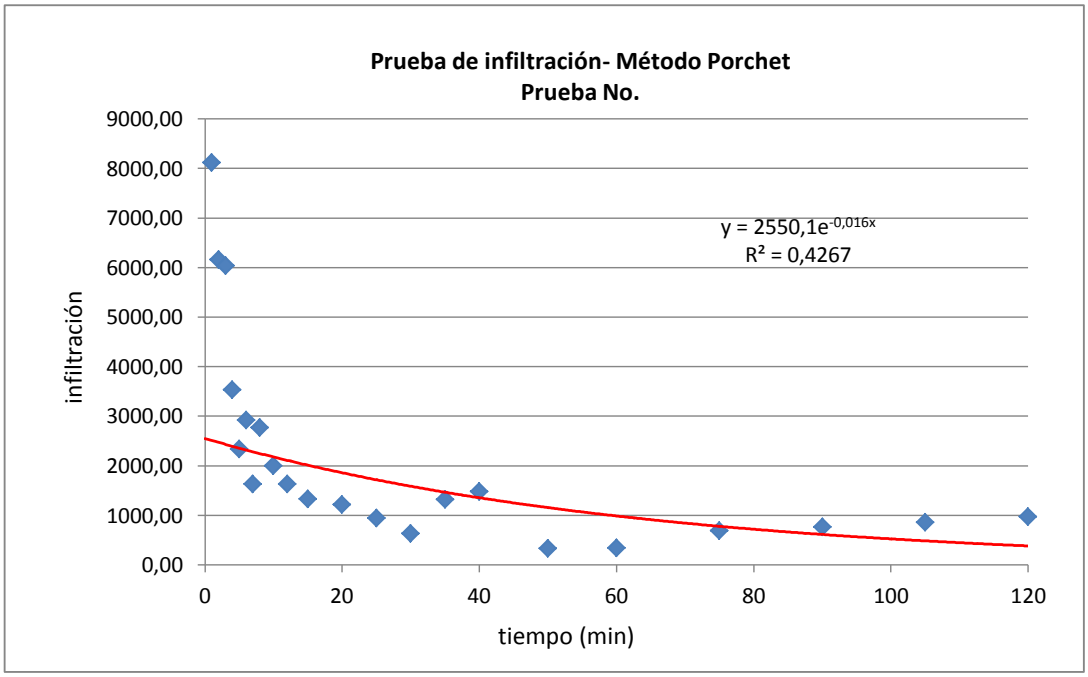
PRUEBA DE PORCHET

No. 3
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Infil #3
Fecha: 23 de marzo de 2015 Hora: 7:00am
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 483455/233696
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	45,00		
1	41,20	0,564	8114,49
2	38,50	0,428	6160,06
3	36,00	0,419	6035,09
4	34,60	0,245	3533,03
5	33,70	0,162	2333,82
6	32,60	0,203	2922,69
7	32,00	0,113	1628,17
8	31,00	0,192	2769,38
10	29,60	0,139	2000,23
12	28,50	0,113	1625,29
15	27,20	0,092	1324,05
20	25,30	0,084	1216,32
25	23,90	0,065	942,21
30	23,00	0,044	628,15
35	21,20	0,091	1313,92
40	19,30	0,103	1479,50
50	18,50	0,023	327,30
60	17,70	0,023	337,53
75	15,40	0,048	689,09
90	13,10	0,053	762,09
105	10,80	0,059	852,41
120	8,50	0,067	967,05

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 45
Permeabilidad K (mm/d) **374**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



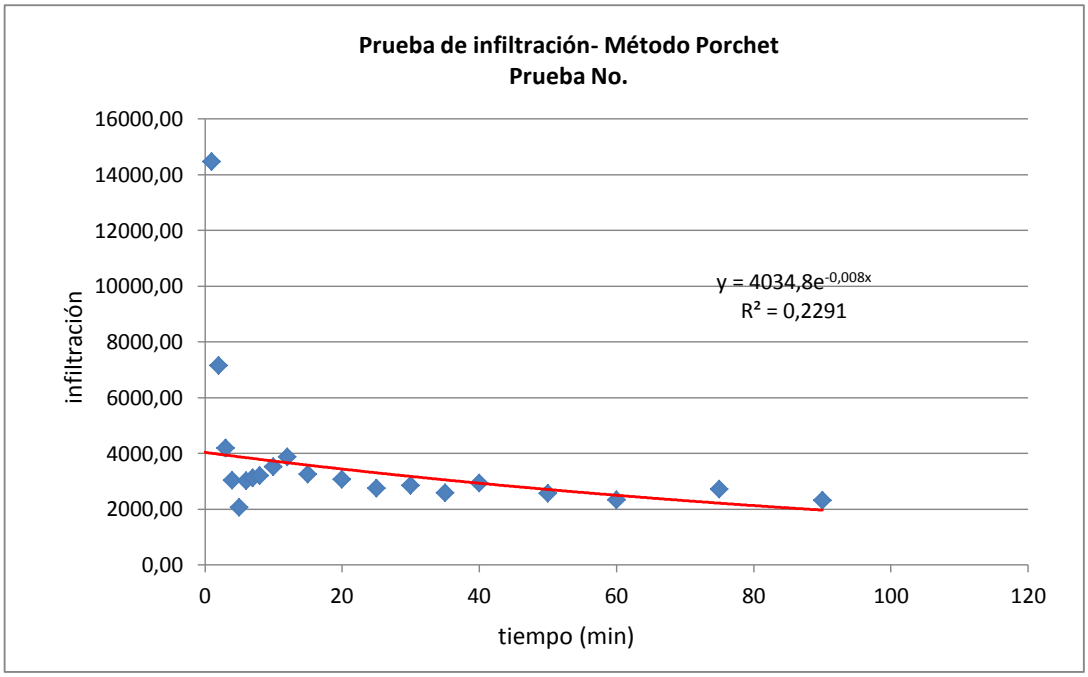
PRUEBA DE PORCHET

No. 4
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Infil #4
Fecha: 16 de marzo de 2015 Hora: 1:30pm
Clima: soleado
Ubicación Lambert: 481817/235830
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	89,00		
1	76,90	1,005	14469,37
2	71,50	0,496	7140,91
3	68,50	0,290	4181,17
4	66,40	0,210	3026,22
5	65,00	0,143	2065,64
6	63,00	0,210	3021,18
7	61,00	0,216	3108,13
8	59,00	0,222	3200,23
10	54,80	0,245	3522,99
12	50,50	0,268	3861,99
15	45,50	0,225	3245,44
20	38,50	0,212	3059,65
25	33,00	0,191	2750,53
30	28,00	0,198	2846,22
35	24,00	0,179	2582,18
40	20,00	0,204	2933,31
50	14,20	0,178	2558,24
60	10,00	0,161	2323,20
75	4,50	0,189	2716,52
90	1,20	0,161	2315,40
105			
120			

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 89
Permeabilidad K (mm/d) **1545**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



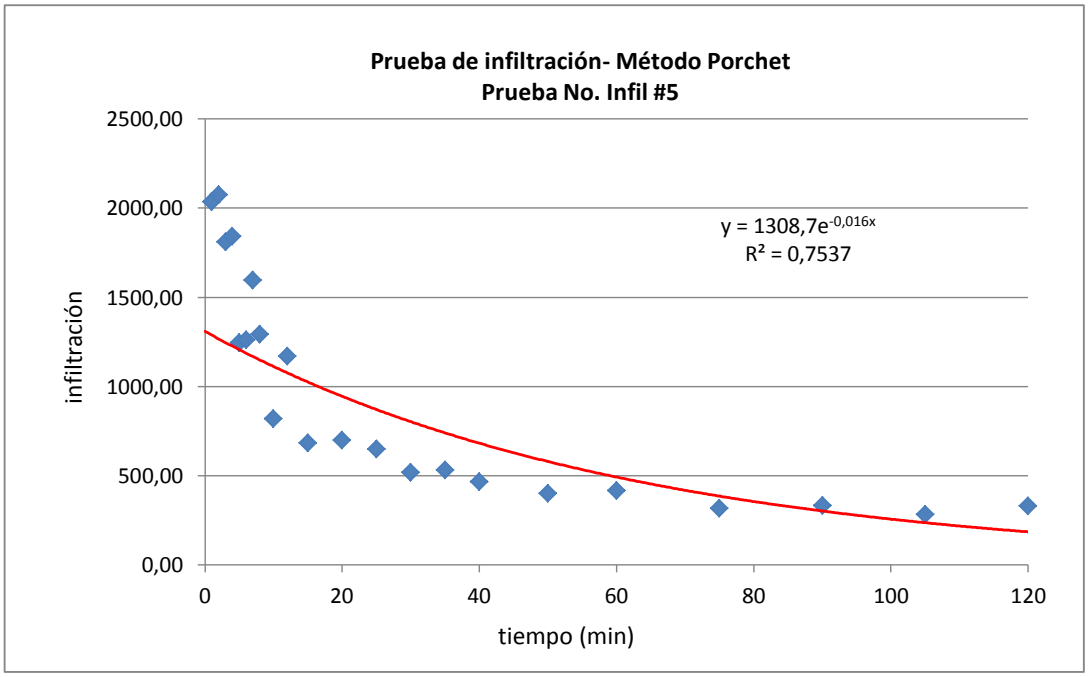
PRUEBA DE PORCHET

No.	5		
Proyecto:	Barranca-La Paz		
Nombre:	Infil #5		
Fecha:	23 de marzo de 2015	Hora:	7:30am
Clima:	Soleado		
Ubicación Lambert:	480469/235357		
Tipo de suelo:			

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	30,00		
1	29,30	0,141	2035,05
2	28,60	0,144	2074,14
3	28,00	0,126	1810,10
4	27,40	0,128	1840,95
5	27,00	0,086	1244,97
6	26,60	0,087	1259,49
7	26,10	0,111	1595,30
8	25,70	0,090	1293,43
10	25,20	0,057	819,44
12	24,50	0,081	1168,52
15	23,90	0,047	681,41
20	22,90	0,049	699,09
25	22,00	0,045	649,13
30	21,30	0,036	518,72
35	20,60	0,037	531,49
40	20,00	0,032	466,21
50	19,00	0,028	400,05
60	18,00	0,029	415,44
75	16,90	0,022	317,49
90	15,80	0,023	332,13
105	14,90	0,020	283,63
120	13,90	0,023	328,82

Diámetro de excavación (cm) =	15
Profundidad de excavación (cm)=	30
Permeabilidad K (mm/d)	**192**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



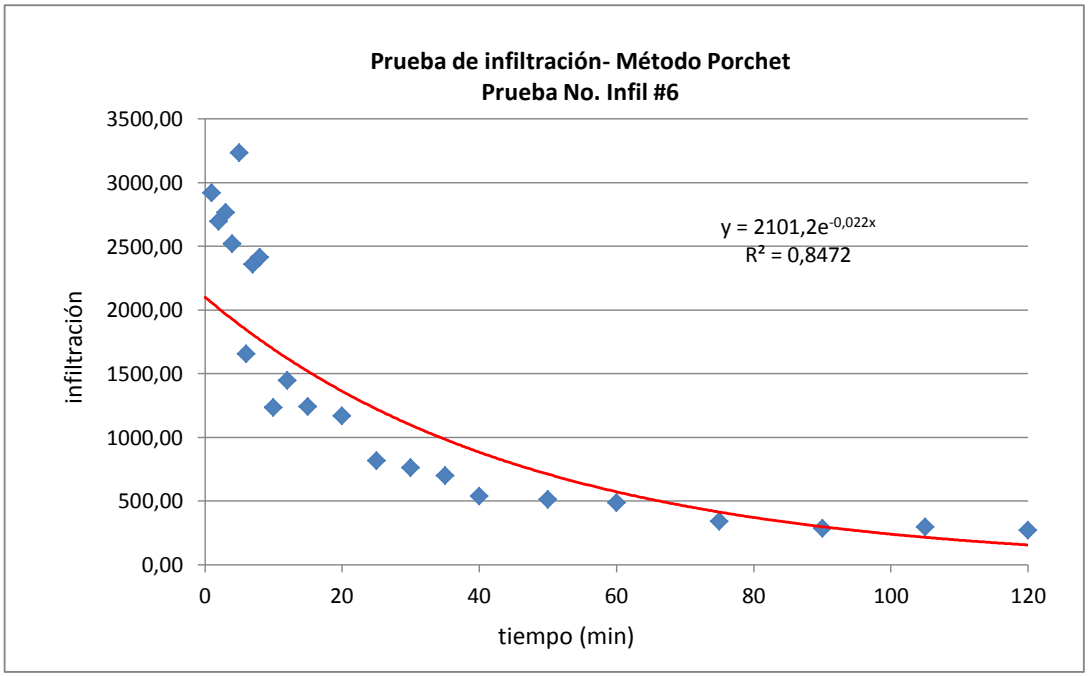
PRUEBA DE PORCHET

No.	6		
Proyecto:	Barranca-La Paz		
Nombre:	Infil #6		
Fecha:	17 de marzo de 2015	Hora:	2:15pm
Clima:	Soleado		
Ubicación Lambert:	477757/237069		
Tipo de suelo:			

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	30,00		
1	29,00	0,203	2919,10
2	28,10	0,187	2696,40
3	27,20	0,192	2765,44
4	26,40	0,175	2519,06
5	25,40	0,225	3233,77
6	24,90	0,115	1653,94
7	24,20	0,164	2358,91
8	23,50	0,167	2411,58
10	22,80	0,086	1233,33
12	22,00	0,100	1444,90
15	21,00	0,086	1241,50
20	19,50	0,081	1167,85
25	18,50	0,057	815,19
30	17,60	0,053	760,94
35	16,80	0,049	699,66
40	16,20	0,038	540,03
50	15,10	0,036	513,27
60	14,10	0,034	488,77
75	13,10	0,024	341,30
90	12,30	0,020	285,19
105	11,50	0,021	296,95
120	10,80	0,019	270,27

Diámetro de excavación (cm) =	15
Profundidad de excavación (cm)=	30
Permeabilidad K (mm/d)	**150**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



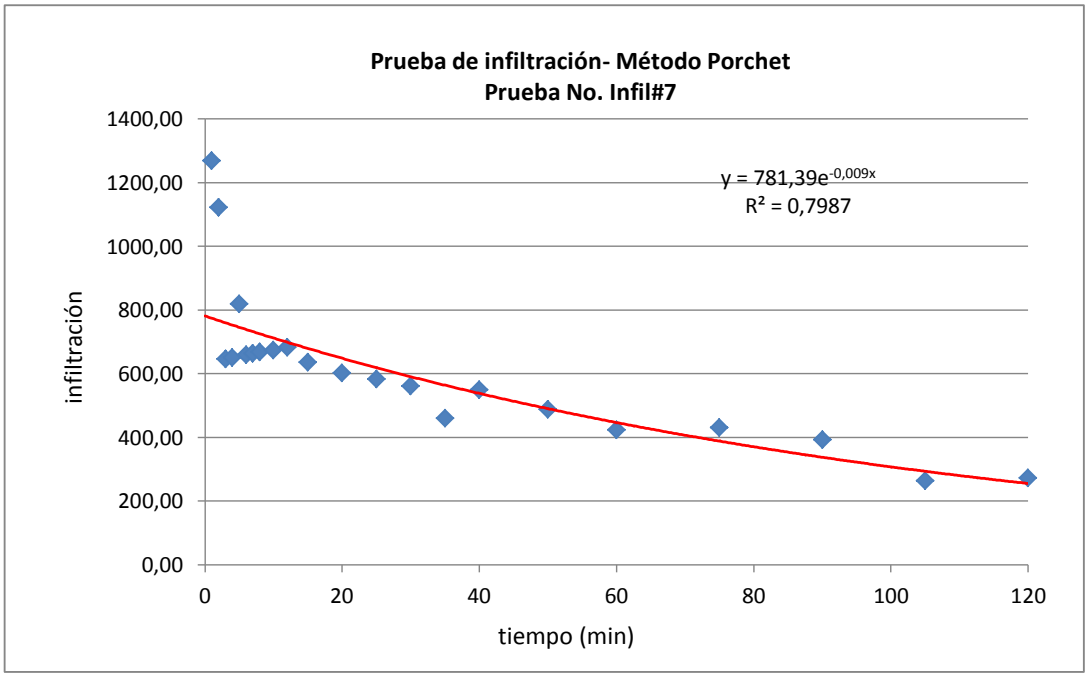
PRUEBA DE PORCHET

No. 7
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Infil #7
Fecha: 17 de marzo de 2015 Hora: 8:30am
Clima: nublado
Ubicación Lambert: 473230/239375
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	61,00		
1	60,20	0,088	1268,74
2	59,50	0,078	1122,50
3	59,10	0,045	646,71
4	58,70	0,045	650,60
5	58,20	0,057	818,81
6	57,80	0,046	659,54
7	57,40	0,046	663,60
8	57,00	0,046	667,70
10	56,20	0,047	673,96
12	55,40	0,047	682,47
15	54,30	0,044	635,14
20	52,60	0,042	602,50
25	51,00	0,040	582,83
30	49,50	0,039	561,07
35	48,30	0,032	459,59
40	46,90	0,038	548,85
50	44,50	0,034	487,30
60	42,50	0,029	423,58
75	39,60	0,030	430,20
90	37,10	0,027	392,68
105	35,50	0,018	263,04
120	33,90	0,019	273,02

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundiada de excavación (cm)= 61
Permeabilidad K (mm/d) **265**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



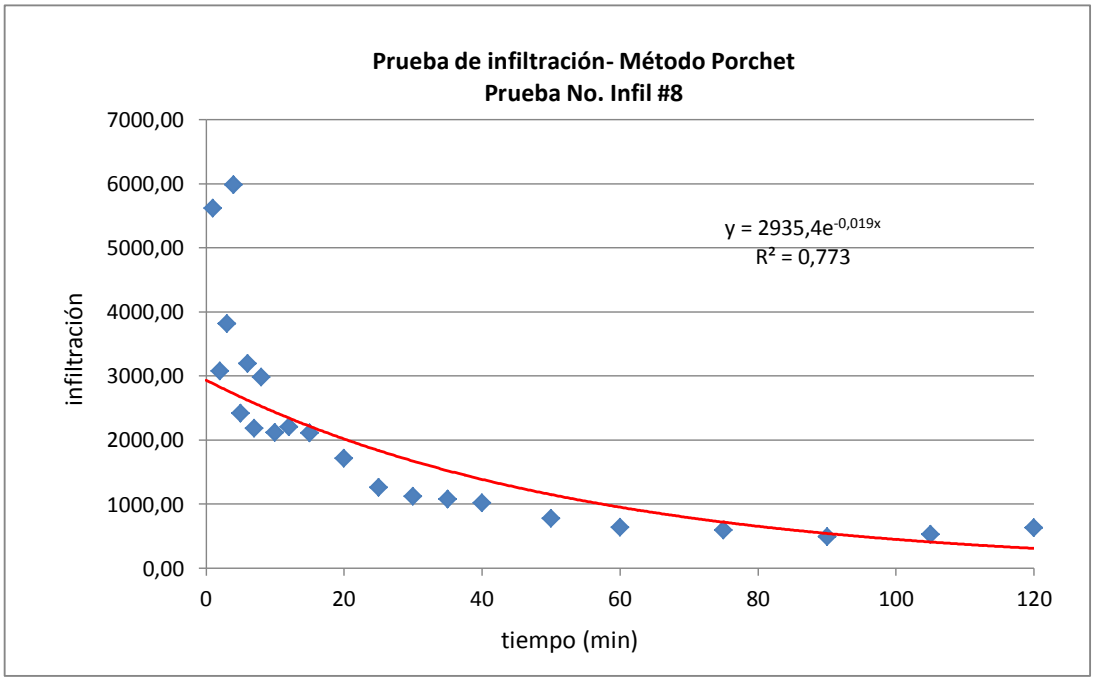
PRUEBA DE PORCHET

No. 8
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Infil #8
Fecha: 17 de marzo de 2015 Hora: 11:30am
Clima: nublado
Ubicación Lambert: 473852/239805
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	30,00		
1	28,10	0,390	5615,49
2	27,10	0,214	3077,13
3	25,90	0,265	3812,16
4	24,10	0,415	5983,07
5	23,40	0,168	2419,30
6	22,50	0,222	3192,35
7	21,90	0,152	2181,89
8	21,10	0,207	2979,50
10	20,00	0,147	2117,92
12	18,90	0,153	2204,39
15	17,40	0,146	2105,86
20	15,50	0,119	1714,47
25	14,20	0,087	1256,73
30	13,10	0,078	1123,66
35	12,10	0,075	1074,85
40	11,20	0,071	1015,33
50	9,90	0,054	778,18
60	8,90	0,044	639,24
75	7,60	0,041	594,62
90	6,60	0,034	493,34
105	5,60	0,037	529,65
120	4,50	0,044	631,48

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 30
Permeabilidad K (mm/d) **300**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



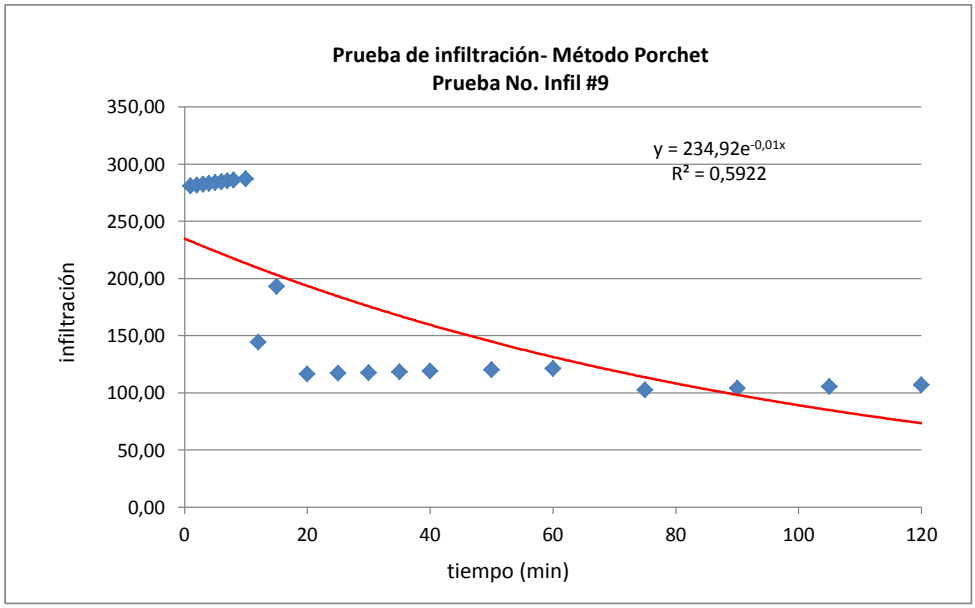
PRUEBA DE PORCHET

No. 9
Proyecto: A y A Barranca-La Paz
Nombre: Infil #9
Fecha: 17 de marzo de 2015 Hora: 9:00am
Clima: Nublado
Ubicación Lambert: 47496/239912
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	31,00		
1	30,90	0,020	280,88
2	30,80	0,020	281,62
3	30,70	0,020	282,35
4	30,60	0,020	283,09
5	30,50	0,020	283,84
6	30,40	0,020	284,59
7	30,30	0,020	285,34
8	30,20	0,020	286,09
10	30,00	0,020	287,23
12	29,90	0,010	144,19
15	29,70	0,013	193,03
20	29,50	0,008	116,44
25	29,30	0,008	117,07
30	29,10	0,008	117,71
35	28,90	0,008	118,36
40	28,70	0,008	119,01
50	28,30	0,008	120,00
60	27,90	0,008	121,35
75	27,40	0,007	102,42
90	26,90	0,007	103,90
105	26,40	0,007	105,42
120	25,90	0,007	106,99

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 31
Permeabilidad K (mm/d) **70**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



[1]

[1] En esta prueba se perforo en 2 sitios diferentes, en el primero se intento llenar a 25 cm y seco en menos de 1 min
Los datos de la tabla corresponden al segundo sitio
Al ser las 10 am aproximadamente se hace presente Wilfret funcionario de A y A

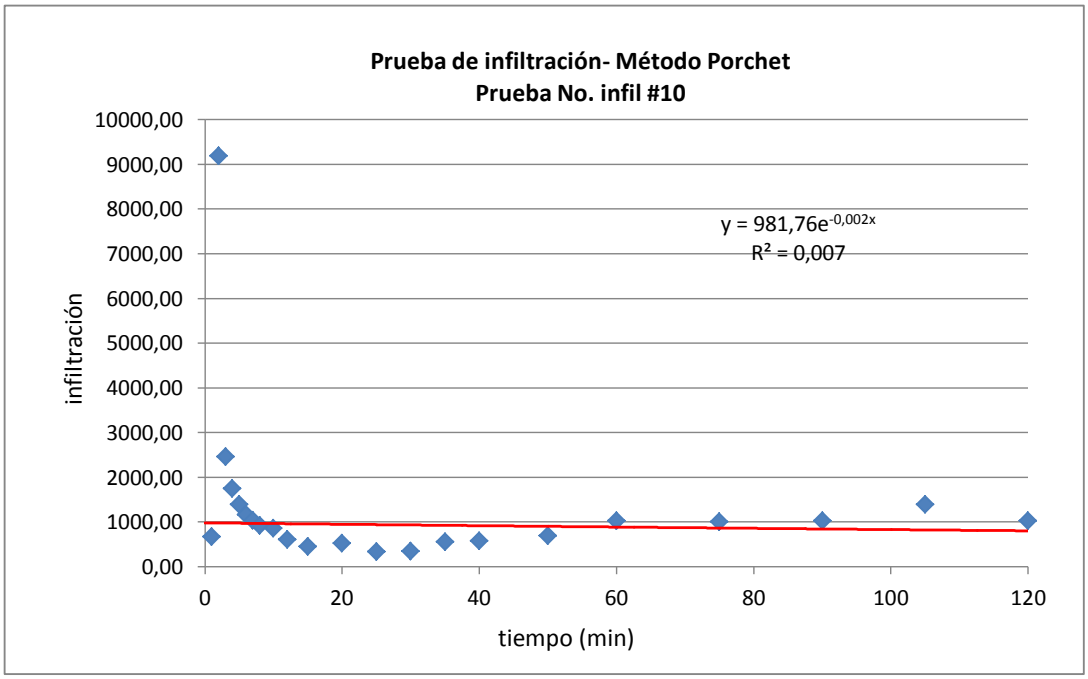
PRUEBA DE PORCHET

No. 10
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Infil #10
Fecha: 18 de marzo de 2015 Hora: 7:30am
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 480013/236878
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	90,00		
1	89,40	0,046	666,67
2	81,50	0,638	9184,66
3	79,50	0,170	2454,65
4	78,10	0,122	1752,07
5	77,00	0,097	1396,84
6	76,10	0,080	1156,47
7	75,30	0,072	1038,47
8	74,60	0,064	916,92
10	73,30	0,060	861,90
12	72,40	0,042	604,86
15	71,40	0,031	453,41
20	69,50	0,037	526,52
25	68,30	0,024	339,27
30	67,10	0,024	344,69
35	65,20	0,039	557,26
40	63,30	0,040	572,02
50	58,90	0,048	692,95
60	52,90	0,071	1022,85
75	45,00	0,070	1009,27
90	38,00	0,072	1030,33
105	30,00	0,097	1392,27
120	25,00	0,072	1030,33

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 90
Permeabilidad K (mm/d) **772**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



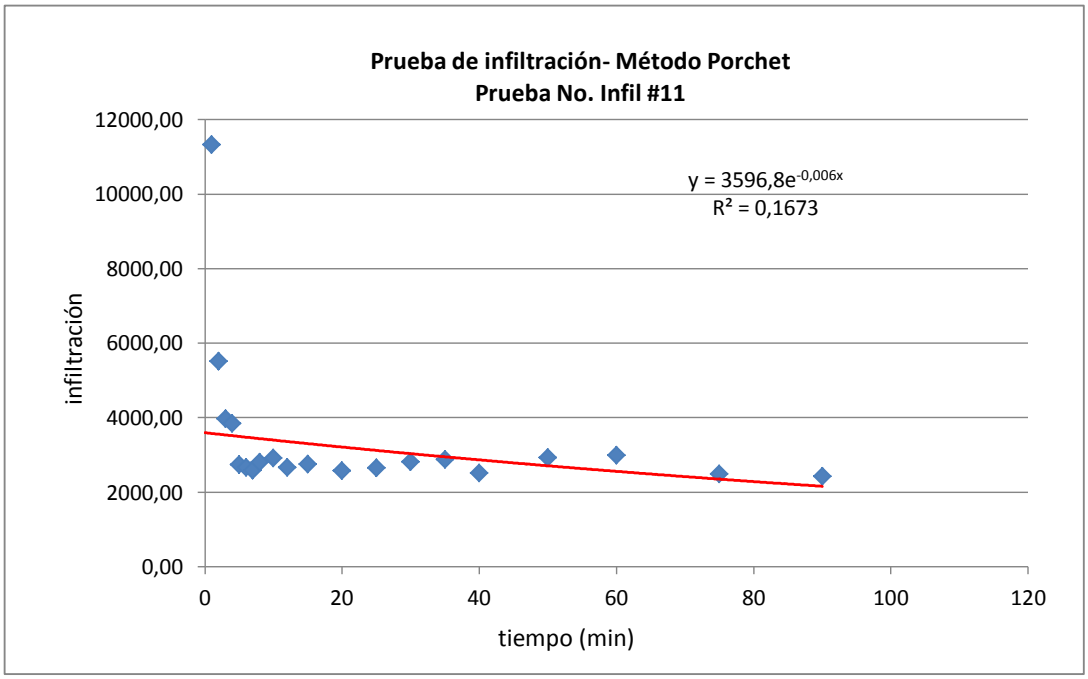
PRUEBA DE PORCHET

No.	11		
Proyecto:	Barranca-La Paz		
Nombre:	Infil #11		
Fecha:	16 de marzo de 2015	Hora:	3:30pm
Clima:	parcialmente nublado		
Ubicación Lambert:	485785/235246		
Tipo de suelo:			

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	93,00		
1	83,00	0,786	11319,25
2	78,50	0,383	5508,28
3	75,40	0,275	3964,92
4	72,50	0,267	3845,71
5	70,50	0,190	2734,32
6	68,60	0,185	2663,34
7	66,80	0,180	2585,23
8	64,90	0,194	2797,70
10	61,10	0,202	2911,34
12	57,80	0,185	2662,23
15	53,00	0,191	2748,55
20	46,20	0,179	2575,38
25	40,00	0,184	2649,96
30	34,20	0,195	2812,94
35	29,00	0,200	2876,88
40	25,00	0,174	2507,16
50	17,30	0,203	2920,28
60	11,30	0,208	2991,46
75	5,80	0,173	2491,87
90	2,00	0,168	2422,60
105			
120			

Diámetro de excavación (cm) =	15
Profundidad de excavación (cm)=	93
Permeabilidad K (mm/d)	**1750**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



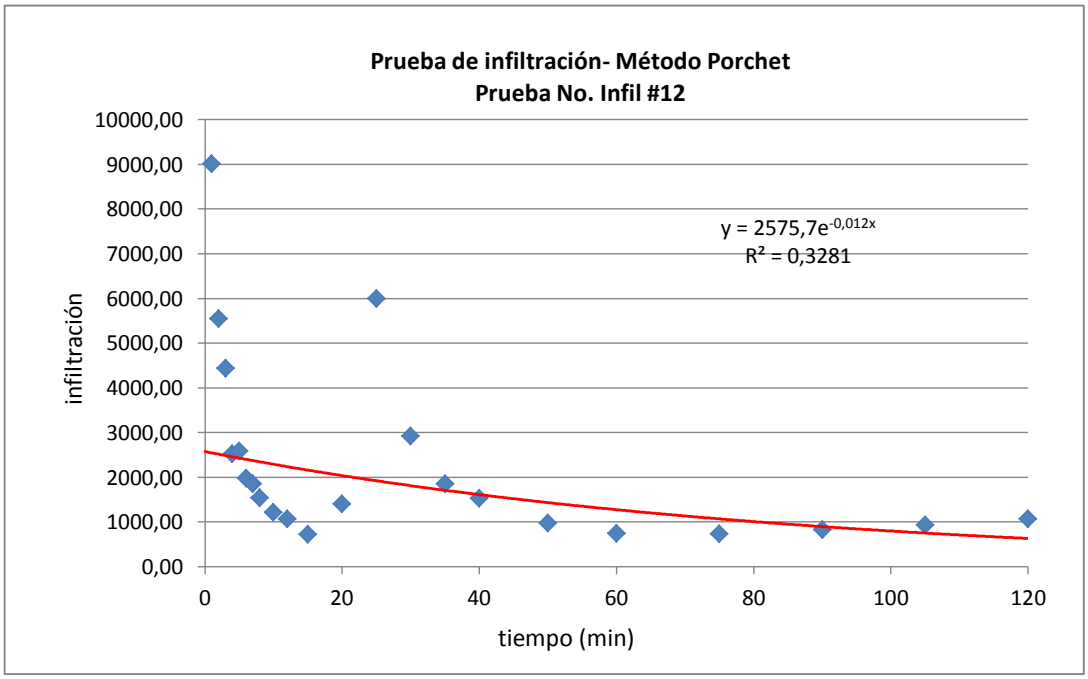
PRUEBA DE PORCHET

No. 12
Proyecto: A y A Barranca-La Paz
Nombre: Infil #12
Fecha: 25 de marzo de 2015 Hora: 1:20p.m
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 486447/235160
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	75,00		
1	68,40	0,625	9005,21
2	64,60	0,385	5547,17
3	61,70	0,308	4433,74
4	60,10	0,175	2526,43
5	58,50	0,180	2586,95
6	57,30	0,138	1981,71
7	56,20	0,128	1849,07
8	55,30	0,107	1536,78
10	53,90	0,085	1217,44
12	52,70	0,074	1065,82
15	51,50	0,050	724,86
20	47,80	0,097	1398,91
25	34,40	0,416	5993,72
30	29,10	0,203	2921,13
35	26,10	0,128	1847,28
40	23,80	0,106	1531,61
50	21,10	0,068	974,28
60	19,20	0,052	742,43
75	16,60	0,051	737,65
90	14,00	0,057	821,94
105	11,40	0,064	928,02
120	8,80	0,074	1065,58

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 75
Permeabilidad K (mm/d) **610**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



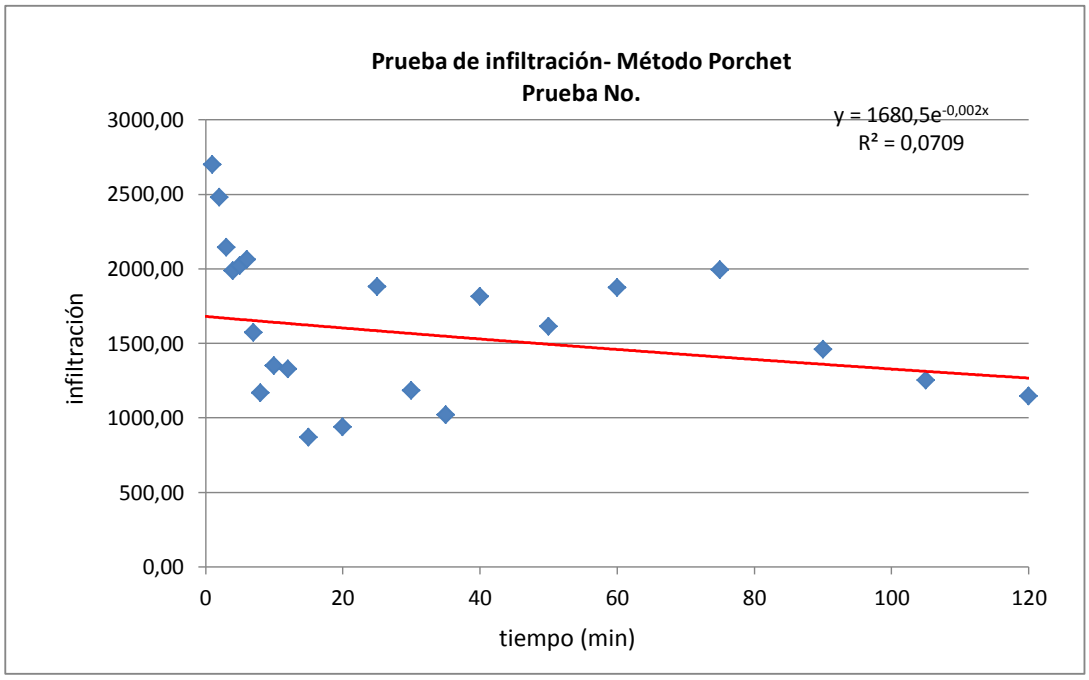
PRUEBA DE PORCHET

No. 13
Proyecto: A y A Barranca-La Paz
Nombre: Infil #13
Fecha: 26 de marzo de 2015 Hora: 09:30
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 494523/239174
Tipo de suelo: Cafetal

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	110,00		
1	107,10	0,187	2698,98
2	104,50	0,172	2478,48
3	102,30	0,149	2142,54
4	100,30	0,138	1985,35
5	98,30	0,140	2022,53
6	96,30	0,143	2061,13
7	94,80	0,109	1572,08
8	93,70	0,081	1167,58
10	91,20	0,094	1350,75
12	88,80	0,092	1329,30
15	86,50	0,060	870,25
20	82,50	0,065	939,28
25	75,00	0,131	1879,45
30	70,60	0,082	1183,86
35	67,00	0,071	1019,32
40	61,00	0,126	1813,65
50	51,50	0,112	1612,40
60	42,10	0,130	1874,30
75	30,10	0,138	1994,30
90	23,20	0,101	1459,74
105	18,30	0,087	1251,99
120	14,50	0,080	1147,19

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 110
Permeabilidad K (mm/d) **1322**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



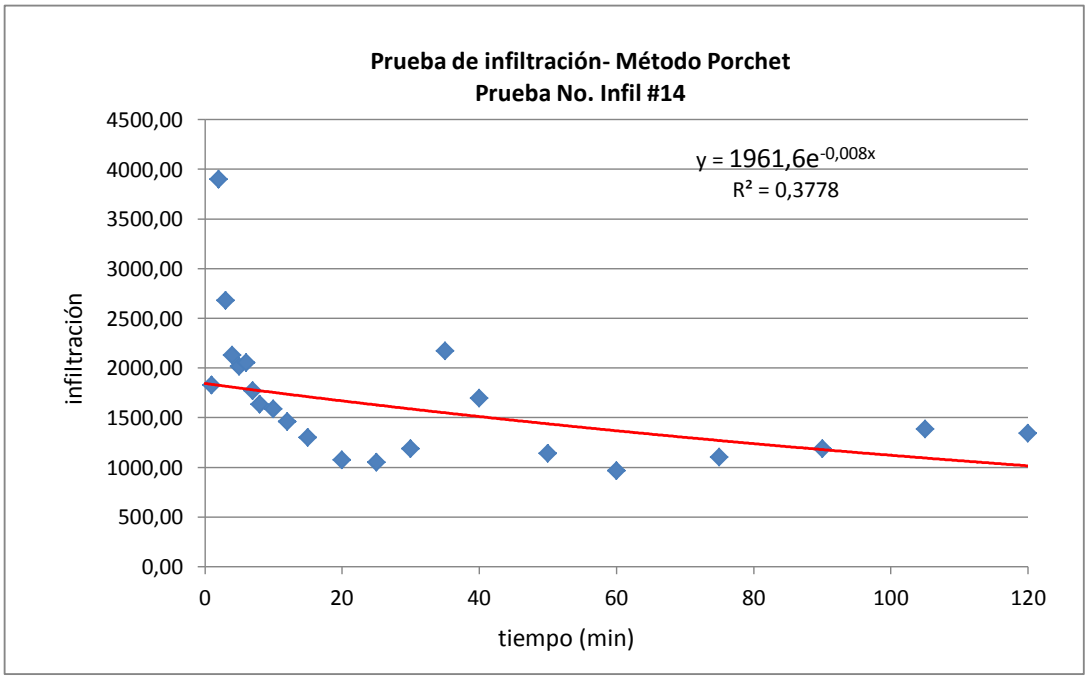
PRUEBA DE PORCHET

No. 14
Proyecto: A y A Barranca-La Paz
Nombre: Infil #14
Fecha: 25 de marzo de 2015 Hora: 6:10am
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 485900/233845
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	70,00		
1	68,70	0,127	1826,98
2	66,00	0,271	3896,21
3	64,20	0,186	2677,82
4	62,80	0,148	2129,65
5	61,50	0,140	2015,85
6	60,20	0,143	2054,20
7	59,10	0,123	1769,21
8	58,10	0,113	1633,92
10	56,20	0,110	1587,12
12	54,50	0,101	1460,71
15	52,30	0,090	1300,63
20	49,40	0,075	1073,74
25	46,70	0,073	1050,07
30	43,80	0,082	1187,79
35	38,90	0,151	2168,45
40	35,40	0,118	1694,04
50	31,10	0,079	1140,69
60	27,80	0,067	965,19
75	22,80	0,076	1099,69
90	18,20	0,082	1185,53
105	13,70	0,096	1385,93
120	10,10	0,093	1339,94

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 70
Permeabilidad K (mm/d) **751**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



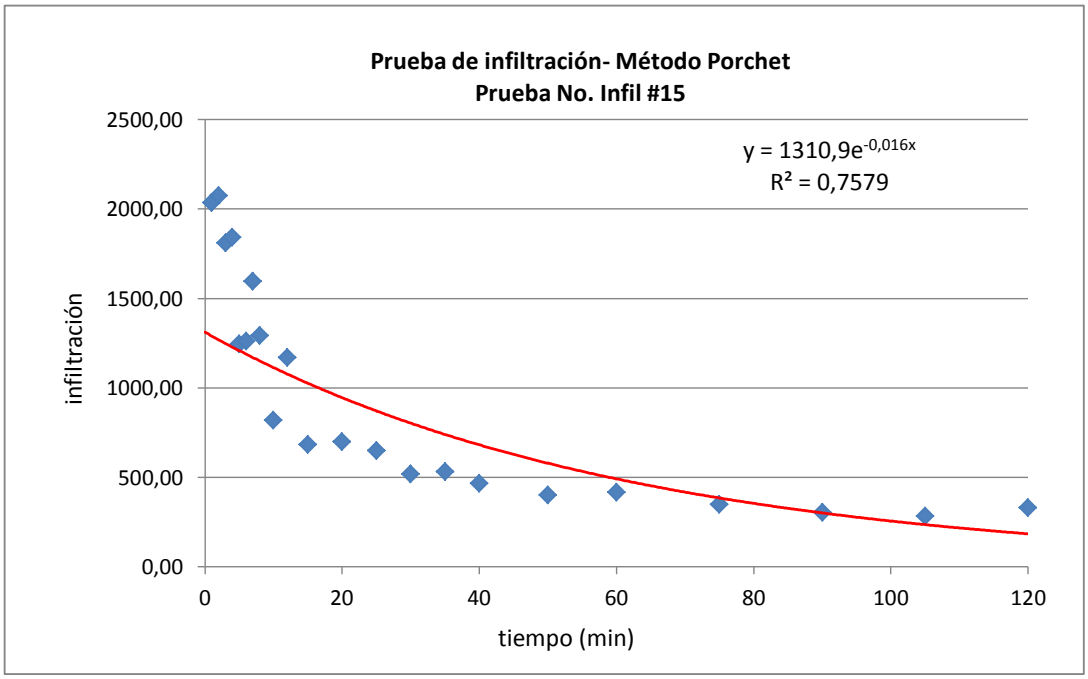
PRUEBA DE PORCHET

No. 15
Proyecto: A y A Barranca-La Paz
Nombre: Infil #15
Fecha: 25 de marzo de 2015 Hora: 7:30am
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 487349/235758
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	30,00		
1	29,30	0,141	2035,05
2	28,60	0,144	2074,14
3	28,00	0,126	1810,10
4	27,40	0,128	1840,95
5	27,00	0,086	1244,97
6	26,60	0,087	1259,49
7	26,10	0,111	1595,30
8	25,70	0,090	1293,43
10	25,20	0,057	819,44
12	24,50	0,081	1168,52
15	23,90	0,047	681,41
20	22,90	0,049	699,09
25	22,00	0,045	649,13
30	21,30	0,036	518,72
35	20,60	0,037	531,49
40	20,00	0,032	466,21
50	19,00	0,028	400,05
60	18,00	0,029	415,44
75	16,80	0,024	347,06
90	15,80	0,021	302,57
105	14,90	0,020	283,63
120	13,90	0,023	328,82

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 30
Permeabilidad K (mm/d) **192**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



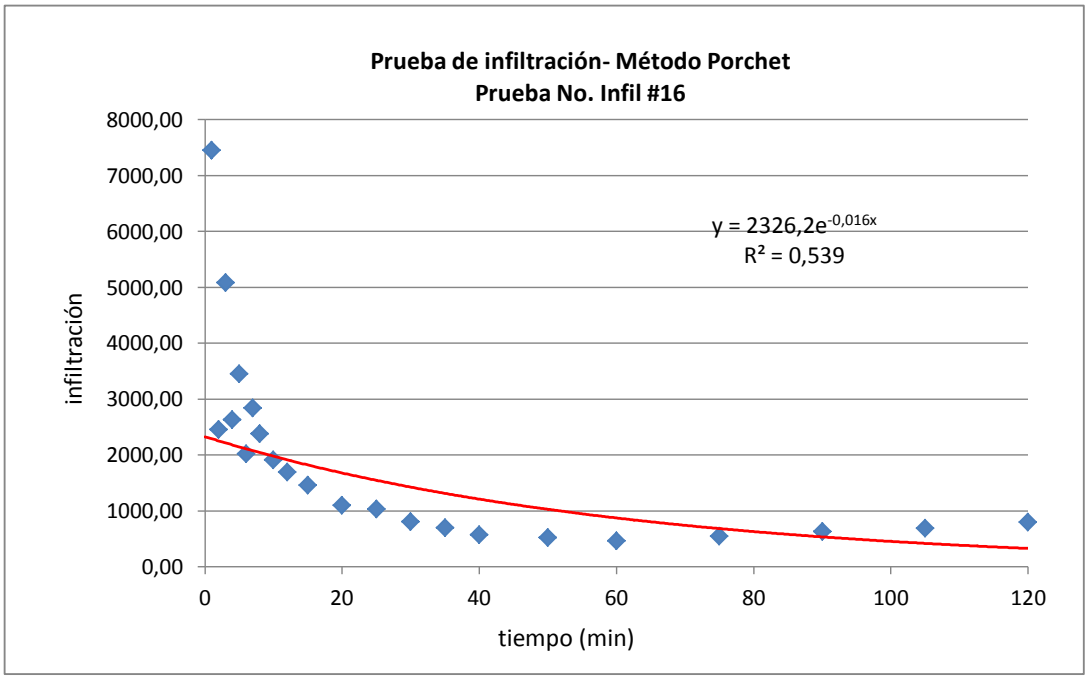
PRUEBA DE PORCHET

No. 16
Proyecto: A y A Barranca-La Paz
Nombre: Infil #16
Fecha: 23 de marzo de 2015 Hora: 3:40pm
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 489068/236110
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	45,00		
1	41,50	0,517	7451,23
2	40,40	0,170	2452,12
3	38,20	0,353	5077,86
4	37,10	0,183	2631,36
5	35,70	0,239	3444,48
6	34,90	0,140	2018,75
7	33,80	0,197	2838,87
8	32,90	0,165	2379,53
10	31,50	0,132	1904,48
12	30,30	0,117	1687,64
15	28,80	0,101	1457,69
20	27,00	0,076	1098,54
25	25,40	0,071	1025,71
30	24,20	0,056	802,57
35	23,20	0,048	692,37
40	22,40	0,040	570,33
50	21,00	0,036	517,91
60	19,80	0,032	464,59
75	17,80	0,038	547,79
90	15,70	0,043	623,90
105	13,60	0,047	683,13
120	11,40	0,055	792,80

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 45
Permeabilidad K (mm/d) **341**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



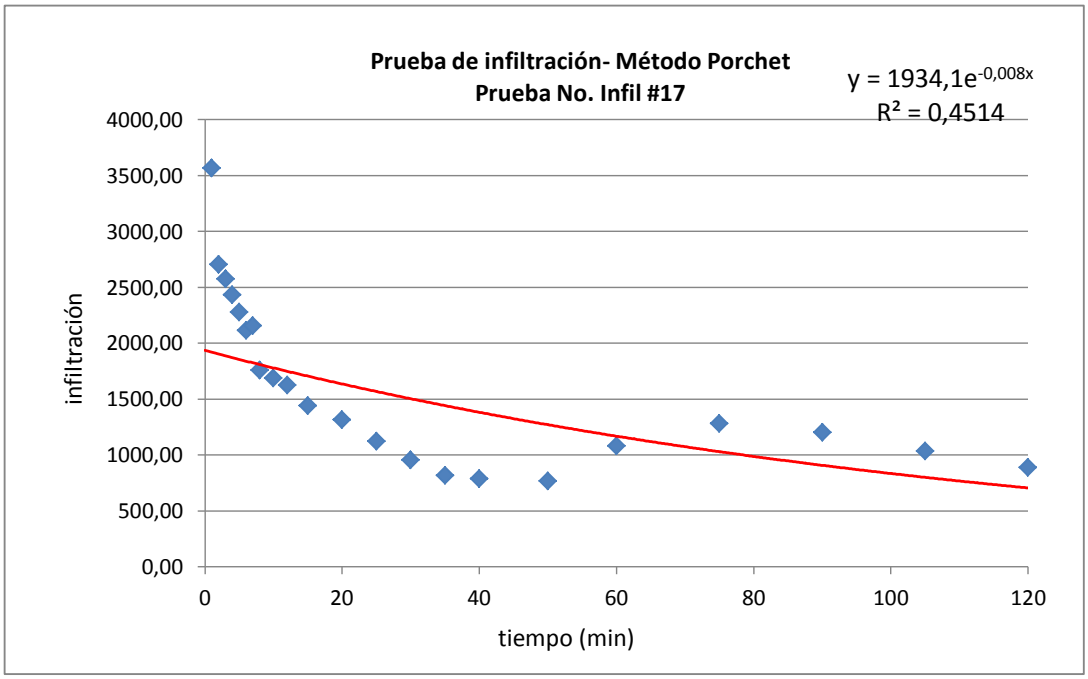
PRUEBA DE PORCHET

No. 17
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Infil #17
Fecha: 18 de marzo de 2015 Hora: 11:10am
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 492807/237157
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	51,00		
1	49,10	0,248	3565,92
2	47,70	0,188	2704,97
3	46,40	0,179	2573,91
4	45,20	0,169	2431,62
5	44,10	0,158	2278,13
6	43,10	0,147	2113,57
7	42,10	0,150	2155,76
8	41,30	0,122	1756,14
10	39,80	0,117	1685,88
12	38,40	0,113	1622,44
15	36,60	0,100	1440,19
20	34,00	0,091	1312,55
25	31,90	0,078	1121,64
30	30,20	0,066	952,68
35	28,80	0,057	817,39
40	27,50	0,055	787,75
50	25,10	0,053	767,19
60	22,00	0,075	1079,16
75	17,20	0,089	1278,63
90	13,40	0,084	1202,79
105	10,60	0,072	1035,63
120	8,50	0,062	887,93

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 51
Permeabilidad K (mm/d) **741**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



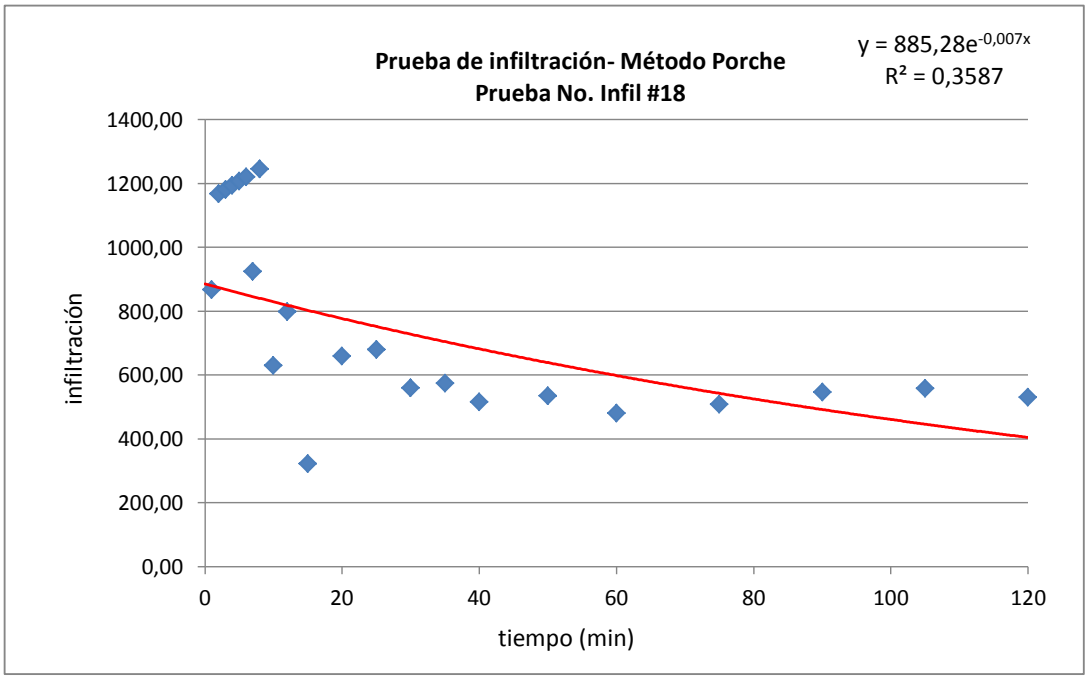
PRUEBA DE PORCHET

No.	18		
Proyecto:	Barranca-La Paz		
Nombre:	Infil #18		
Fecha:	18 de marzo de 2015	Hora:	12:00
Clima:	Soleado		
Ubicación Lambert:	492757/237589		
Tipo de suelo:			

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	30,00		
1	29,70	0,060	867,47
2	29,30	0,081	1167,58
3	28,90	0,082	1180,34
4	28,50	0,083	1193,38
5	28,10	0,084	1206,72
6	27,70	0,085	1220,35
7	27,40	0,064	924,40
8	27,00	0,086	1244,97
10	26,60	0,044	629,74
12	26,10	0,055	797,65
15	25,80	0,022	322,87
20	24,80	0,046	658,59
25	23,80	0,047	679,30
30	23,00	0,039	559,25
35	22,20	0,040	574,12
40	21,50	0,036	515,19
50	20,10	0,037	534,38
60	18,90	0,033	480,08
75	17,10	0,035	508,45
90	15,30	0,038	547,10
105	13,60	0,039	557,91
120	12,10	0,037	530,95

Diámetro de excavación (cm) =	15
Profundidad de excavación (cm)=	30
Permeabilidad K (mm/d)	**382**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



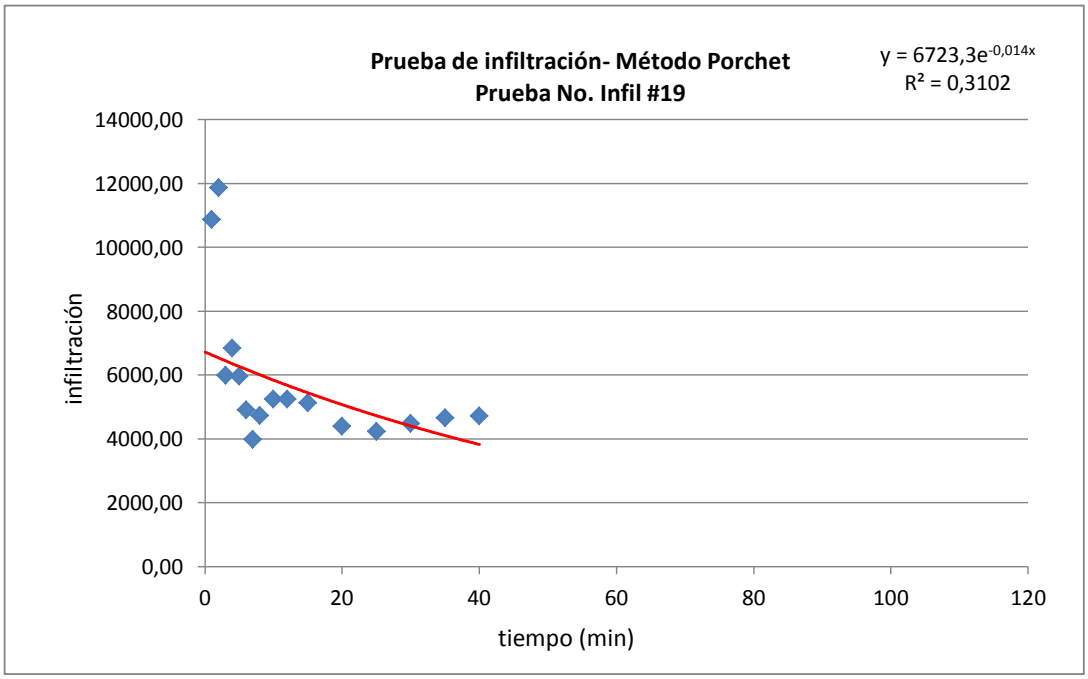
PRUEBA DE PORCHET

No. 19
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Infil #19
Fecha: 26 de marzo de 2015 Hora: 12:15pm
Clima: soledo
Ubicación Lambert: 497443/239161
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	52,00		
1	46,30	0,755	10875,91
2	40,70	0,824	11870,76
3	38,10	0,416	5988,74
4	35,30	0,475	6843,92
5	33,00	0,414	5965,50
6	31,20	0,341	4909,94
7	29,80	0,276	3979,40
8	28,20	0,329	4735,00
10	24,90	0,364	5237,58
12	21,90	0,364	5246,84
15	18,00	0,356	5123,38
20	13,30	0,306	4400,47
25	9,60	0,294	4230,89
30	6,40	0,311	4475,30
35	3,70	0,324	4665,06
40	1,50	0,328	4723,69
50			
60			
75			
90			
105			
120			

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 52
Permeabilidad K (mm/d) **1253**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



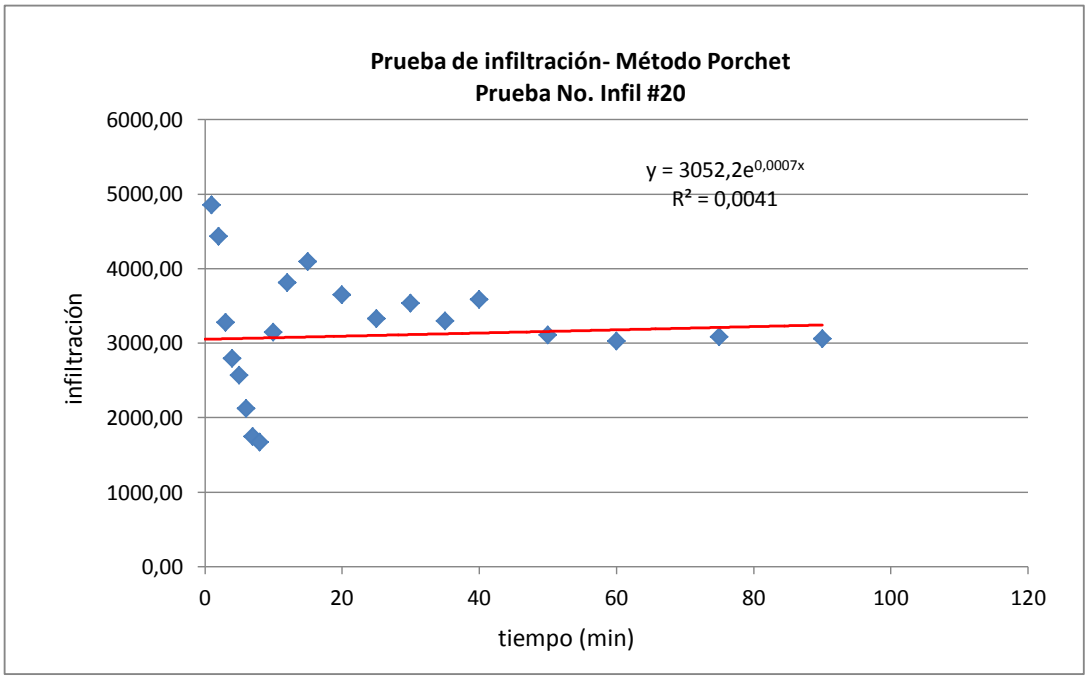
PRUEBA DE PORCHET

No. 20
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Infil #20
Fecha: 26 de marzo de 2015 Hora: 9:25am
Clima: soledo
Ubicación Lambert: 495745/238304
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	120,00		
1	114,40	0,337	4850,86
2	109,50	0,308	4430,93
3	106,00	0,228	3280,08
4	103,10	0,194	2795,34
5	100,50	0,178	2569,20
6	98,40	0,147	2120,69
7	96,70	0,121	1747,78
8	95,10	0,116	1671,21
10	89,30	0,218	3142,31
12	82,70	0,265	3813,35
15	73,00	0,284	4095,80
20	60,50	0,253	3644,99
25	50,80	0,231	3324,36
30	42,00	0,245	3534,40
35	35,00	0,229	3293,32
40	28,50	0,249	3585,28
50	19,50	0,216	3106,97
60	12,90	0,210	3027,26
75	5,80	0,214	3079,95
90	1,20	0,212	3055,98
105			
120			

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 120
Permeabilidad K (mm/d) **2806**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



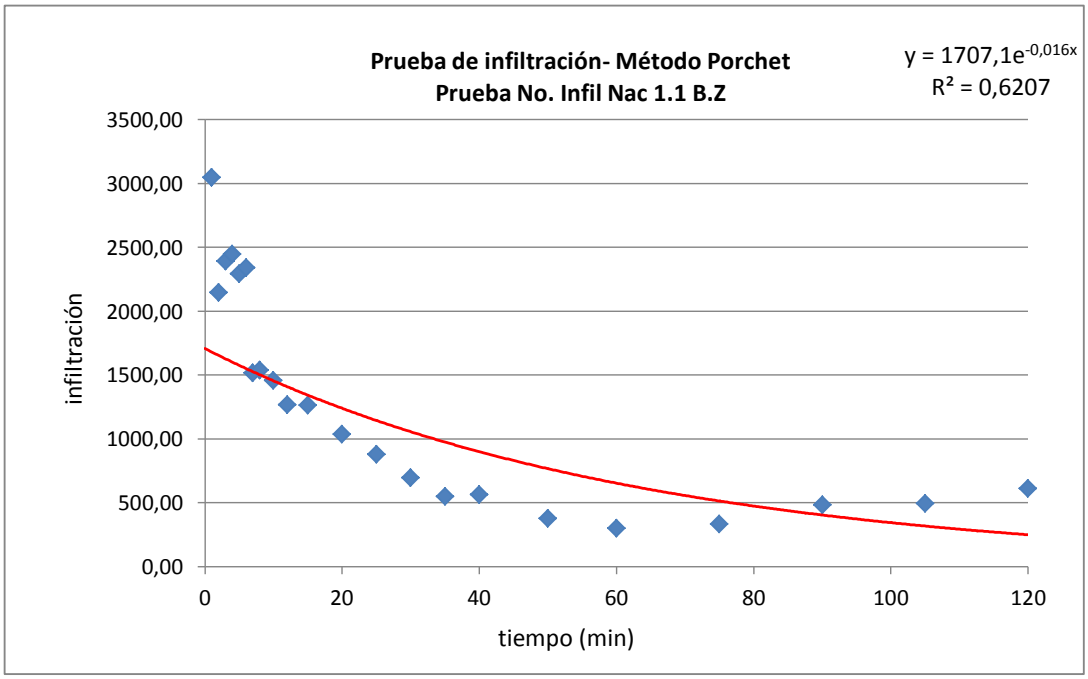
PRUEBA DE PORCHET

No. 1,1
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Infil Nac 1.1 B.Z
Fecha: 10 de Marzo 2015 Hora: 12:10pm
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 481293 236782
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	50,00		
1	48,40	0,212	3047,82
2	47,30	0,149	2146,41
3	46,10	0,166	2391,24
4	44,90	0,170	2445,39
5	43,80	0,159	2291,31
6	42,70	0,163	2340,98
7	42,00	0,105	1516,57
8	41,30	0,107	1538,17
10	40,00	0,101	1458,03
12	38,90	0,088	1265,23
15	37,30	0,088	1263,29
20	35,20	0,072	1037,00
25	33,50	0,061	877,54
30	32,20	0,048	695,97
35	31,20	0,038	551,05
40	30,20	0,039	565,48
50	28,90	0,026	378,99
60	27,90	0,021	300,86
75	26,30	0,023	333,01
90	24,10	0,034	484,59
105	22,00	0,034	495,12
120	19,60	0,042	610,97

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 50
Permeabilidad K (mm/d) **250**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



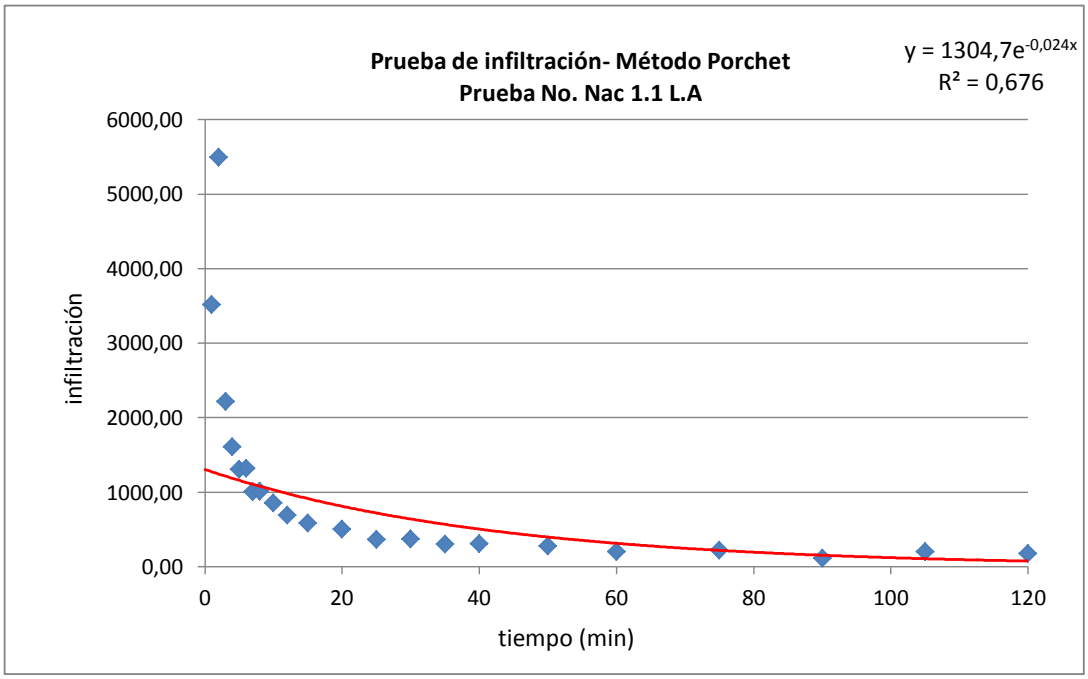
PRUEBA DE PORCHET

No. 1.1
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Nac 1.1 L.A
Fecha: 11 de Marzo 2015 Hora: 6:55am
Clima: nublado
Ubicación Lambert: 485414 237487
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	30,00		
1	28,80	0,244	3512,50
2	27,00	0,381	5492,71
3	26,30	0,154	2213,84
4	25,80	0,112	1609,57
5	25,40	0,091	1305,15
6	25,00	0,092	1321,12
7	24,70	0,070	1001,55
8	24,40	0,070	1010,93
10	23,90	0,059	853,10
12	23,50	0,048	692,32
15	23,00	0,041	585,38
20	22,30	0,035	501,52
25	21,80	0,025	365,49
30	21,30	0,026	371,78
35	20,90	0,021	302,10
40	20,50	0,021	306,39
50	19,80	0,019	273,43
60	19,30	0,014	199,64
75	18,50	0,015	218,20
90	18,10	0,008	111,63
105	17,40	0,014	199,62
120	16,80	0,012	175,62

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 30 cm
Permeabilidad K (mm/d) **73**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



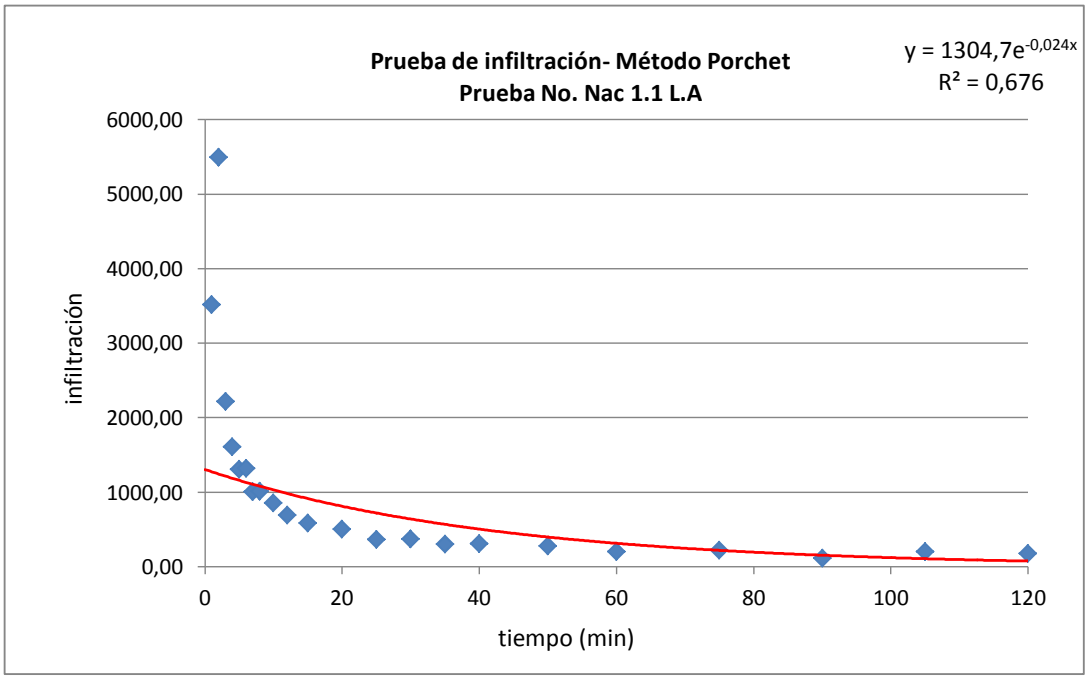
PRUEBA DE PORCHET

No. 1.1
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Nac 1.1 L.A
Fecha: 11 de Marzo 2015 Hora: 6:55am
Clima: nublado
Ubicación Lambert: 485414 237487
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	30,00		
1	28,80	0,244	3512,50
2	27,00	0,381	5492,71
3	26,30	0,154	2213,84
4	25,80	0,112	1609,57
5	25,40	0,091	1305,15
6	25,00	0,092	1321,12
7	24,70	0,070	1001,55
8	24,40	0,070	1010,93
10	23,90	0,059	853,10
12	23,50	0,048	692,32
15	23,00	0,041	585,38
20	22,30	0,035	501,52
25	21,80	0,025	365,49
30	21,30	0,026	371,78
35	20,90	0,021	302,10
40	20,50	0,021	306,39
50	19,80	0,019	273,43
60	19,30	0,014	199,64
75	18,50	0,015	218,20
90	18,10	0,008	111,63
105	17,40	0,014	199,62
120	16,80	0,012	175,62

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 30 cm
Permeabilidad K (mm/d) **73**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



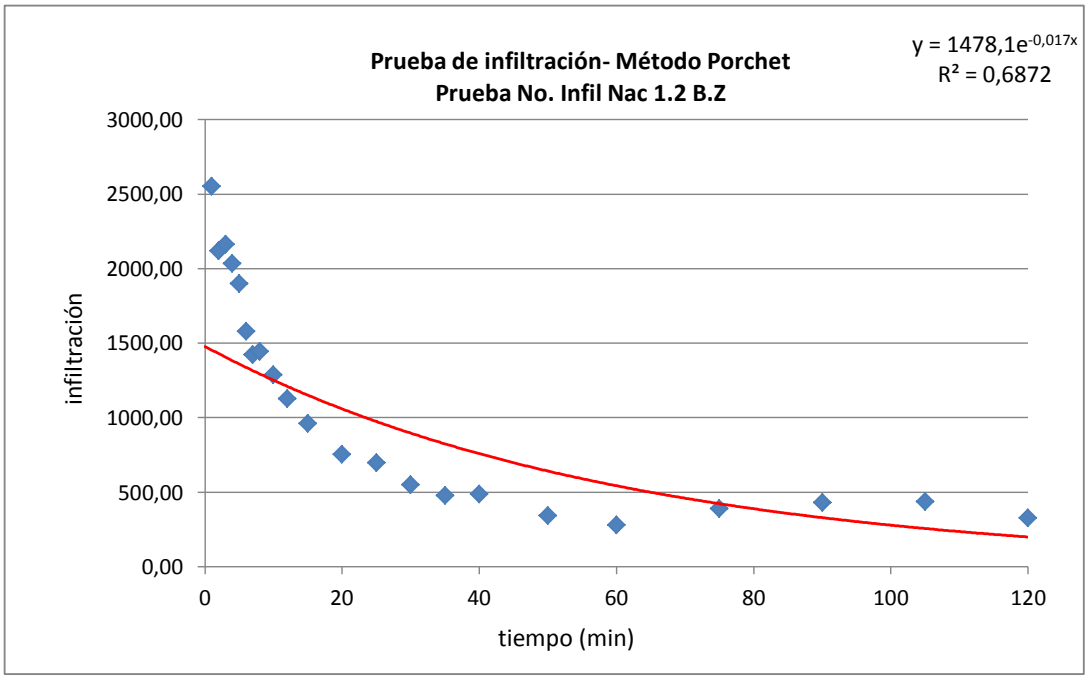
PRUEBA DE PORCHET

No. 1.2
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Infil Nac 1.2 B.Z
Fecha: 10 de Marzo 2015 Hora: 11:50 a.m.
Clima: nublado
Ubicación Lambert: 481356 236836
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	61,00		
1	59,40	0,177	2552,56
2	58,10	0,147	2119,31
3	56,80	0,150	2161,73
4	55,60	0,141	2034,60
5	54,50	0,132	1899,33
6	53,60	0,110	1579,23
7	52,80	0,099	1423,41
8	52,00	0,100	1442,43
10	50,60	0,089	1285,78
12	49,40	0,078	1127,00
15	47,90	0,067	961,77
20	46,00	0,052	753,80
25	44,30	0,048	697,50
30	43,00	0,038	549,00
35	41,90	0,033	475,69
40	40,80	0,034	486,41
50	39,30	0,024	340,72
60	38,10	0,019	280,54
75	35,70	0,027	389,28
90	33,20	0,030	429,21
105	30,80	0,030	437,60
120	29,10	0,023	326,89

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 61
Permeabilidad K (mm/d) **192**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



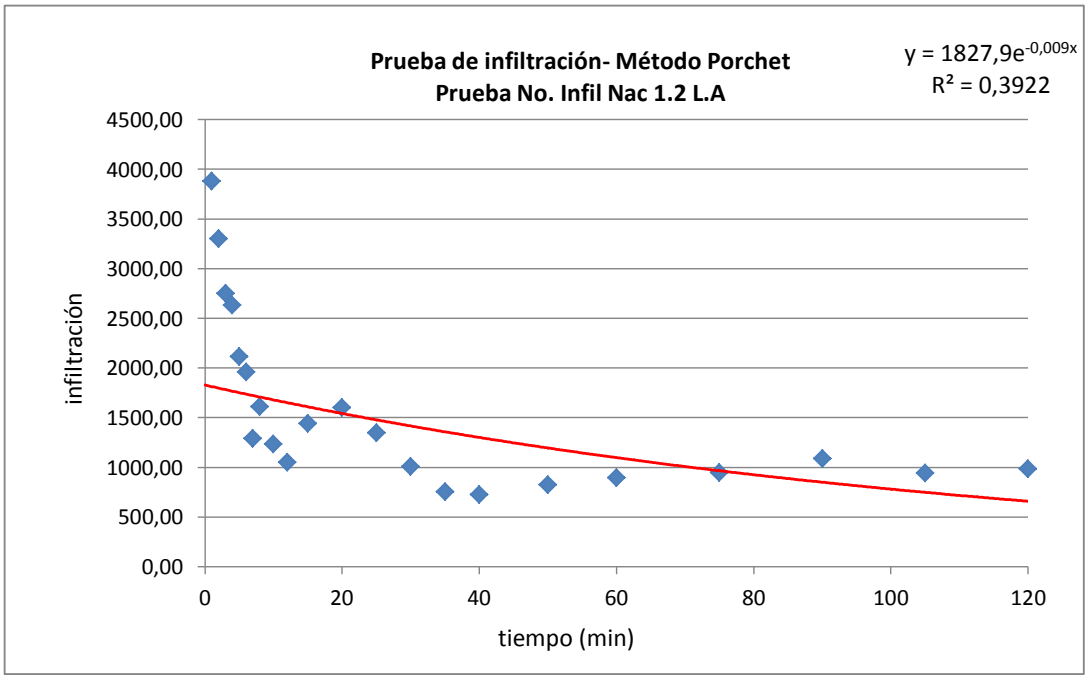
PRUEBA DE PORCHET

No. 1.2
Proyecto: Barrana-La Paz
Nombre: Nac 1.2 L.A
Fecha: 11 de marzo de 2015 Hora: 1:10pm
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 485408 237574
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	120,00		
1	115,50	0,269	3880,66
2	111,80	0,229	3298,65
3	108,80	0,191	2750,57
4	106,00	0,183	2631,98
5	103,80	0,147	2113,95
6	101,80	0,136	1958,35
7	100,50	0,090	1292,24
8	98,90	0,112	1611,97
10	96,50	0,086	1231,99
12	94,50	0,073	1048,58
15	90,50	0,100	1440,19
20	83,50	0,111	1600,73
25	78,00	0,094	1346,61
30	74,10	0,070	1008,44
35	71,30	0,052	754,19
40	68,70	0,050	724,71
50	63,10	0,057	824,38
60	57,50	0,062	892,54
75	49,50	0,066	945,62
90	41,50	0,076	1088,86
105	35,50	0,065	940,47
120	30,00	0,068	985,39

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación 120
Permeabilidad K (mm/d) **620**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



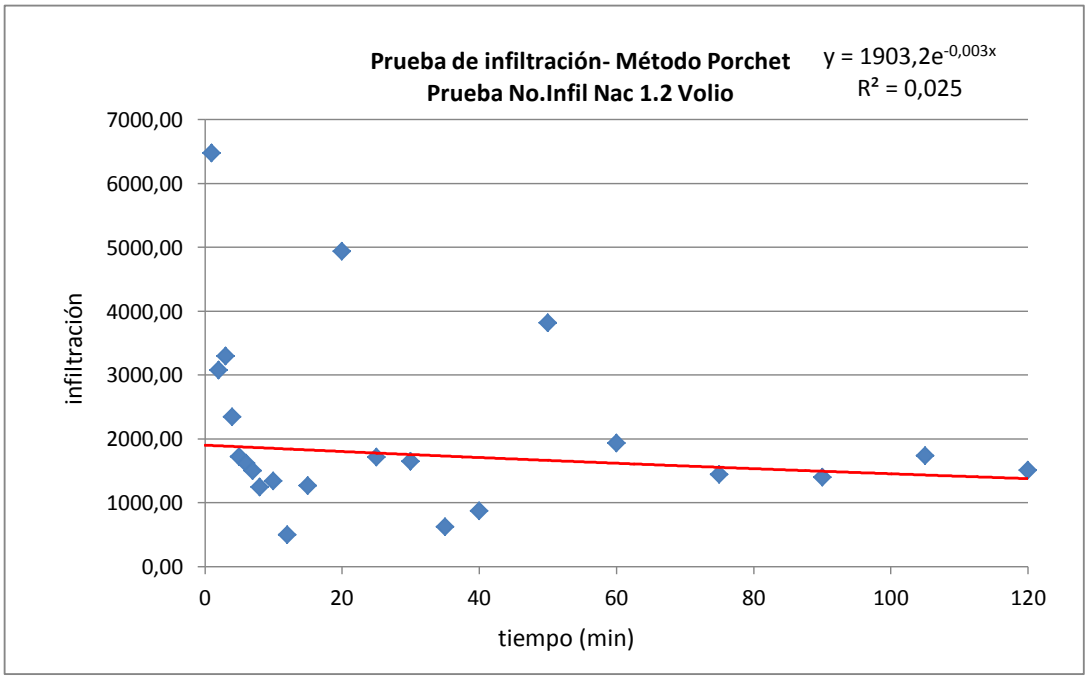
PRUEBA DE PORCHET

No. 1.2
Proyecto: Barrana-La Paz
Nombre: Infil Nac 1.2 Volio
Fecha: 26 de marzo de 2015 Hora: 12:10pm
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 488578 237243
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	87,00		
1	81,50	0,450	6476,05
2	79,00	0,214	3077,13
3	76,40	0,229	3296,03
4	74,60	0,163	2342,26
5	73,30	0,120	1723,79
6	72,10	0,112	1615,99
7	71,00	0,104	1502,87
8	70,10	0,086	1245,37
10	68,20	0,093	1338,62
12	67,50	0,035	501,66
15	64,90	0,088	1270,15
20	50,10	0,343	4939,57
25	45,70	0,119	1716,43
30	41,80	0,114	1644,50
35	40,40	0,043	622,27
40	38,50	0,061	874,24
50	24,80	0,265	3818,60
60	19,50	0,134	1935,69
75	14,60	0,100	1441,87
90	10,70	0,097	1397,92
105	6,80	0,121	1736,37
120	4,10	0,105	1506,63

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 87
Permeabilidad K (mm/d) **1328**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



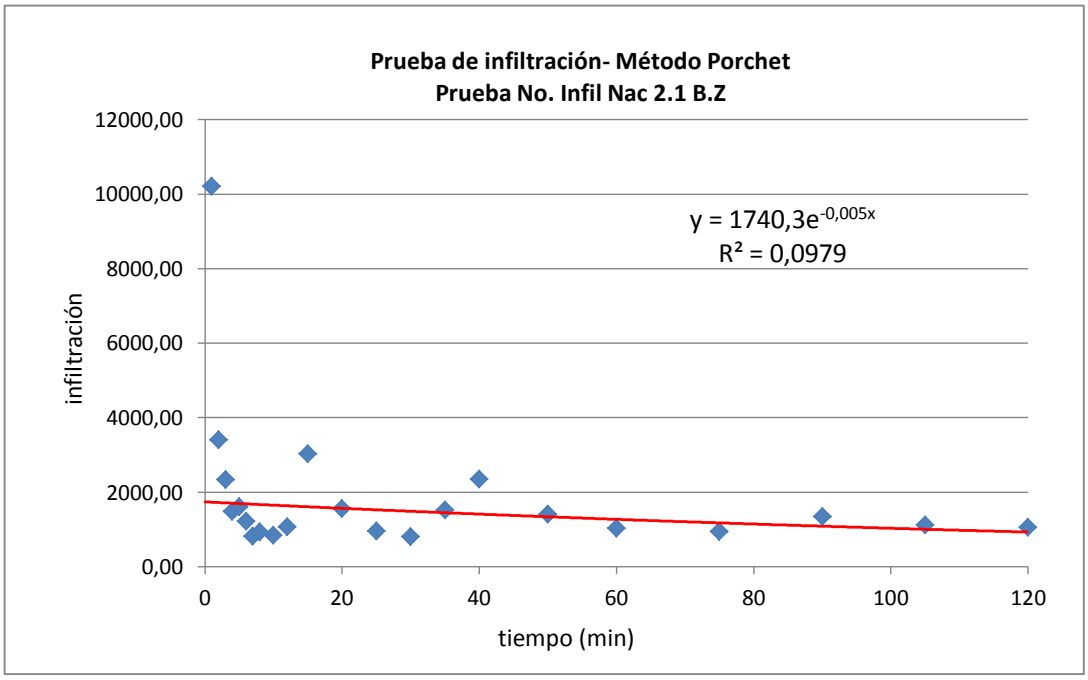
PRUEBA DE PORCHET

No. 2.1
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Infil Nac 2.1 B.Z
Fecha: 10 de Marzo 2015 Hora: 08:30 a.m.
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 482696 236080
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	120,00		
1	108,50	0,709	10208,83
2	104,90	0,236	3404,84
3	102,50	0,162	2331,03
4	101,00	0,103	1482,86
5	99,40	0,111	1604,49
6	98,20	0,085	1219,20
7	97,40	0,057	820,52
8	96,50	0,065	930,59
10	94,90	0,058	837,23
12	92,90	0,074	1065,12
15	84,80	0,210	3028,25
20	78,40	0,108	1552,18
25	74,70	0,066	951,02
30	71,70	0,056	803,07
35	66,30	0,106	1525,34
40	58,70	0,163	2347,45
50	50,60	0,098	1409,56
60	45,30	0,072	1033,07
75	38,80	0,066	945,86
90	30,90	0,094	1347,01
105	25,40	0,077	1113,01
120	20,90	0,074	1059,00

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 120
Permeabilidad K (mm/d) **955**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



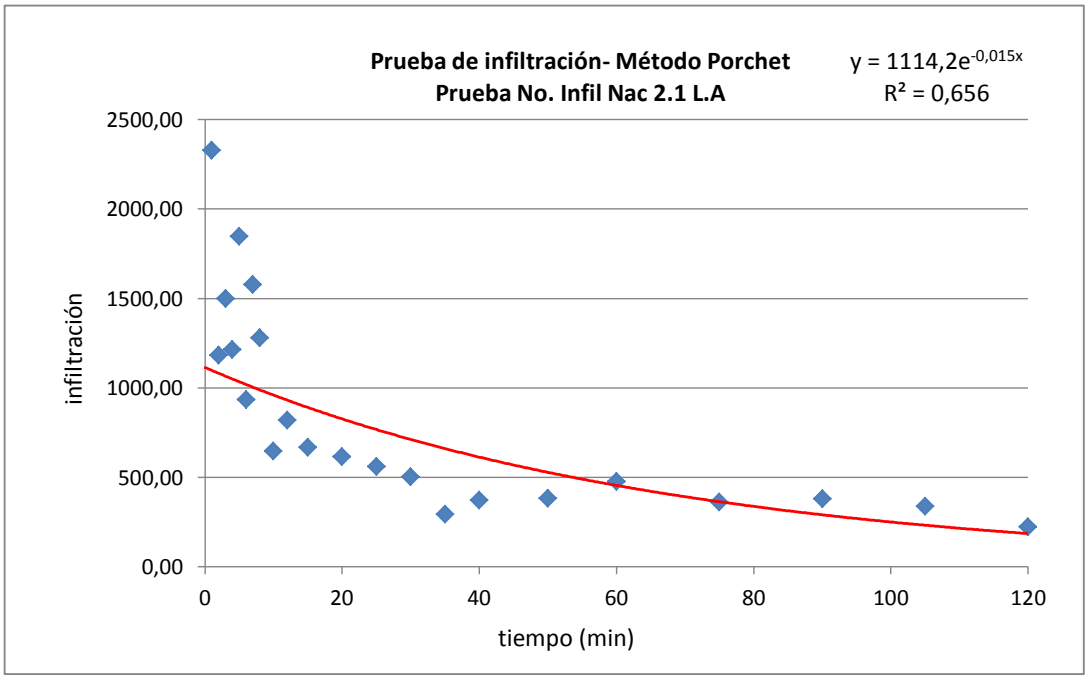
PRUEBA DE PORCHET

No. 2.1
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Nac 2.1 L.A
Fecha: 11 de Marzo 2015 Hora: 07:20 a.m.
Clima: nublado
Ubicación Lambert: 485426 237510
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	30,00		
1	29,20	0,162	2328,93
2	28,80	0,082	1183,57
3	28,30	0,104	1497,94
4	27,90	0,084	1213,50
5	27,30	0,128	1846,20
6	27,00	0,065	935,07
7	26,50	0,109	1576,67
8	26,10	0,089	1278,12
10	25,70	0,045	646,71
12	25,20	0,057	819,44
15	24,60	0,046	666,69
20	23,70	0,043	614,26
25	22,90	0,039	561,07
30	22,20	0,035	503,18
35	21,80	0,020	292,89
40	21,30	0,026	371,78
50	20,30	0,027	381,67
60	19,10	0,033	476,55
75	17,80	0,025	360,77
90	16,50	0,026	379,80
105	15,40	0,023	337,80
120	14,70	0,016	223,52

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad deexcavación (cm)= 30 cm
Permeabilidad K (mm/d) **184**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



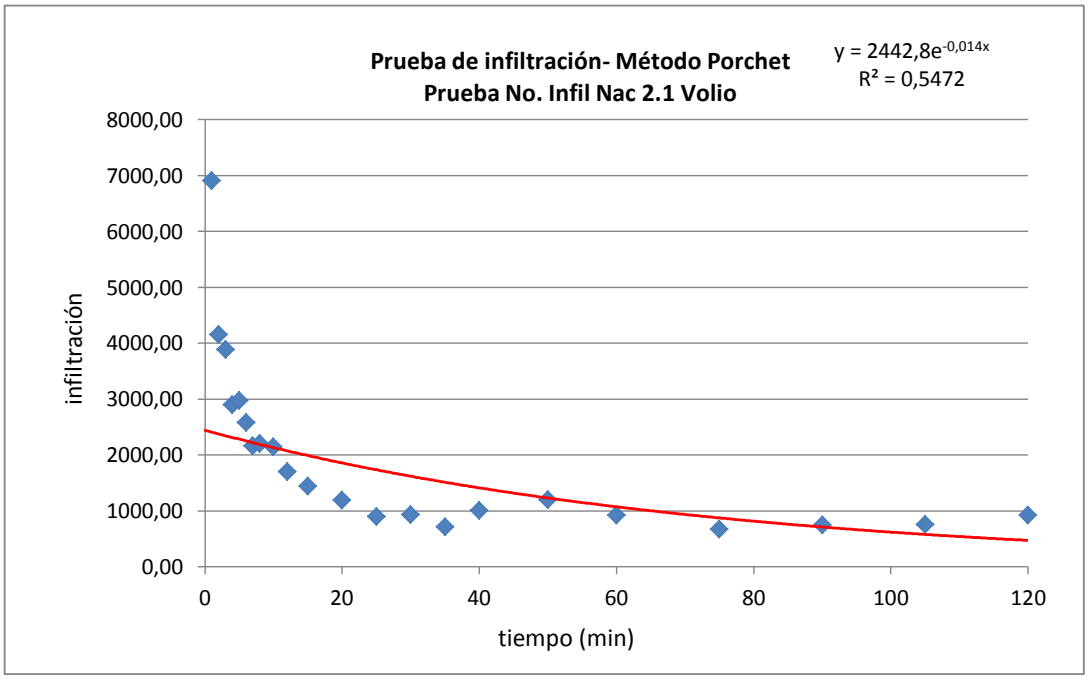
PRUEBA DE PORCHET

No. Volio 2
Proyecto: A y A Barranca-La Paz
Nombre: Nac 2.1 Volio
Fecha: 24 de marzo de 2015 Hora: 02:00
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 488609 237630
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	49,00		
1	45,50	0,480	6906,46
2	43,50	0,288	4154,36
3	41,70	0,269	3880,66
4	40,40	0,201	2892,04
5	39,10	0,206	2971,62
6	38,00	0,179	2579,93
7	37,10	0,150	2157,67
8	36,20	0,153	2201,66
10	34,50	0,149	2142,64
12	33,20	0,118	1697,84
15	31,60	0,100	1443,80
20	29,50	0,083	1192,42
25	28,00	0,062	893,92
30	26,50	0,065	932,52
35	25,40	0,049	710,38
40	23,90	0,070	1007,96
50	20,60	0,083	1199,21
60	18,30	0,064	922,27
75	16,00	0,047	672,29
90	13,70	0,051	741,59
105	11,60	0,052	751,05
120	9,30	0,064	923,83

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 49
Permeabilidad K (mm/d) **455**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



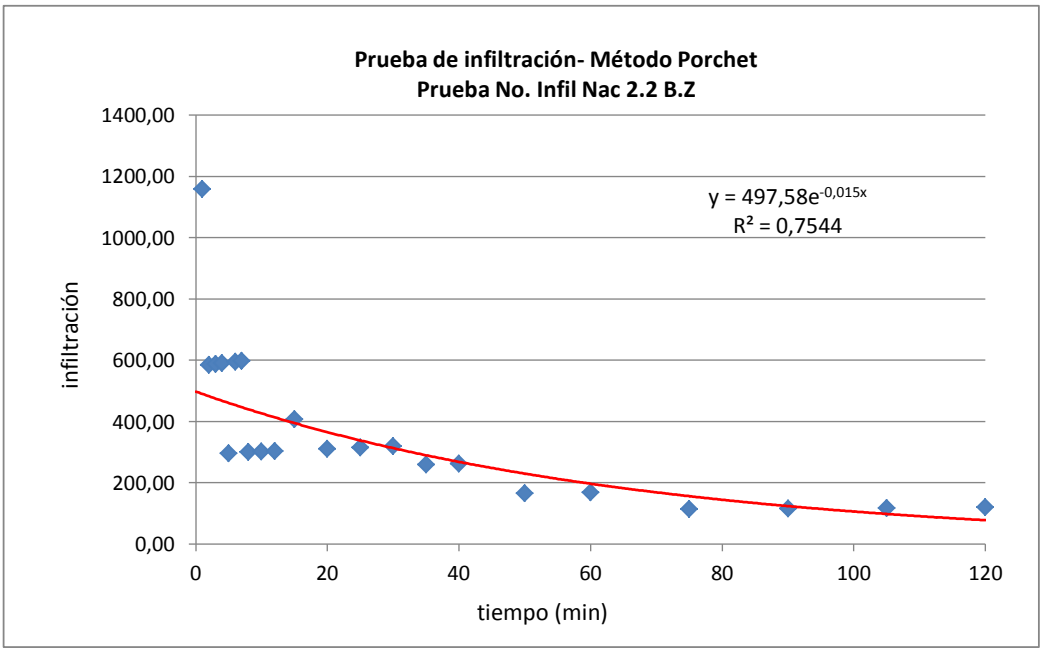
PRUEBA DE PORCHET

No. 2.2
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Nac 2.2 B.Z
Fecha: 10 de Marzo 2015 Hora: 8:30am
Clima: Nublado
Ubicación Lambert: 482647 236130
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	30,00		
1	29,60	0,080	1158,19
2	29,40	0,041	583,79
3	29,20	0,041	586,96
4	29,00	0,041	590,17
5	28,90	0,021	296,30
6	28,70	0,041	595,04
7	28,50	0,042	598,34
8	28,40	0,021	300,42
10	28,20	0,021	301,68
12	28,00	0,021	303,37
15	27,60	0,028	407,94
20	27,10	0,022	309,90
25	26,60	0,022	314,42
30	26,10	0,022	319,06
35	25,70	0,018	258,69
40	25,30	0,018	261,82
50	24,80	0,012	165,90
60	24,30	0,012	168,49
75	23,80	0,008	114,11
90	23,30	0,008	115,94
105	22,80	0,008	117,84
120	22,30	0,008	119,80

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 30
Permeabilidad K (mm/d) **82**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



[2]

[2] Nota: al ser las 10:00am se presenta a verificar la pruebe de infiltración la señorita Sofia y don Mauro, personeros de AyA

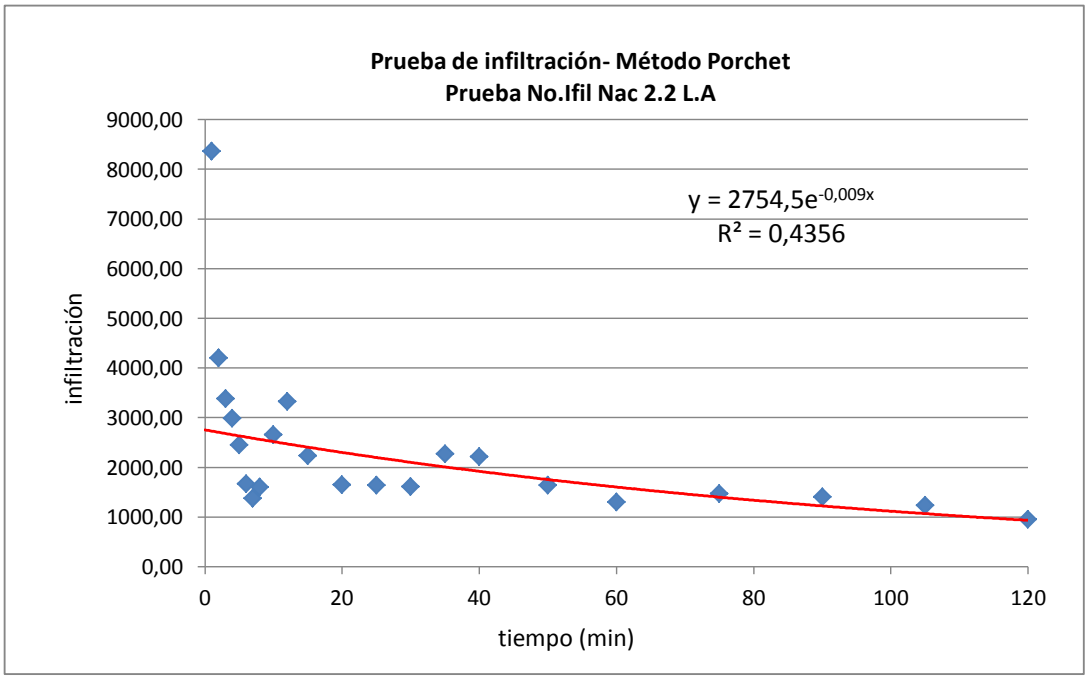
PRUEBA DE PORCHET

No. 2.2
Proyecto: Barrana-La Paz
Nombre: Nac 2.2 L.A
Fecha: 11 de marzo de 2015 Hora: 1:10pm
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 485493 237559
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	120,00		
1	110,50	0,581	8362,63
2	106,00	0,292	4199,23
3	102,50	0,235	3382,83
4	99,50	0,207	2986,37
5	97,10	0,170	2450,01
6	95,50	0,116	1664,77
7	94,20	0,095	1371,78
8	92,70	0,111	1604,78
10	87,90	0,184	2650,84
12	82,20	0,231	3326,82
15	76,80	0,155	2235,20
20	70,60	0,115	1650,06
25	64,90	0,114	1636,93
30	59,70	0,112	1609,91
35	53,00	0,158	2268,65
40	47,10	0,154	2216,36
50	39,40	0,114	1641,78
60	34,10	0,090	1295,11
75	26,40	0,102	1473,73
90	20,40	0,097	1402,48
105	16,00	0,086	1235,71
120	13,10	0,066	948,31

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 120
Permeabilidad K (mm/d) **935**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



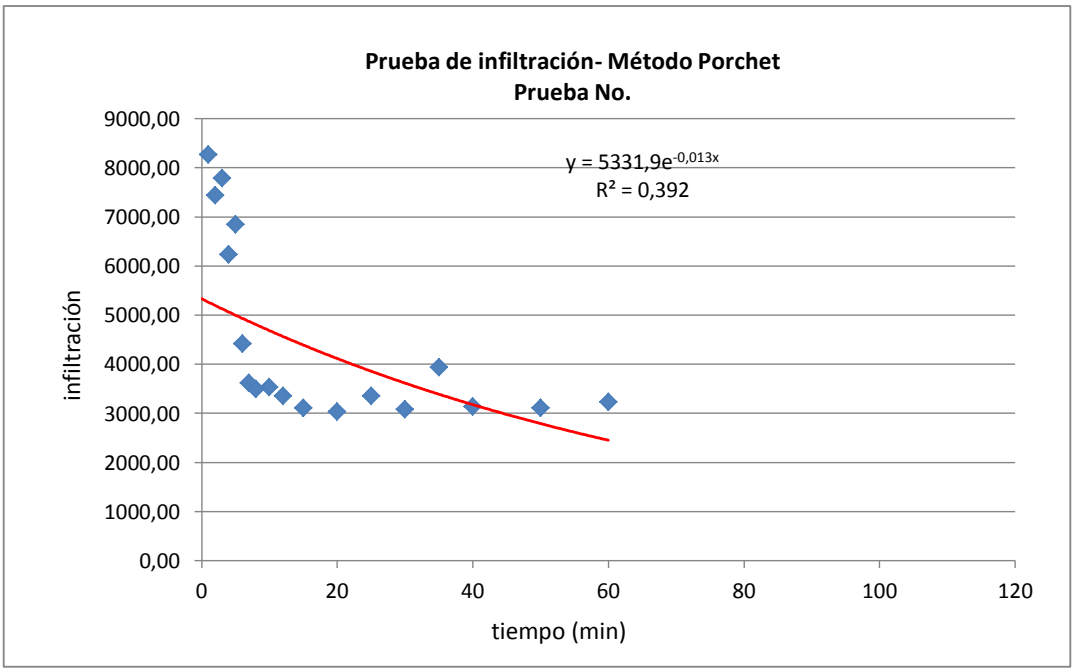
PRUEBA DE PORCHET

No. Volio 2.2
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Nac 2.2 Volio
Fecha: 24 de marzo de 2015 Hora: 1:45pm
Clima: soleado
Ubicación Lambert:
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	59,00		
1	54,10	0,574	8266,33
2	50,00	0,517	7438,71
3	46,00	0,541	7787,16
4	43,00	0,433	6232,50
5	39,90	0,475	6841,92
6	38,00	0,307	4418,27
7	36,50	0,251	3620,45
8	35,10	0,243	3492,22
10	32,40	0,246	3535,81
12	30,00	0,233	3349,91
15	26,90	0,216	3106,24
20	22,40	0,210	3028,28
25	18,10	0,233	3353,75
30	14,70	0,214	3078,00
35	11,00	0,273	3938,15
40	8,50	0,218	3135,93
50	4,50	0,216	3106,97
60	1,40	0,224	3227,64
75			
90			
105			
120			

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 59
Permeabilidad K (mm/d) 1120

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



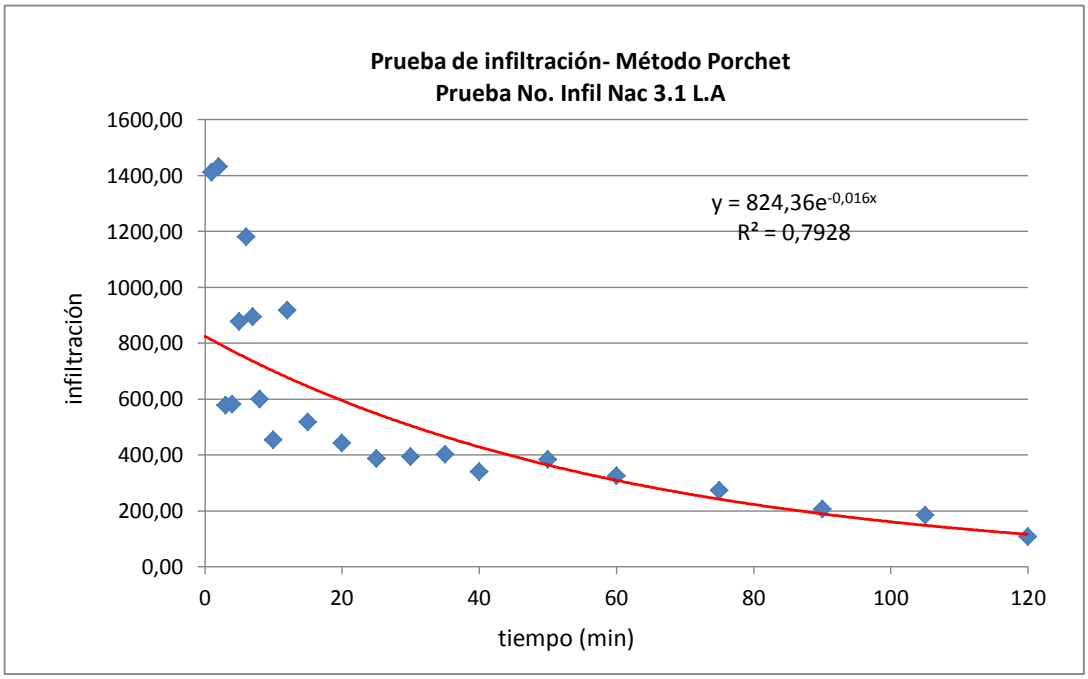
PRUEBA DE PORCHET

No. 3.1
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Nac 3.1 L.A
Fecha: 09 de Marzo 2015 Hora: 10:20am
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 485581 237013
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	31,00		
1	30,50	0,098	1411,78
2	30,00	0,099	1430,48
3	29,80	0,040	577,54
4	29,60	0,040	580,65
5	29,30	0,061	876,87
6	28,90	0,082	1180,34
7	28,60	0,062	893,80
8	28,40	0,042	600,00
10	28,10	0,031	453,15
12	27,50	0,064	917,87
15	27,00	0,036	517,99
20	26,30	0,031	442,77
25	25,70	0,027	386,88
30	25,10	0,027	393,93
35	24,50	0,028	401,25
40	24,00	0,024	340,16
50	22,90	0,027	383,89
60	22,00	0,023	324,57
75	20,90	0,019	273,61
90	20,10	0,014	205,73
105	19,40	0,013	184,96
120	19,00	0,007	107,87

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 31
Permeabilidad K (mm/d) **121**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



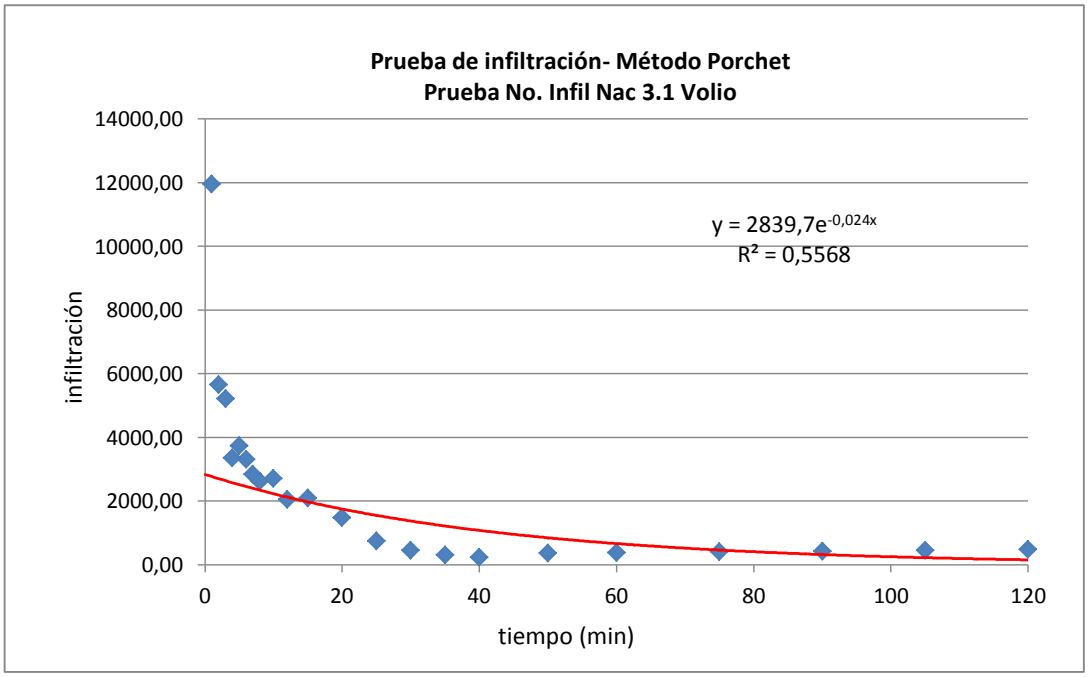
PRUEBA DE PORCHET

No. Volio 3
Proyecto: A y A Barranca-La Paz
Nombre: Nac 3.1 Volio
Fecha: 25 de marzo de 2015 Hora: 09:00
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 488728 238066
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	45,00		
1	39,50	0,830	11951,88
2	37,10	0,393	5660,68
3	35,00	0,362	5208,82
4	33,70	0,233	3355,11
5	32,30	0,259	3733,71
6	31,10	0,230	3306,38
7	30,10	0,197	2834,81
8	29,20	0,182	2616,55
10	27,40	0,189	2715,66
12	26,10	0,142	2049,88
15	24,20	0,146	2095,54
20	22,10	0,103	1480,51
25	21,10	0,052	742,34
30	20,50	0,032	457,97
35	20,10	0,022	310,80
40	19,80	0,016	236,07
50	18,90	0,025	362,05
60	18,00	0,026	374,60
75	16,60	0,028	406,56
90	15,20	0,030	430,90
105	13,80	0,032	458,34
120	12,40	0,034	489,51

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 45
Permeabilidad K (mm/d) **159**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



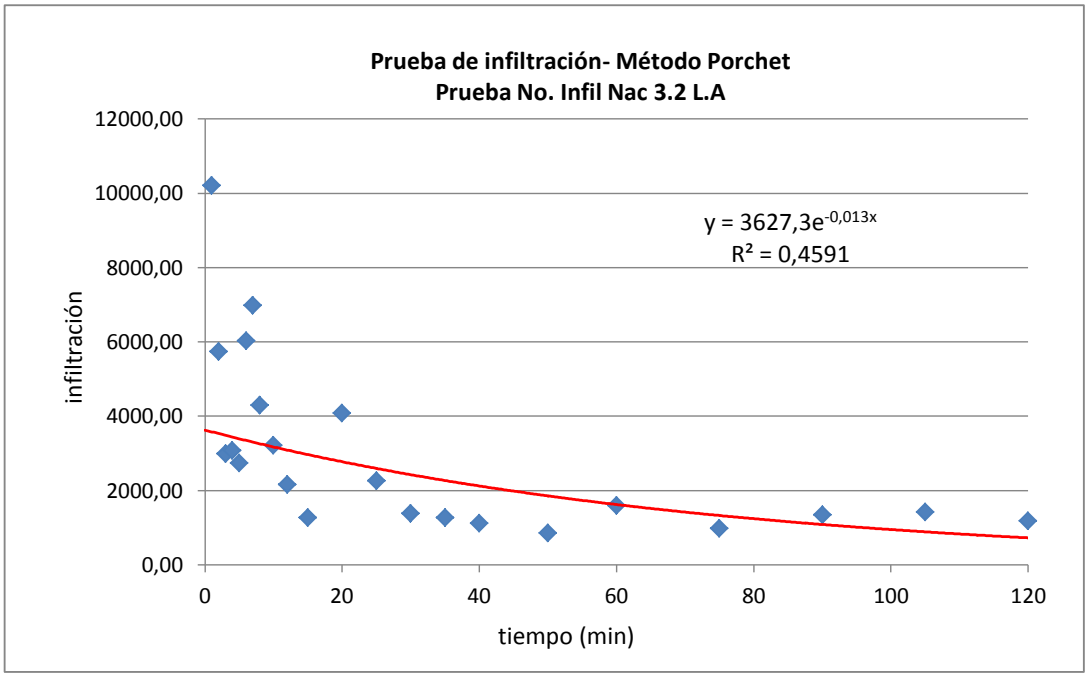
PRUEBA DE PORCHET

No. 3,2
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Nac 3.2 L.A
Fecha: 9 de marzo de 2015 Hora: 7:50am
Clima: Nublado
Ubicación Lambert: 485524 237129
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	120,00		
1	108,50	0,709	10208,83
2	102,50	0,398	5735,86
3	99,50	0,207	2986,37
4	96,50	0,213	3071,30
5	93,90	0,190	2734,32
6	88,40	0,418	6022,85
7	82,40	0,485	6977,67
8	78,90	0,298	4288,71
10	73,90	0,224	3219,07
12	70,70	0,150	2165,70
15	68,00	0,088	1264,93
20	55,00	0,283	4081,67
25	48,80	0,157	2256,60
30	45,30	0,096	1386,36
35	42,30	0,088	1263,52
40	39,80	0,077	1112,50
50	36,20	0,059	854,95
60	30,20	0,111	1595,03
75	25,40	0,068	980,55
90	19,80	0,093	1343,42
105	14,90	0,099	1424,35
120	11,50	0,082	1185,28

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 120
Permeabilidad K (mm/d) **762**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



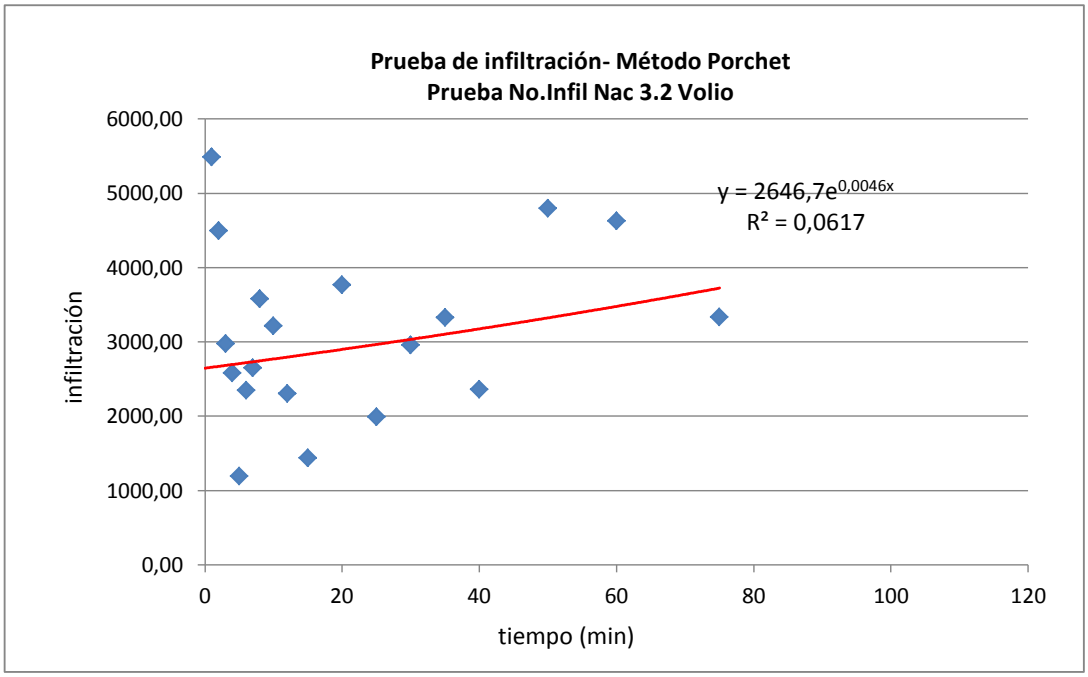
PRUEBA DE PORCHET

No. Volio 3.2
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Nac 3.2 Volio
Fecha: 23 de marzo de 2015 Hora: 9:25am
Clima: soleado
Ubicación Lambert: 488885 238049
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	150,00		
1	142,20	0,381	5485,55
2	136,10	0,312	4492,98
3	132,20	0,207	2973,71
4	128,90	0,179	2581,80
5	127,40	0,083	1194,26
6	124,50	0,163	2347,04
7	121,30	0,184	2650,44
8	117,10	0,249	3580,44
10	109,90	0,223	3214,17
12	105,00	0,160	2302,22
15	100,60	0,100	1436,27
20	83,30	0,262	3766,98
25	75,30	0,138	1992,19
30	64,70	0,205	2958,94
35	54,40	0,231	3324,67
40	48,00	0,164	2357,36
50	28,10	0,333	4795,60
60	15,70	0,321	4624,49
75	7,10	0,232	3334,54
90			
105			
120			

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 150
Permeabilidad K (mm/d) **1524**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



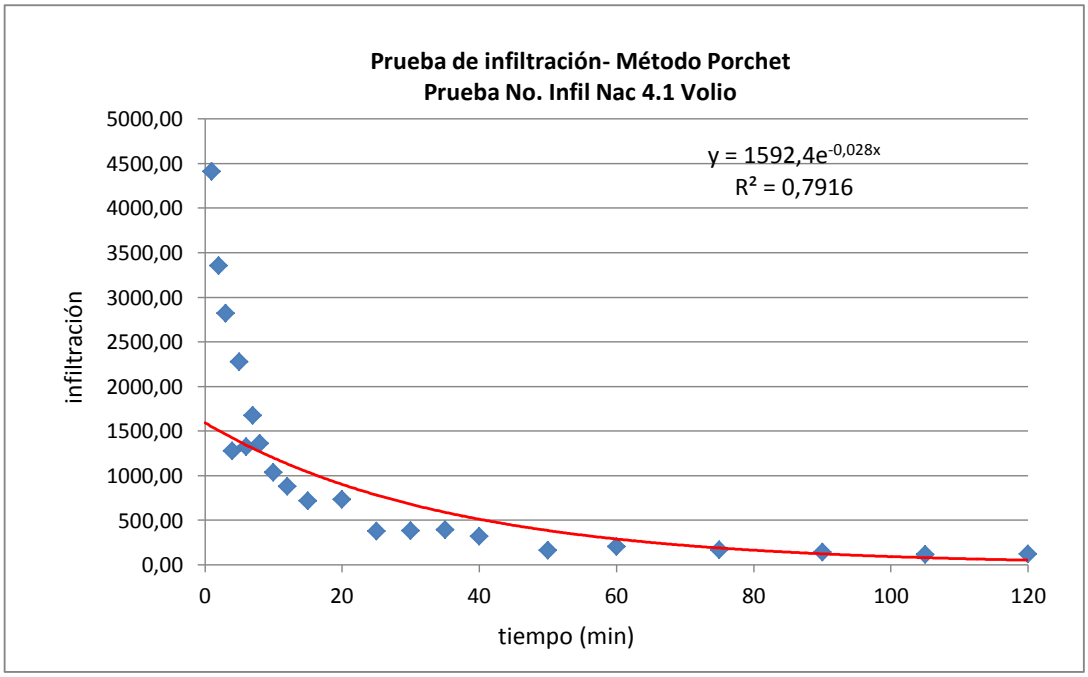
PRUEBA DE PORCHET

No. 4.1
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Nac 4.1 Volio
Fecha: 16 de marzo de 2015 Hora: 8:20am
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 486439 236903
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	30,00		
1	28,50	0,306	4408,78
2	27,40	0,233	3351,47
3	26,50	0,196	2821,64
4	26,10	0,089	1278,12
5	25,40	0,158	2273,77
6	25,00	0,092	1321,12
7	24,50	0,116	1674,45
8	24,10	0,094	1358,51
10	23,50	0,072	1035,18
12	23,00	0,061	878,07
15	22,40	0,050	715,26
20	21,40	0,051	734,76
25	20,90	0,026	376,97
30	20,40	0,027	383,67
35	19,90	0,027	390,61
40	19,50	0,022	317,65
50	19,10	0,011	161,20
60	18,60	0,014	204,94
75	18,00	0,012	167,45
90	17,50	0,010	142,58
105	17,10	0,008	116,13
120	16,70	0,008	118,04

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 30
Permeabilidad K (mm/d) **55**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



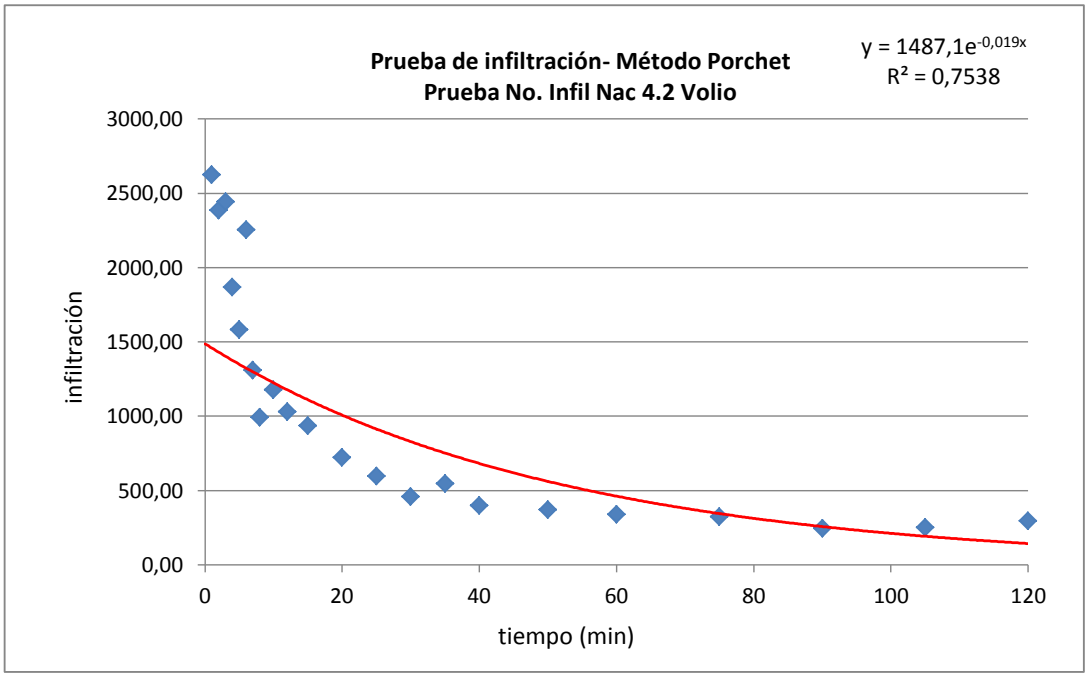
PRUEBA DE PORCHET

No. 4.2
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Nac 4.2 Volio
Fecha: 11 de marzo de 2015 Hora: 11:00am
Clima: nublado
Ubicación Lambert: 486541 236914
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	30,00		
1	29,10	0,182	2623,61
2	28,30	0,166	2386,84
3	27,50	0,169	2440,78
4	26,90	0,130	1867,48
5	26,40	0,110	1581,29
6	25,70	0,156	2253,43
7	25,30	0,091	1309,11
8	25,00	0,069	992,35
10	24,30	0,082	1175,79
12	23,70	0,071	1028,60
15	22,90	0,065	935,12
20	21,90	0,050	722,48
25	21,10	0,041	595,90
30	20,50	0,032	457,97
35	19,80	0,038	546,86
40	19,30	0,028	399,27
50	18,40	0,026	368,92
60	17,60	0,024	338,85
75	16,50	0,022	322,66
90	15,70	0,017	244,09
105	14,90	0,018	252,66
120	14,00	0,021	295,26

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 30
Permeabilidad K (mm/d) **152**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



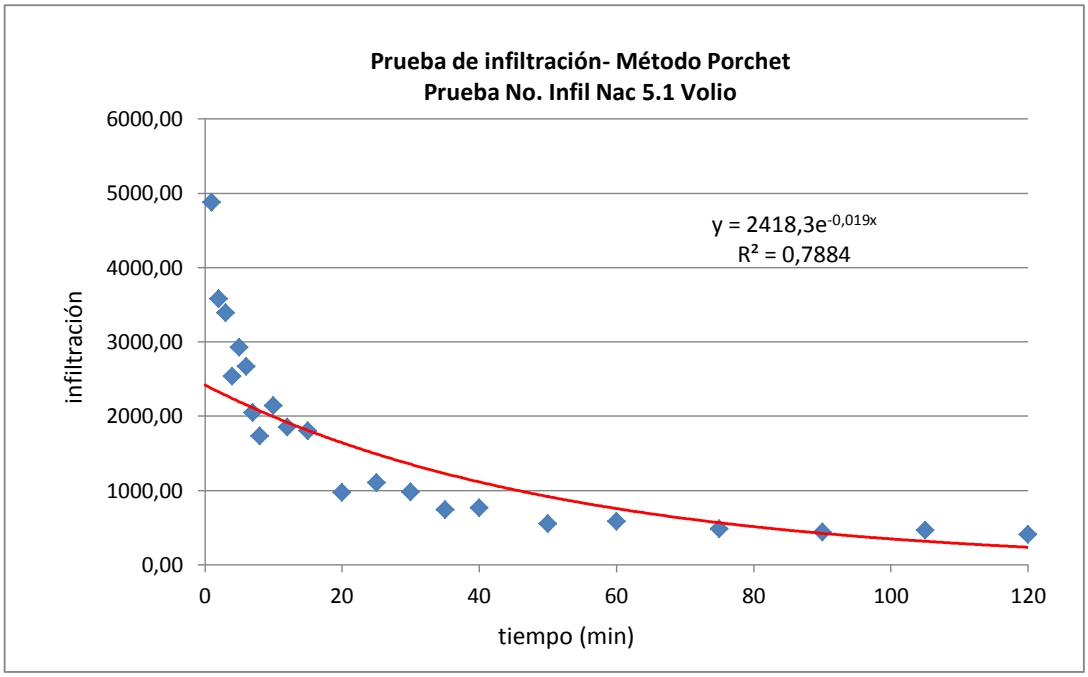
PRUEBA DE PORCHET

No. 5.1
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Nac 5.1 Volio
Fecha: 16 de marzo de 2015 Hora: 10:20am
Clima: Soleado
Ubicación Lambert: 486468 236753
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	31,00		
1	29,30	0,339	4877,32
2	28,10	0,249	3580,44
3	27,00	0,235	3389,72
4	26,20	0,176	2533,84
5	25,30	0,203	2923,49
6	24,50	0,185	2666,80
7	23,90	0,142	2044,23
8	23,40	0,120	1733,58
10	22,20	0,149	2138,89
12	21,20	0,128	1849,50
15	19,80	0,125	1800,38
20	18,60	0,067	970,95
25	17,30	0,077	1103,58
30	16,20	0,068	979,96
35	15,40	0,052	741,70
40	14,60	0,053	768,08
50	13,50	0,038	551,40
60	12,40	0,040	581,07
75	11,10	0,034	486,42
90	10,00	0,030	438,92
105	8,90	0,032	467,42
120	8,00	0,028	406,38

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 31
Permeabilidad K (mm/d) **247**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



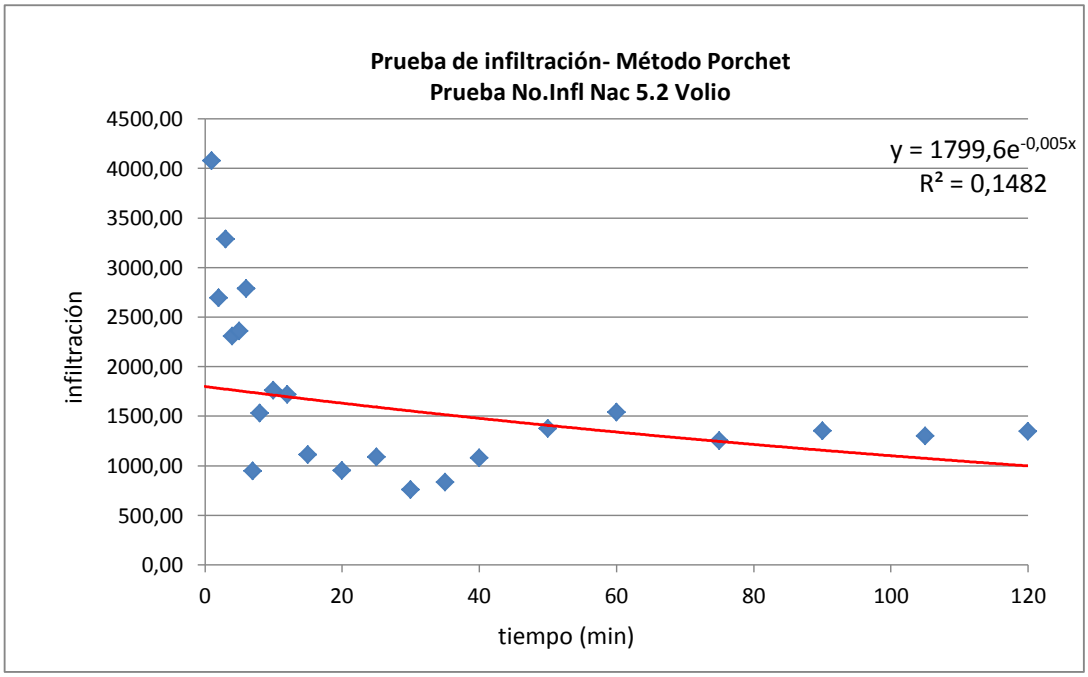
PRUEBA DE PORCHET

No. 5.2
Proyecto: Barranca-La Paz
Nombre: Nac 5.2 Volio
Fecha: 11 de marzo de 2015 Hora: 11:00am
Clima: nublado
Ubicación Lambert: 486551 236842
Tipo de suelo:

TIEMPO (min)	LECTURA (cm)	K (cm/min)	K (mm/día)
0	60,00		
1	57,50	0,283	4075,96
2	55,90	0,187	2691,73
3	54,00	0,228	3286,08
4	52,70	0,160	2307,40
5	51,40	0,164	2357,78
6	49,90	0,193	2786,05
7	49,40	0,066	944,89
8	48,60	0,106	1529,23
10	46,80	0,122	1761,03
12	45,10	0,119	1717,64
15	43,50	0,077	1112,06
20	41,30	0,066	952,46
25	38,90	0,076	1089,31
30	37,30	0,053	757,97
35	35,60	0,058	835,60
40	33,50	0,075	1078,94
50	28,60	0,095	1374,62
60	23,80	0,107	1540,89
75	18,80	0,087	1253,15
90	14,30	0,094	1351,14
105	10,70	0,090	1299,52
120	7,60	0,093	1344,43

Diámetro de excavación (cm) = 15
Profundidad de excavación (cm)= 60
Permeabilidad K (mm/d) **987**

$$k \bullet i = f = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \bullet \ln \frac{2 \bullet h_1 + r}{2 \bullet h_2 + r}$$



Anexo 6. Análisis de Suelos-INTA

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS

Laboratorio de Suelos

Tel-Fax: 2279-7052 e-mail: labsuelos@inta.go.cr

LDS F 17

NOMBRE: HIDROGEOTECNIA(F.ARELLANOS)
ALAJUELA-SAN RAMON-VARIOS--AYA-BARRANCA

FECHA: 04-mar-15

UBICACIÓN:

FAX:

INFORME #:

NUMERACION		Retención de humedad (atmósferas)			g/cm3	IDENTIFICACION
# LAB.	#CAMPO	0,33	15,0	Agua útil	Densidad Aparente	
336		41,69	22,73	18,96	1,17	Nac-1,1-Volio
337		29,32	20,35	8,77	0,95	!!!!!! --1,2- !!!!!
338		39,54	21,89	17,65	1,06	!!!!!!!---2,1--!!!!!
339		39,71	22,04	17,97	0,93	!!!!!!!!!---3,1--!!!!!
340		38,97	21,66	17,31	1,09	!!!!!!!-3,2--!!!!!!!!
341		40,09	22,71	17,38	1,26	!!!!!!!!---4,1-!!!!!!!!!
342		40,58	21,94	18,64	1,16	!!!!!--4,2- asa
343		39,68	21,75	17,93	1,27	!!!!!!!!---5,1--!!!!!!!
344		39,84	21,67	18,17	1,09	!!!!!!!!--5,2--!!!!!!!
345		41,74	22,87	18,87	1,15	Nac--1,1---L.A
346		41,69	22,68	19,01	1,21	!!!!!!!!----1,2---!!!!!
347		38,76	21,34	17,42	1,19	!!!!!---2,1---!!!!!!!
348		39,28	21,87	17,41	1,09	!!!!!!!--2,2--!!!!!!!!!!
349		38,97	22,04	16,93	1,32	!!!!!!!!!!!---3,1---!!!!
350		38,79	21,98	16,81	1,29	!!!!!!!!!!!----3,2---!!!!!!!!!!
351		41,58	22,87	18,71	1,03	Nac-1,1--BZ
352		38,42	21,36	11,06	1,29	!!!!!!!!!!!!!--1,2--BZ
353		38,97	21,84	17,13	1,19	!!!!!!!!!!----2,1--BZ
354		39,05	21,89	17,16	1,07	!!!!!!!!!----2,2---BZ

Ing. Alexis Vargas Villagra

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS

Laboratorio de Suelos
Tel-Fax: 2279-7052 e-mail: labsuelos@inta.go.cr

sector AGRO ALIMENTARIO

LDS F 17

NOMBRE: HIDROGEOTECNIA(F.ARELLANOS)
ALAJUELA-SAN RAMON-VARIOS(A YA BARRANCA)

FECHA: 13/03/2015

UBICACIÓN:

FAX:

INFORME #:

NUMERACION		Retención de humedad (atmósferas)			g/cm3	IDENTIFICACION
# LAB.	#CAMPO	0,33	15,0	Agua útil	Densidad Aparente	
428		38,61	21,77	16,84	1,1	INF-1
429		41,73	22,06	19,67	1,19	INF-2
430		39,04	21,85	17,19	1,12	INF-3
431		38,91	21,43	17,48	1,14	INF-4
432		39,07	22,34	16,74	1,1 2	INF-5
433		37,82	21,66	16,16	1,2 1	INF-6
434		39,53	21,94	17,59	1,1 2	INF-7
435		34,35	20,82	13,73	1,0 6	INF-8
436		36,89	20,68	16,21	1,2 5	INF-9
437		37,04	21,39	15,65	1,2 4	INF-10
438		24,31	17,43	6,88	1,2 8	INF-11
439		39,49	21,85	17,14	1,1 4	INF-12
440		37,15	22,01	15,14	1,2 2	INF-13
						16/03/2015
479		38,71	21,44	17,27	1,1 2	INF-14
480		40,86	22,35	18,51	1,2 1	INF-15
481		39,04	21,71	17,33	1,0 9	INF-16
482		39,16	21,85	17,31	1,1 4	INF-17
483		38,96	20,87	18,09	1,1 1	INF-18
484		35,76	20,43	15,32	1,2 6	INF-19
485		32,27	20,65	11,62	1,1 4	INF-20

Ing. Alexis Vargas Villagra

Anexo 7. Análisis Granulométrico-Geosoluciones

GRANULOMETRÍA DE MUESTRAS EXTRAIDAS EN PROYECTO UBICADO EN BARRANCA – LA PAZ.

GSC-GRAN-02-15

- **ESTUDIO DE SUELOS MEDIANTE EL SISTEMA CPT (PRUEBA DE PENETRACION MEDIANTE EL CONO DINAMICO) ASTM D 3441-98.**
- **ESTUDIO DE SUELOS MEDIANTE EL SISTEMA SPT (PRUEBA DE PENETRACION STANDARD) ASTM D 1588.**
- **PRUEBAS DE INFILTRACION.**
- **MUESTREO Y FALLA DE CILINDROS DE CONCRETO.**
- **ANALISIS DE CONCRETO MEDIANTE EL ENSAYO DEL ESCLEROMETRO.**
- **DETECCION DE BARRAS DE REFUERZO EN CONCRETO ARMADO.**
- **PRUEBAS DE CLASIFICACION DE SUELOS.**
- **ESTUDIOS HIDROLOGICOS.**
- **ANALISIS HIDRÁULICOS.**
- **DISEÑOS DE ALCANTARILLOS PLUVIAL Y SANITARIOS.**
- **PRESENTACION DE LOS FORMULARIOS D1 Y D2 ANTE LA SETENA.**
- **DISEÑOS DE MUROS DE CONTENCION.**
- **ESTUDIOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.**
- **ESTUDIOS DE TRANSITO DE CONTAMINANTES.**

Teléfono: (506)22735732, 89983906. Fax: (506)22735668
www.geosolucionescr.com
Concepción, La Unión, Cartago.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	8,0	1,6	1,6	98,4
20	0,850	142,9	28,58	30,18	69,82
40	0,425	134,1	26,82	57	43
100	0,150	185,5	37,1	94,1	5,9
200	0,075	5,6	1,12	95,22	4,78

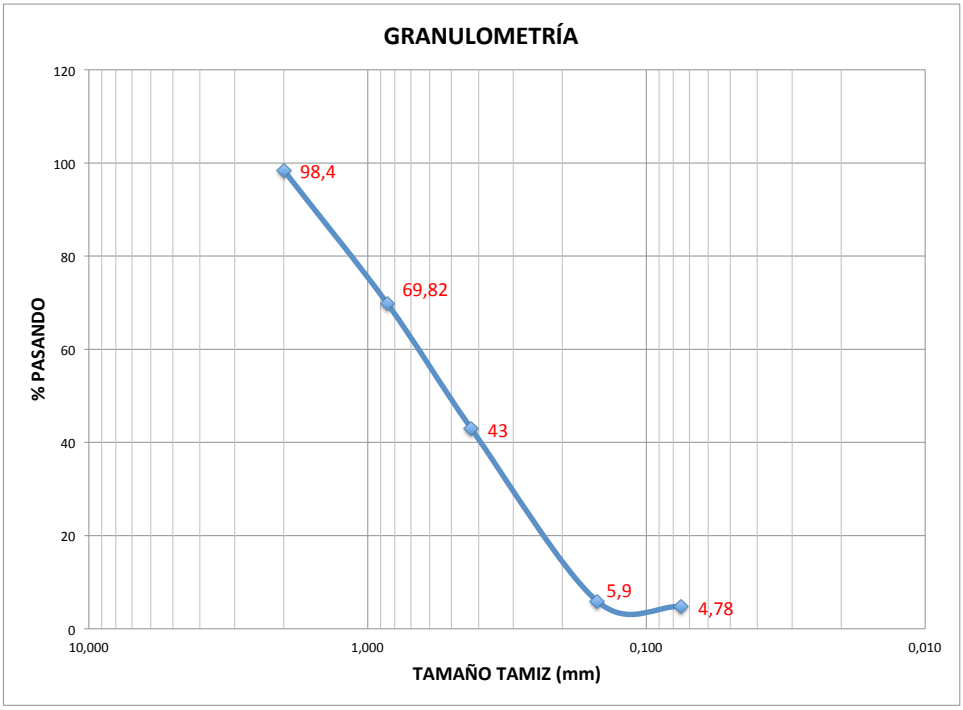
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 1 MS
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	22,2	4,44	4,44	95,56
20	0,850	97,4	19,48	23,92	76,08
40	0,425	133,1	26,62	50,54	49,46
100	0,150	113,8	22,76	73,3	26,7
200	0,075	10,6	2,12	75,42	24,58

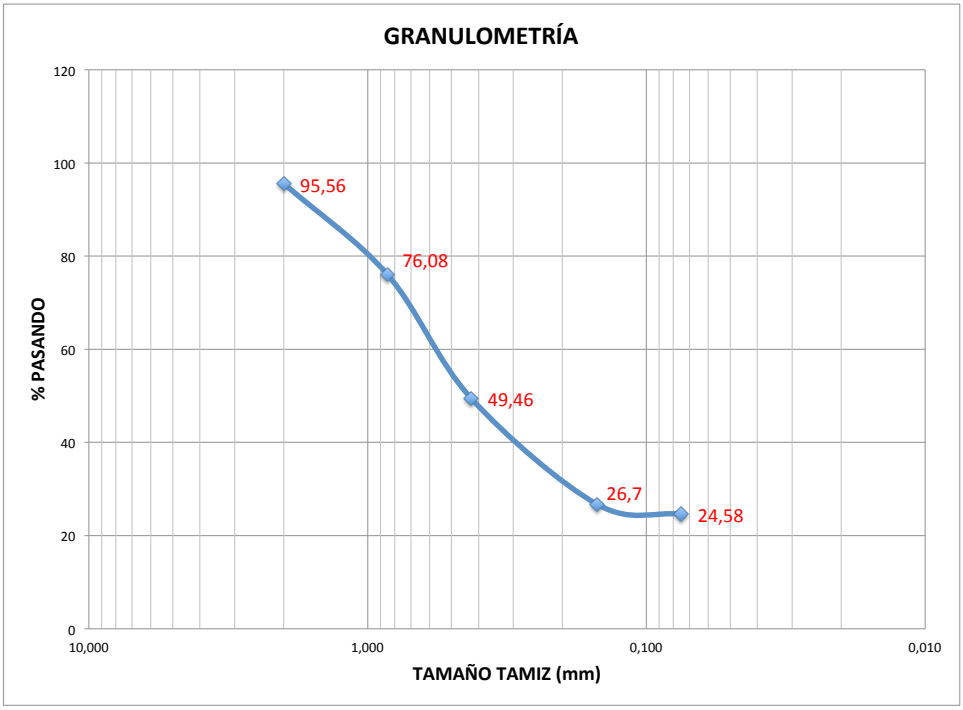
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 1.1 BZ
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	19,0	3,8	3,8	96,2
20	0,850	96,0	19,2	23	77
40	0,425	134,3	26,86	49,86	50,14
100	0,150	115,6	23,12	72,98	27,02
200	0,075	12,2	2,44	75,42	24,58

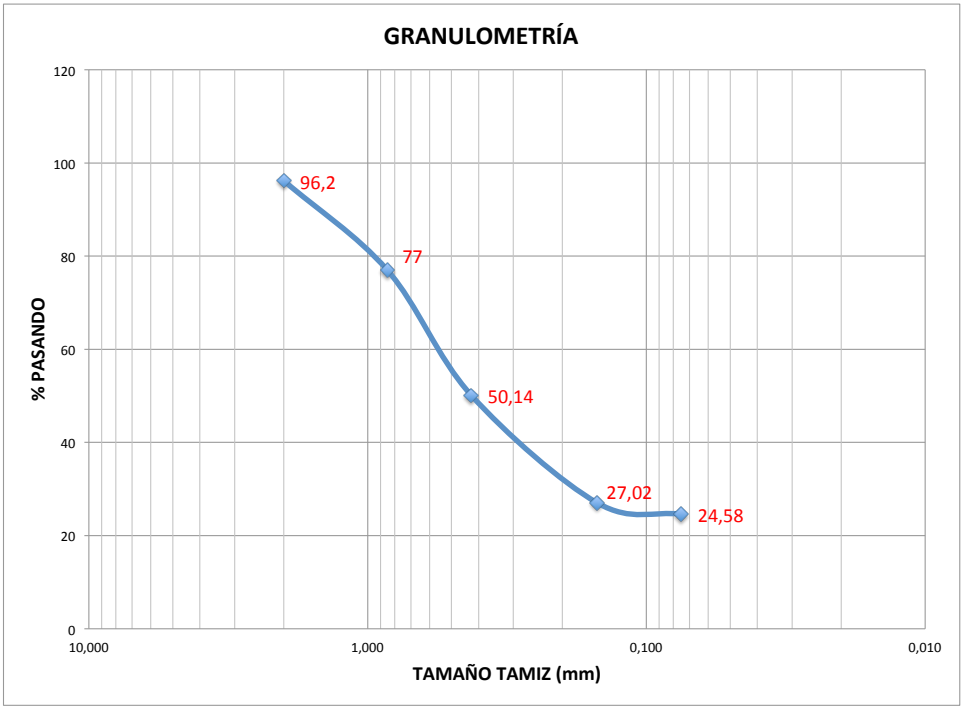
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 1.1 LA
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	19,5	3,9	3,9	96,1
20	0,850	171,0	34,2	38,1	61,9
40	0,425	119,2	23,84	61,94	38,06
100	0,150	158,3	31,66	93,6	6,4
200	0,075	6,8	1,36	94,96	5,04

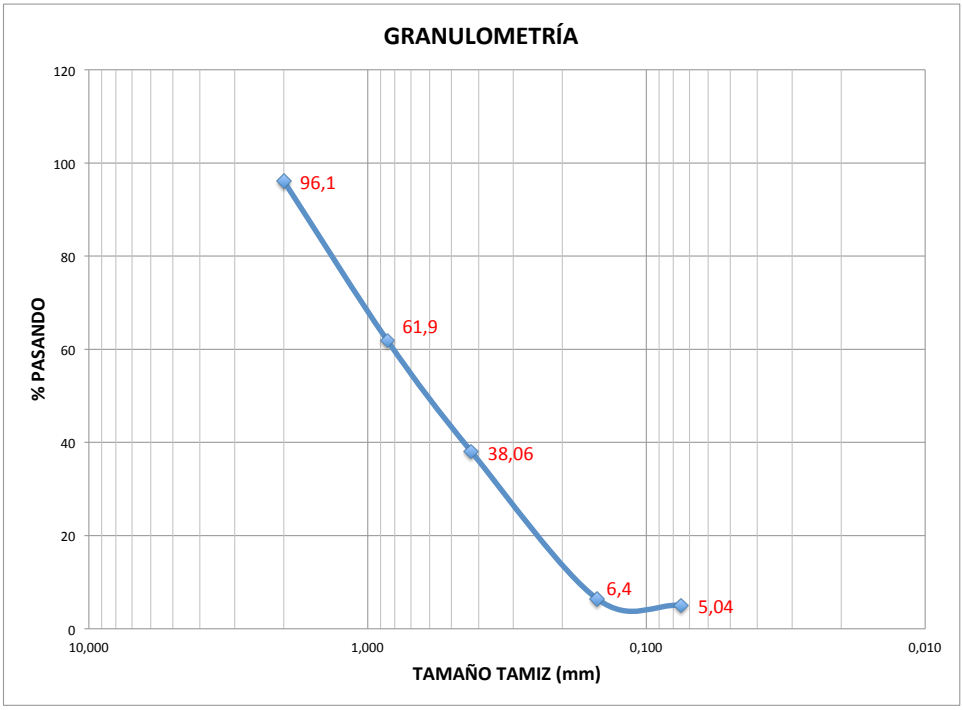
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 4.1 VOLIO
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	7,6	1,52	1,52	98,48
20	0,850	143,0	28,6	30,12	69,88
40	0,425	133,8	26,76	56,88	43,12
100	0,150	184,8	36,96	93,84	6,16
200	0,075	4,9	0,98	94,82	5,18

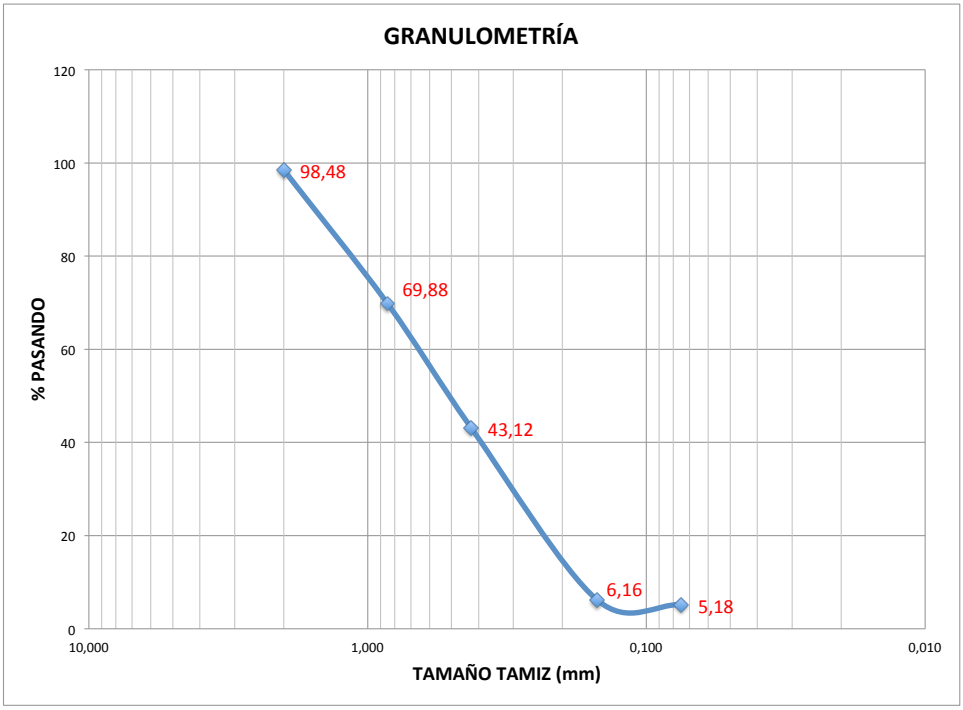
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 1.2 BZ
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,0	114,3	22,86	22,86	77,14
40	0,42	117,6	23,52	46,38	53,62
100	0,15	211,5	42,3	88,68	11,32
200	0,075	43,9	8,78	97,46	2,54

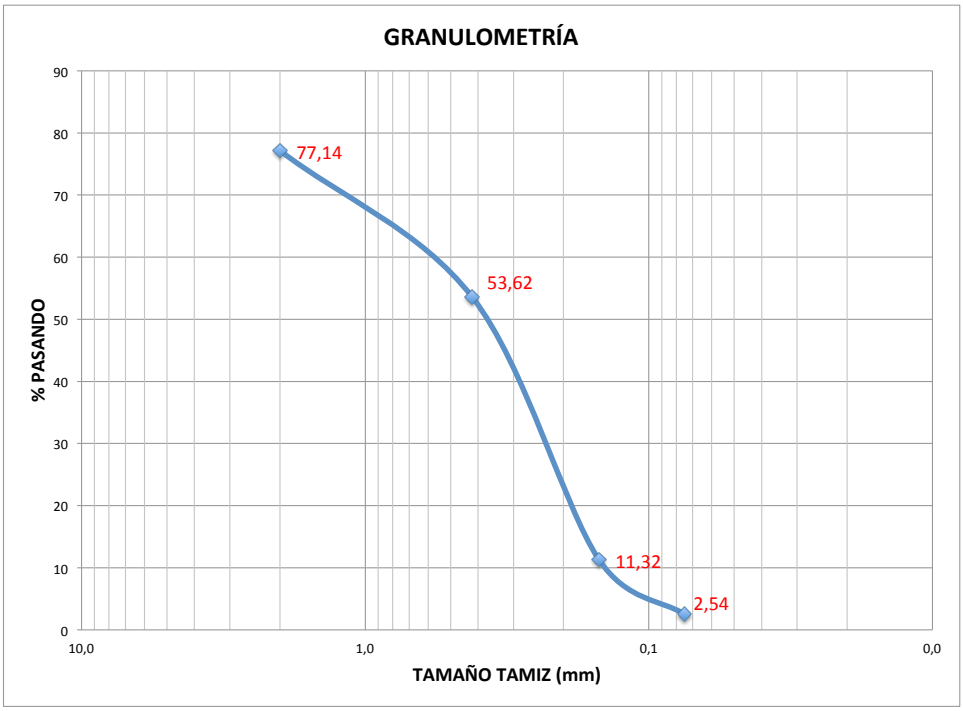
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 1.2 LA
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	14,2	2,84	2,84	97,16
20	0,850	103,5	20,7	23,54	76,46
40	0,425	83,5	16,7	40,24	59,76
100	0,150	203,0	40,6	80,84	19,16
200	0,075	7,2	1,44	82,28	17,72

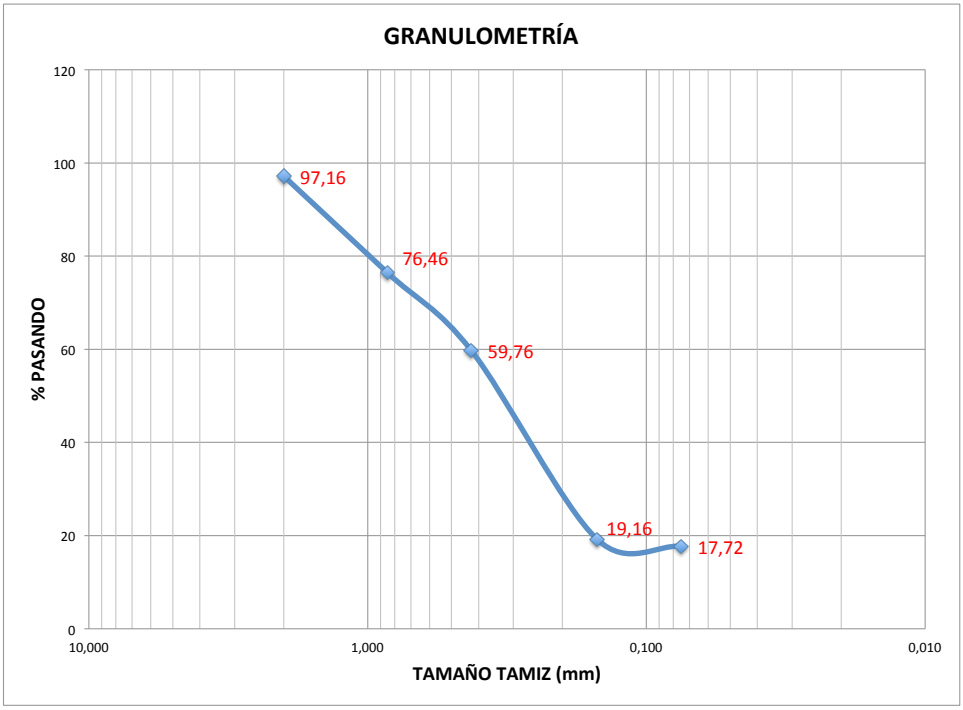
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 1.2 VOLIO
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,0	115,3	23,06	23,06	76,94
40	0,42	114,1	22,82	45,88	54,12
100	0,15	215,2	43,04	88,92	11,08
200	0,075	45,2	9,04	97,96	2,04

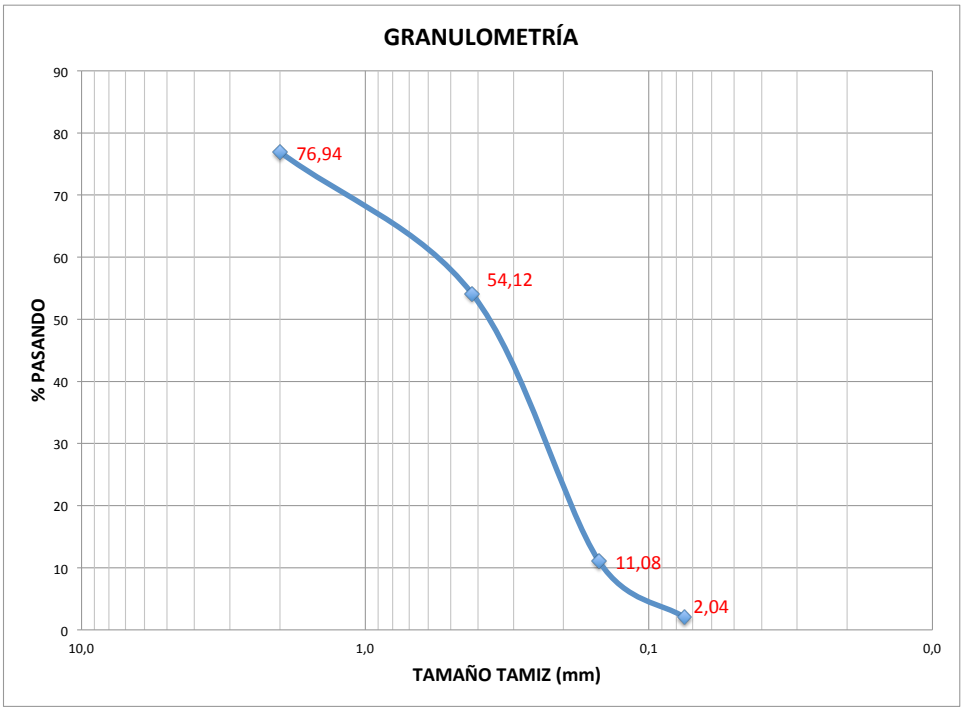
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 2.1 BZ
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	15,2	3,04	3,04	96,96
20	0,850	193,2	38,64	41,68	58,32
40	0,425	112,5	22,5	64,18	35,82
100	0,150	135,0	27	91,18	8,82
200	0,075	5,3	1,06	92,24	7,76

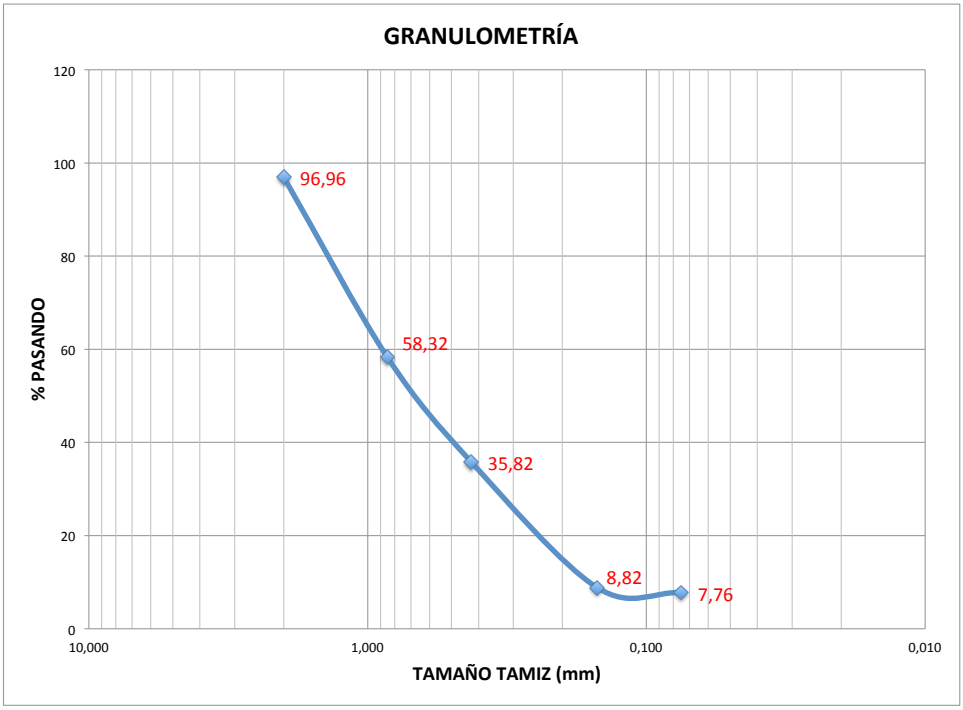
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 2.1 LA
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	13,8	2,76	2,76	97,24
20	0,850	105,0	21	23,76	76,24
40	0,425	84,5	16,9	40,66	59,34
100	0,150	198,3	39,66	80,32	19,68
200	0,075	7,4	1,48	81,8	18,2

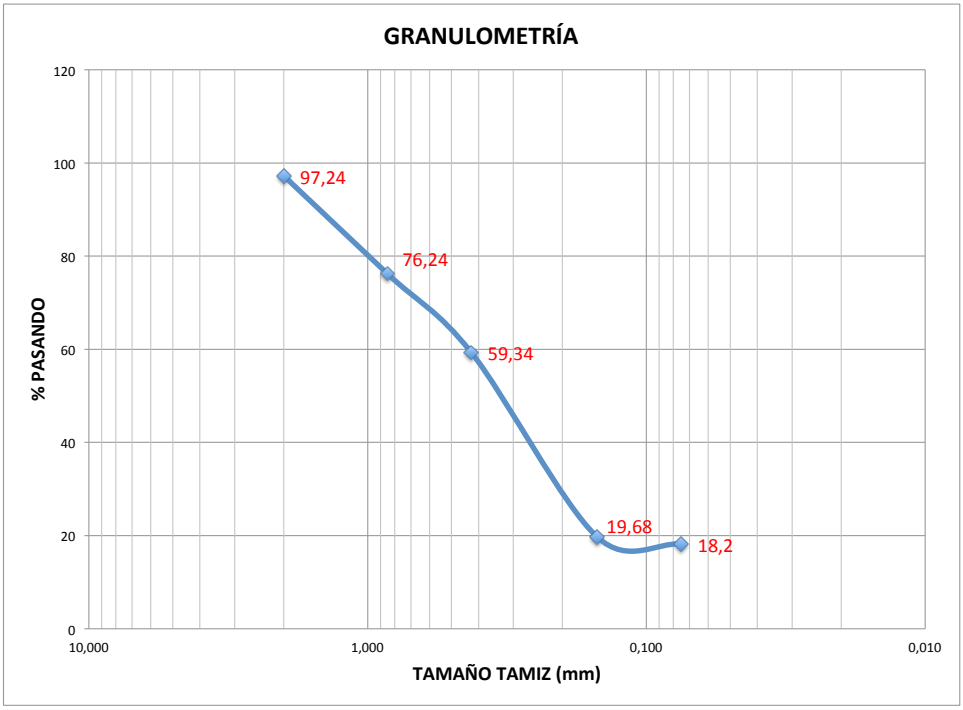
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 2.1 VOLIO
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES	**GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.**	**Teléfono: (506)22735732, 89983906.** **Fax: (506)22735668**

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,0	17,5	3,5	3,5	96,5
20	0,850	192,3	38,46	41,96	61,9
40	0,425	107,2	21,44	63,4	36,6
100	0,15	128,8	25,76	89,16	10,84
200	0,075	7,5	1,5	90,66	9,34

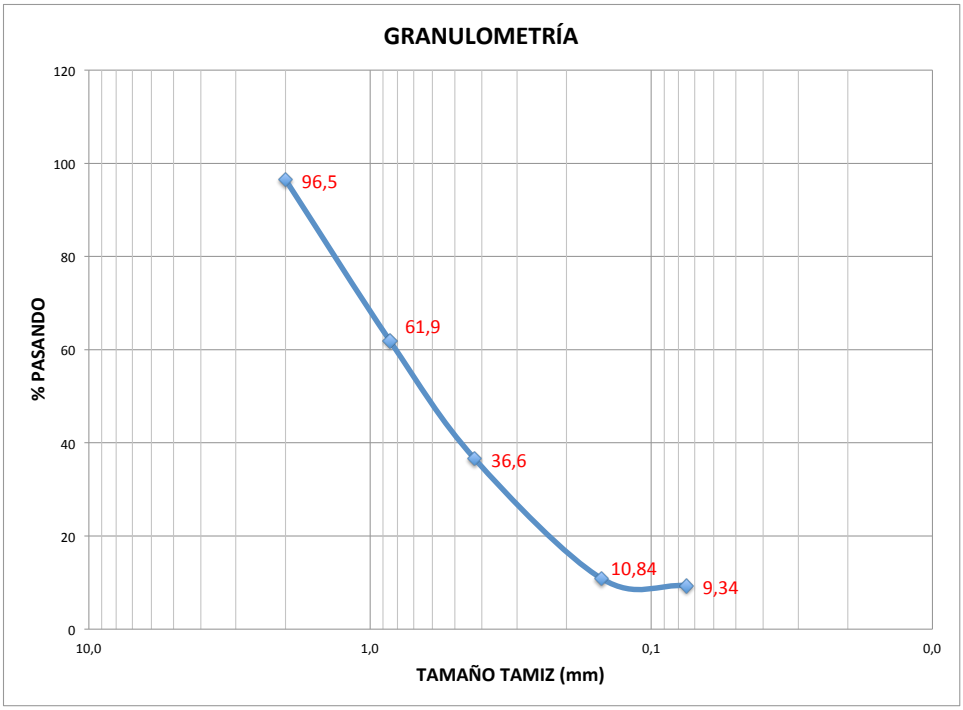
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 2.2 BZ
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones	Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	17,8	3,56	3,56	96,44
20	0,850	195,4	39,08	42,64	57,36
40	0,425	111,2	22,24	64,88	35,12
100	0,150	146,0	29,2	94,08	5,92
200	0,075	6,2	1,24	95,32	4,68

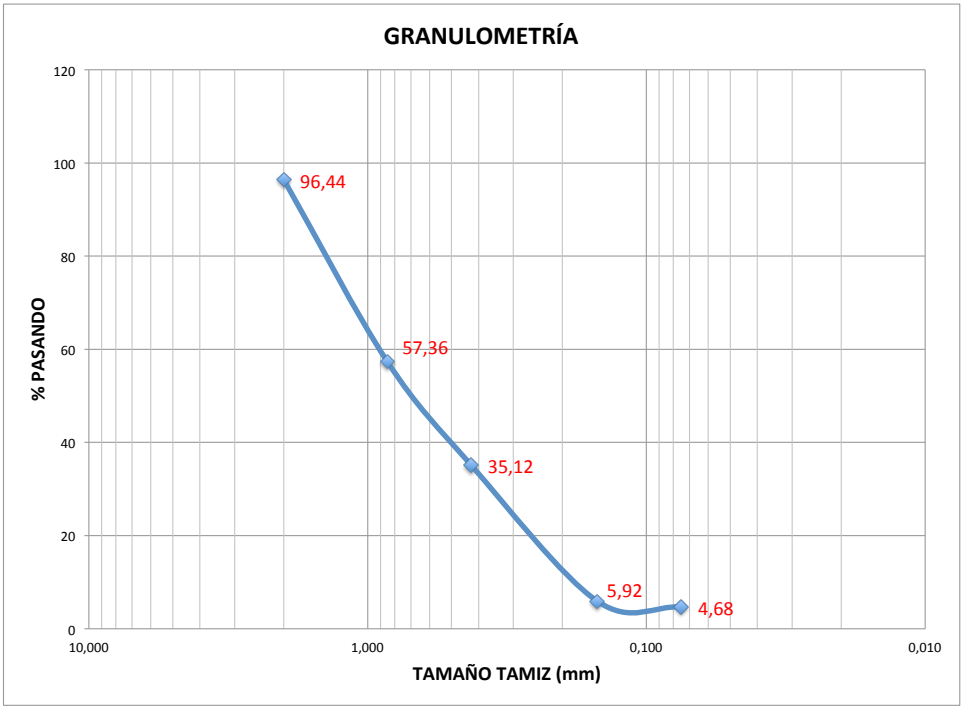
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 2.2 LA
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,0	114,0	22,8	22,8	77,2
40	0,425	112,5	22,5	45,3	54,7
100	0,15	209,0	41,8	87,1	12,9
200	0,075	42,0	8,4	95,5	4,5

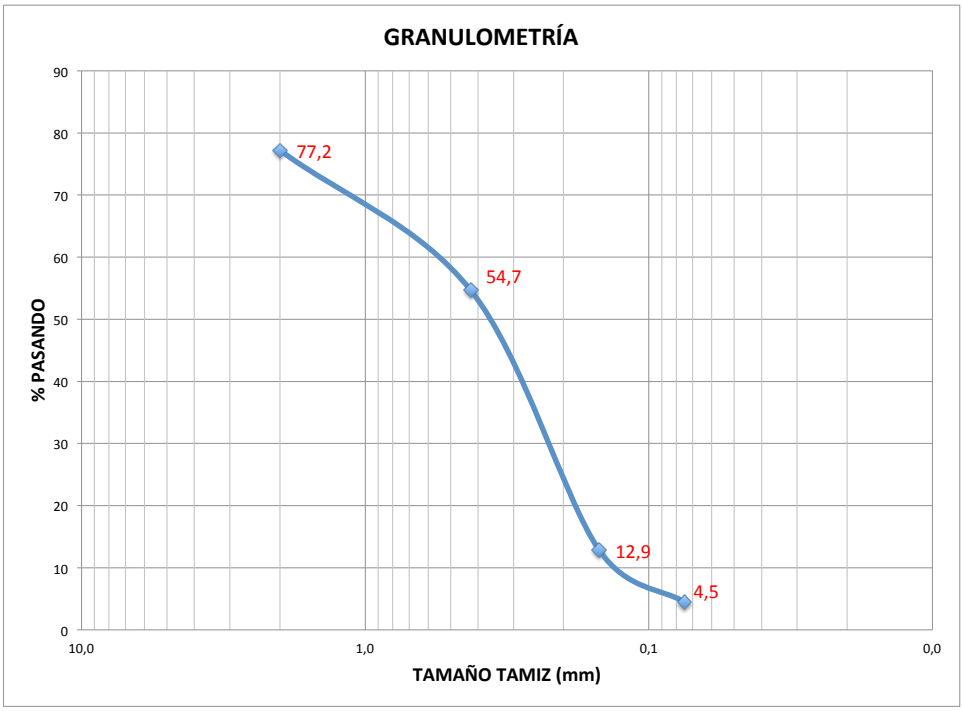
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 3.1 Volio
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	15,2	3,04	3,04	96,96
20	0,850	189,9	37,98	41,02	58,98
40	0,425	109,5	21,9	62,92	37,08
100	0,150	139,5	27,9	90,82	9,18
200	0,075	4,2	0,84	91,66	8,34

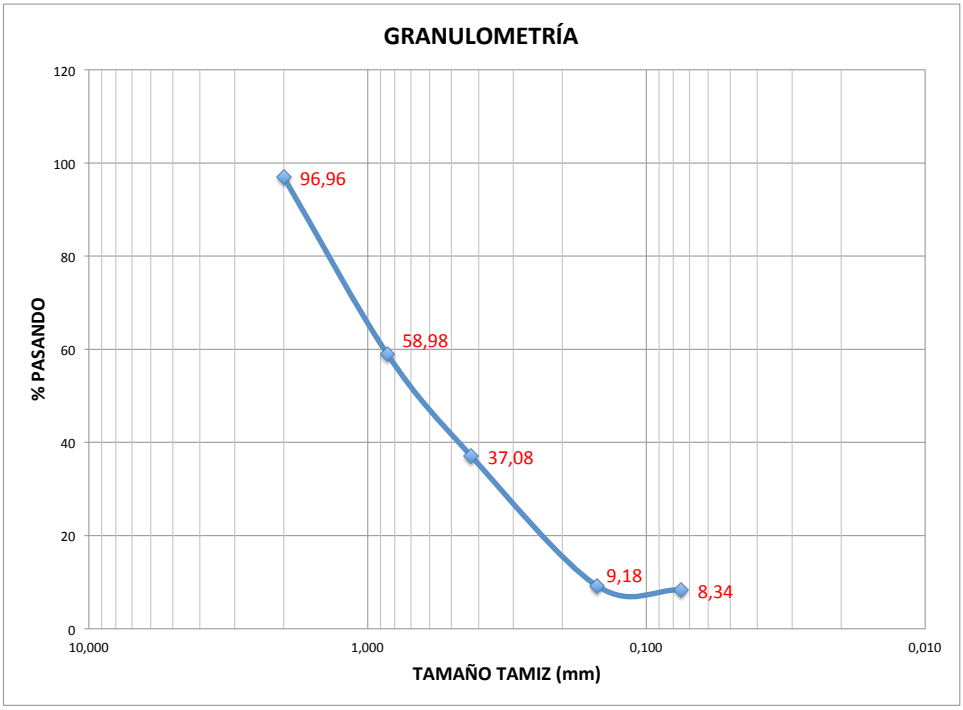
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 3.2 LA
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES	**GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.**	**Teléfono: (506)22735732, 89983906.** **Fax: (506)22735668**

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,0	16,1	3,22	3,22	96,78
20	0,850	190,6	38,12	41,34	61,9
40	0,425	108,3	21,66	63	37
100	0,15	134,1	26,82	89,82	10,18
200	0,075	5,3	1,06	90,88	9,12

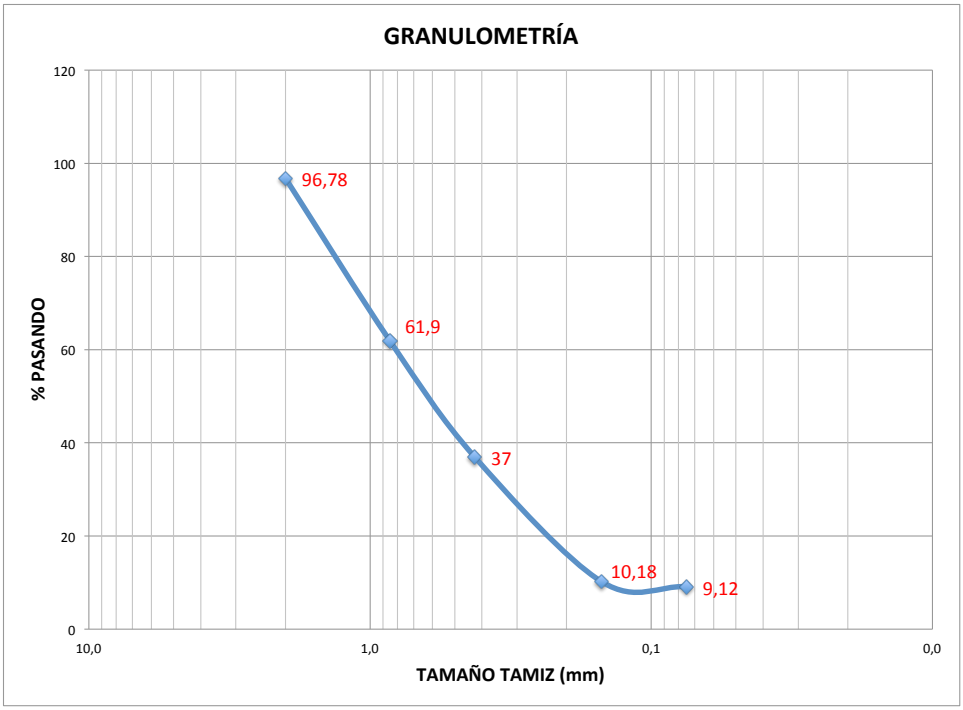
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 3.2 Volio
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones	Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	20,0	4	4	96
20	0,850	173,4	34,68	38,68	61,32
40	0,425	123,1	24,62	63,3	36,7
100	0,150	162,3	32,46	95,76	4,24
200	0,075	6,3	1,26	97,02	2,98

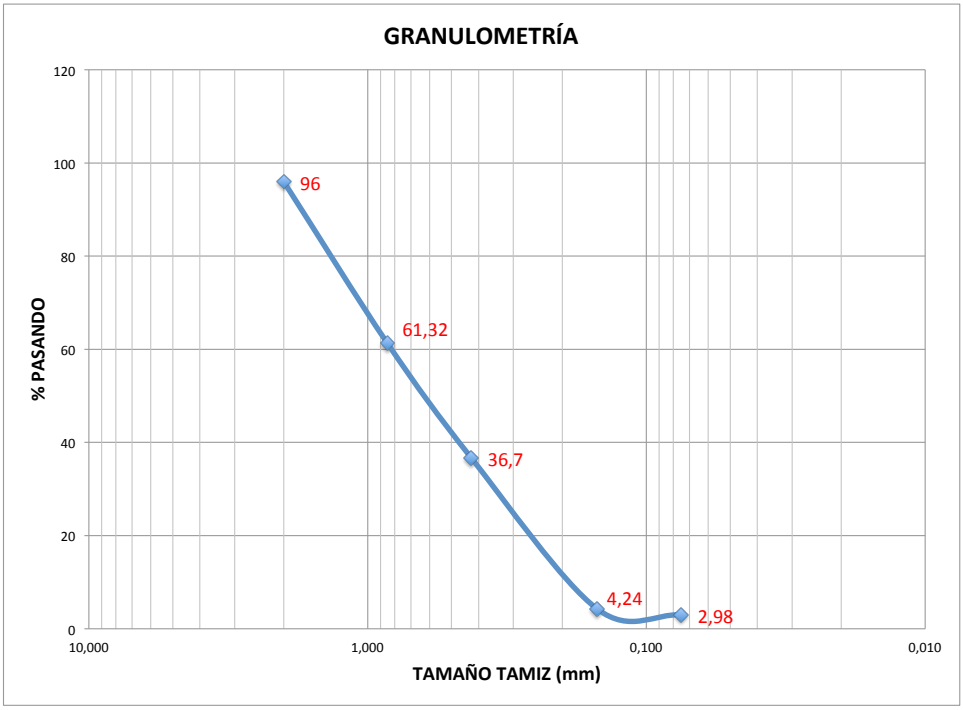
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 4.1 VOLIO
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	14,1	2,82	2,82	97,18
20	0,850	196,1	39,22	42,04	57,96
40	0,425	104,5	20,9	62,94	37,06
100	0,150	139,7	27,94	90,88	9,12
200	0,075	2,6	0,52	91,4	8,6

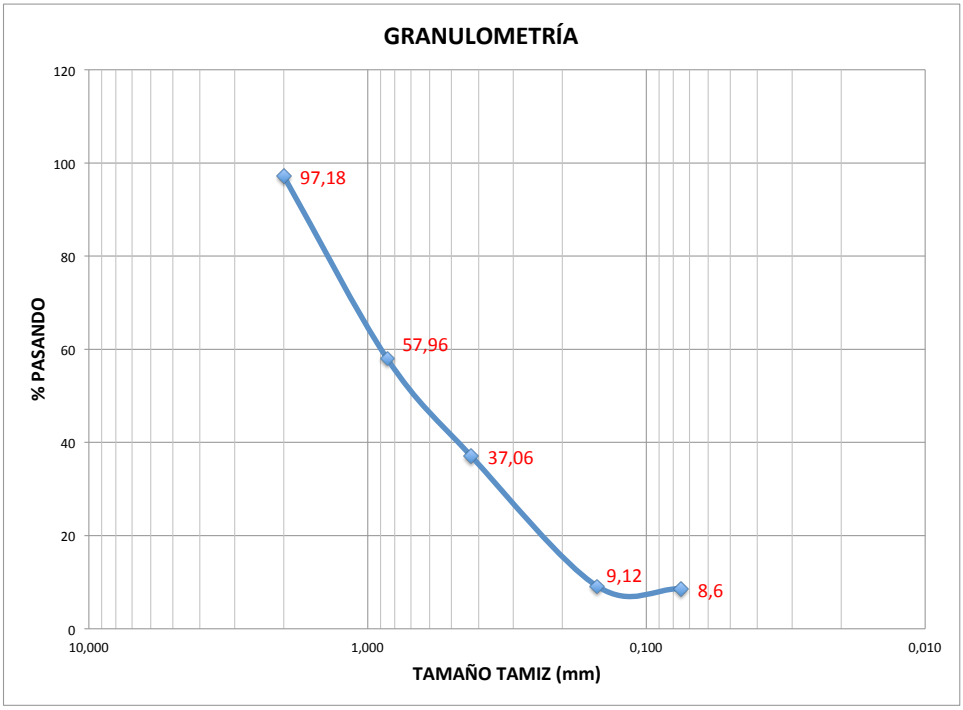
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 4.2 VOLIO
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES	**GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.**	**Teléfono: (506)22735732, 89983906.** **Fax: (506)22735668**

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	24,0	4,8	4,8	95,2
20	0,850	86,2	17,24	22,04	77,96
40	0,425	125,1	25,02	47,06	52,94
100	0,150	175,0	35	82,06	17,94
200	0,075	17	3,4	85,46	14,54

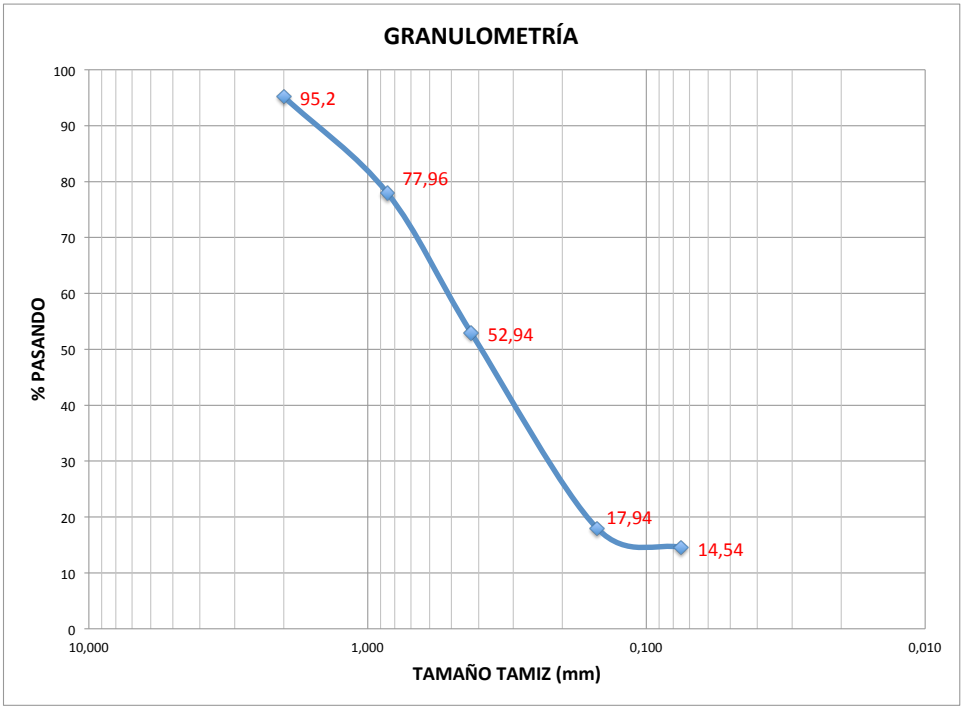
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 5.1 VOLIO
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones	Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,0	112,1	22,42	22,42	77,58
40	0,425	111,8	22,36	44,78	55,22
100	0,15	213,3	42,66	87,44	12,56
200	0,075	44,8	8,96	96,4	3,6

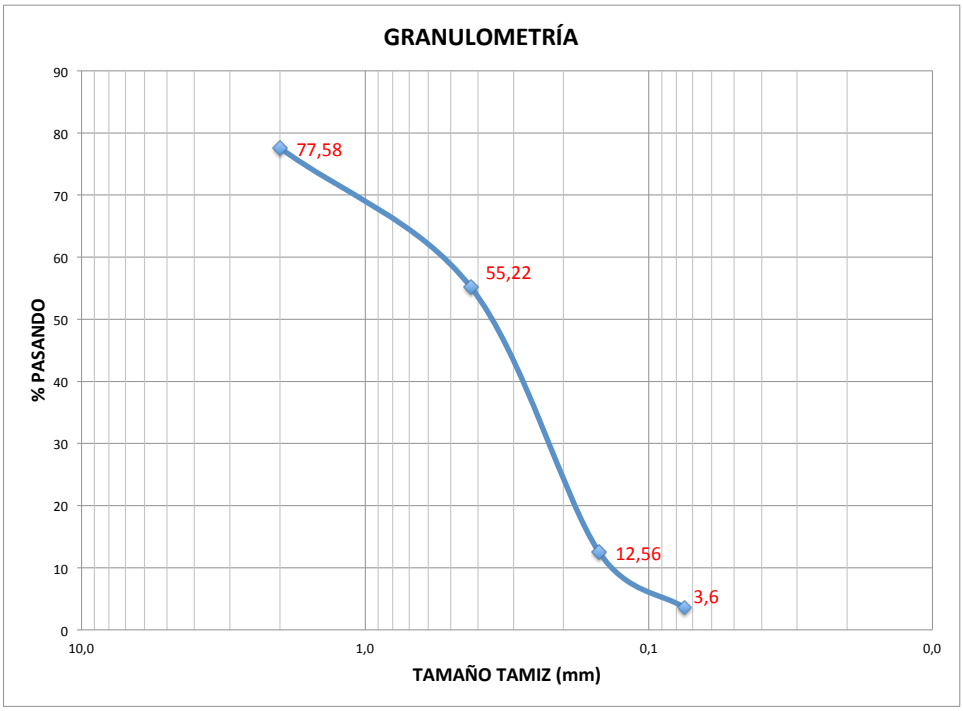
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 18/02/15

Muestra: NAC 5.2 Volio
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	56,0	11,2	11,2	88,8
20	0,850	191,0	38,2	49,4	50,6
40	0,425	175,0	35,0	84,4	15,6
100	0,150	61,0	12,2	96,6	3,4
200	0,075	8,0	1,6	98,2	1,8

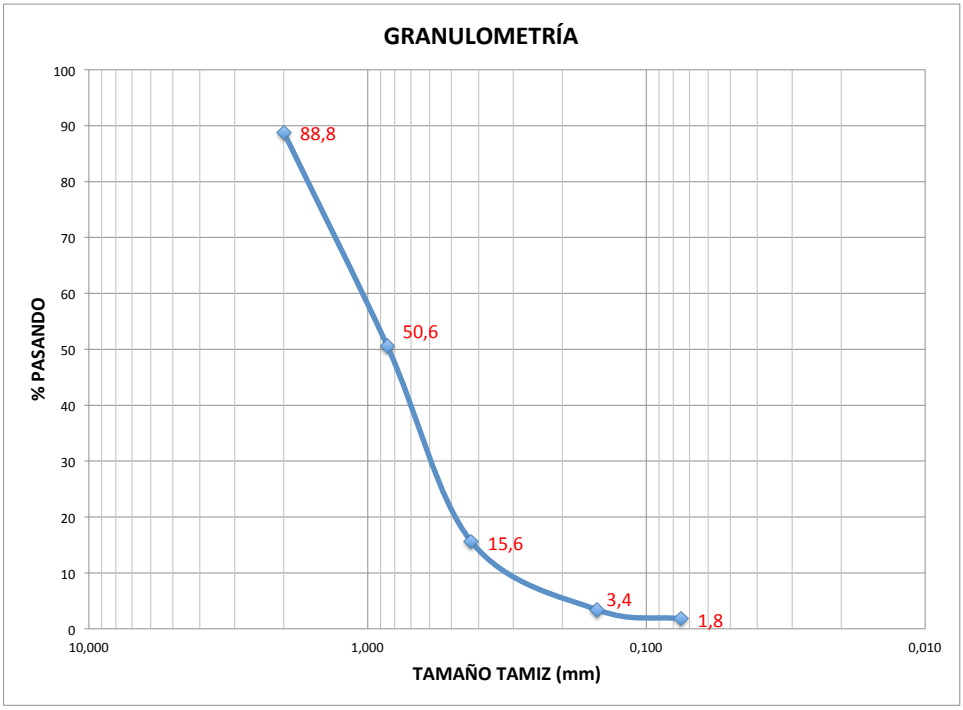
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 1
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones	Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	16,8	3,36	3,36	96,64
20	0,850	179,0	35,8	39,16	60,84
40	0,425	135,5	27,1	66,26	33,74
100	0,150	157,6	31,52	97,78	2,22
200	0,075	8,2	1,64	99,42	0,58

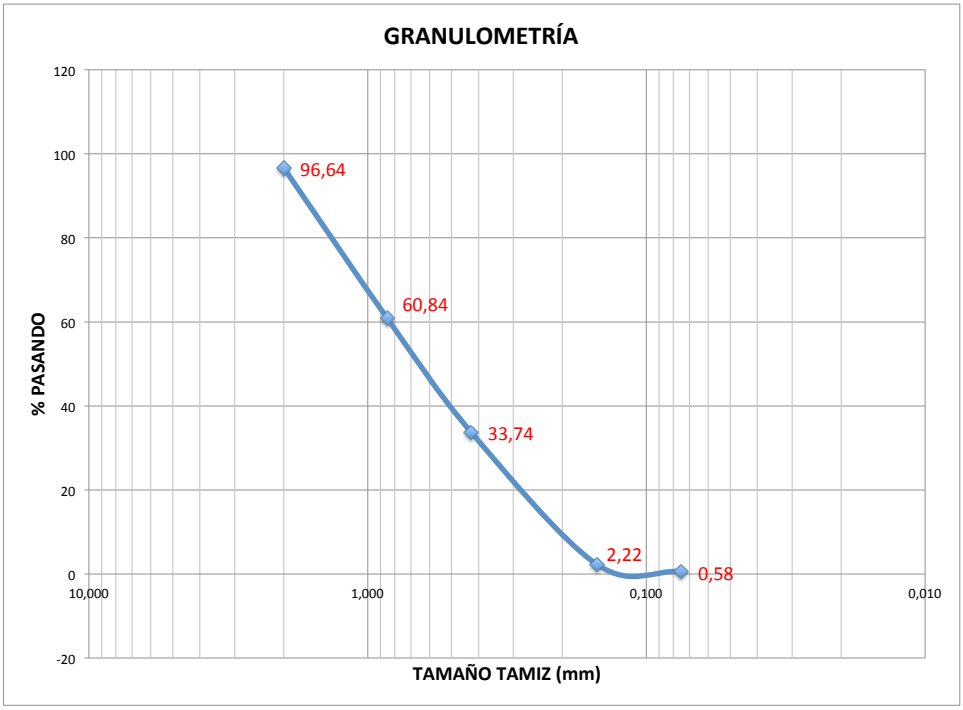
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 2
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES	**GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.**	**Teléfono: (506)22735732, 89983906.** **Fax: (506)22735668**

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	26,0	5,2	5,2	94,8
20	0,850	90,1	18,02	23,22	76,78
40	0,425	140	28	51,22	48,78
100	0,150	118,8	23,76	74,98	25,02
200	0,075	16	3,2	78,18	21,82

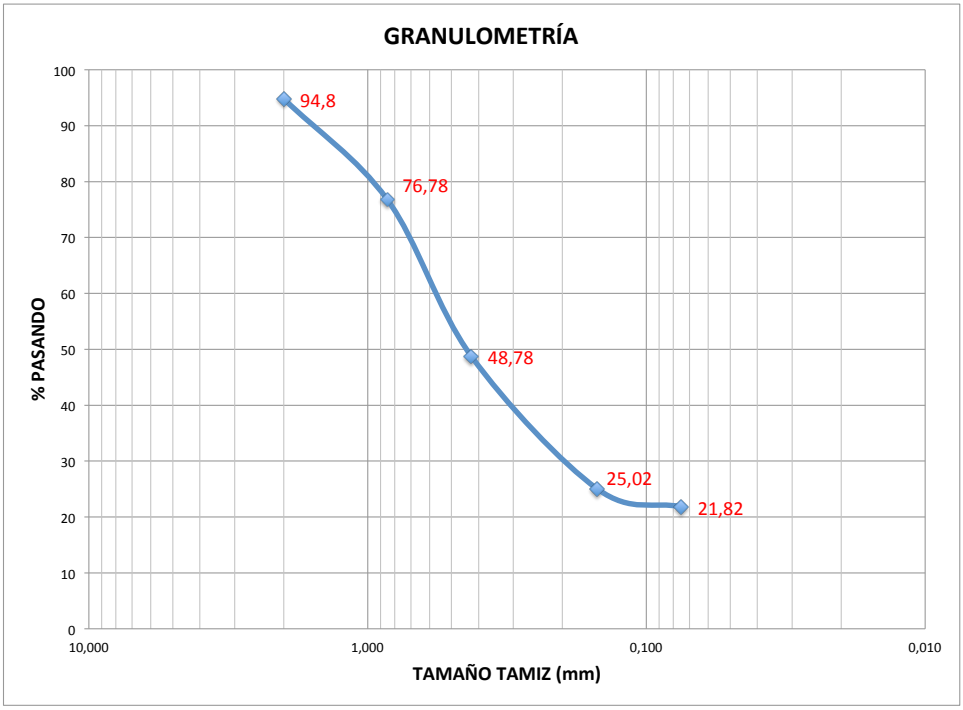
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 3
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones	Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	18,5	3,7	3,7	96,3
20	0,850	106,6	21,32	25,02	74,98
40	0,425	66	13,2	38,22	61,78
100	0,150	99,5	19,9	58,12	41,88
200	0,075	5	1	59,12	40,88

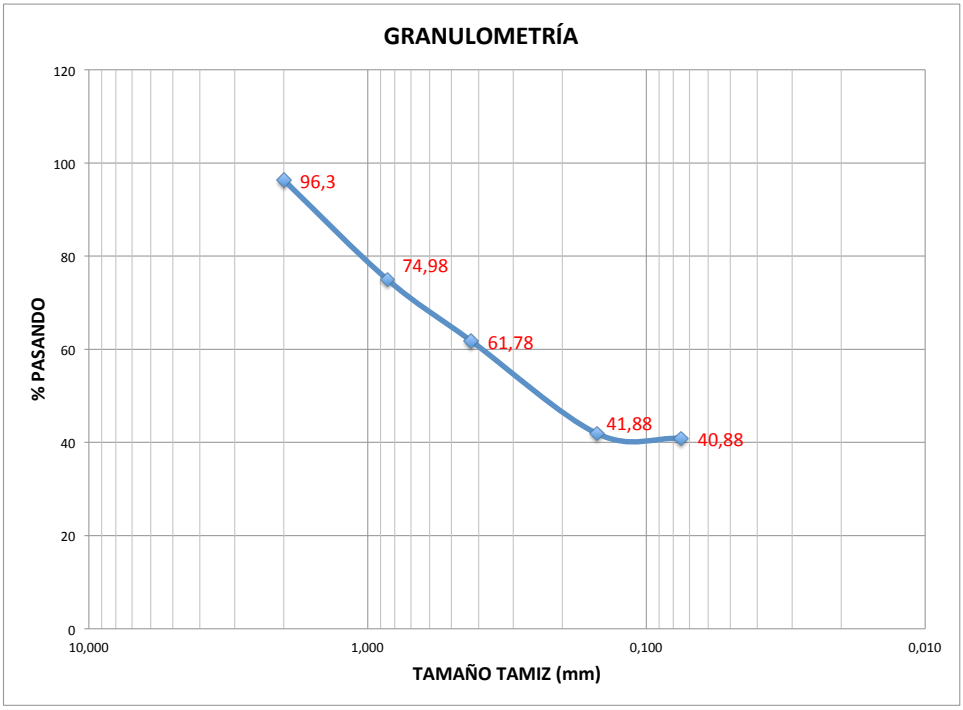
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 4
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	40,0	8,0	8,0	92
20	0,850	179,2	35,8	43,8	56,16
40	0,425	140,2	28,0	71,88	28,12
100	0,150	105,1	21,0	92,9	7,1
200	0,075	18,0	3,6	96,5	3,5

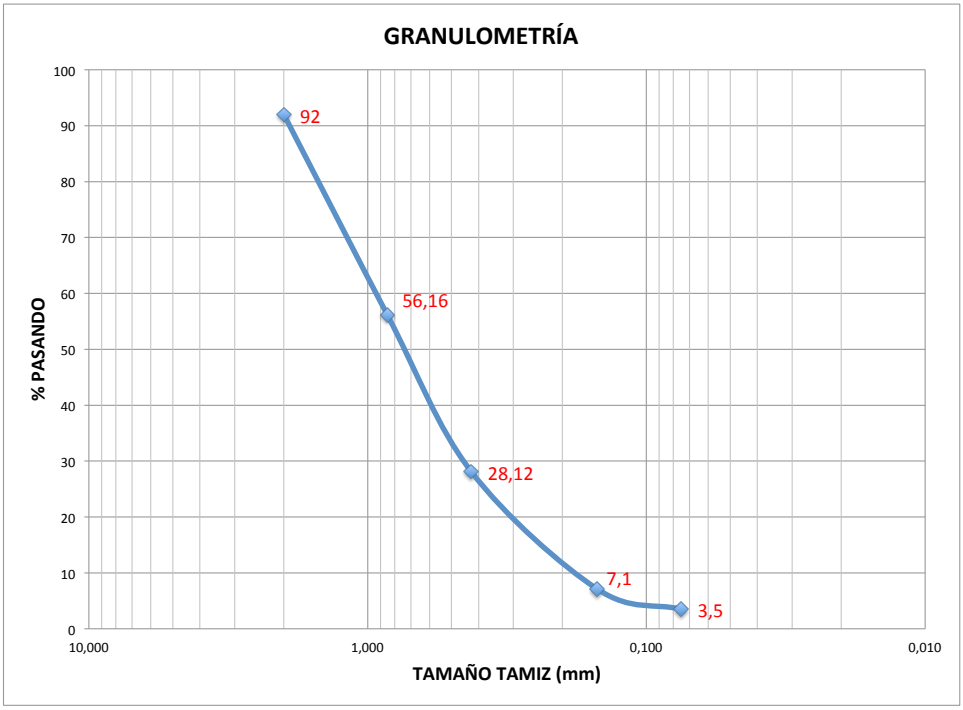
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 05/03/15

Muestra: INF 5
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	47,0	9,4	9,4	90,6
20	0,850	119,0	23,8	33,2	66,8
40	0,425	95,0	19,0	52,2	47,8
100	0,150	86,0	17,2	69,4	30,6
200	0,075	15,0	3,0	72,4	27,6

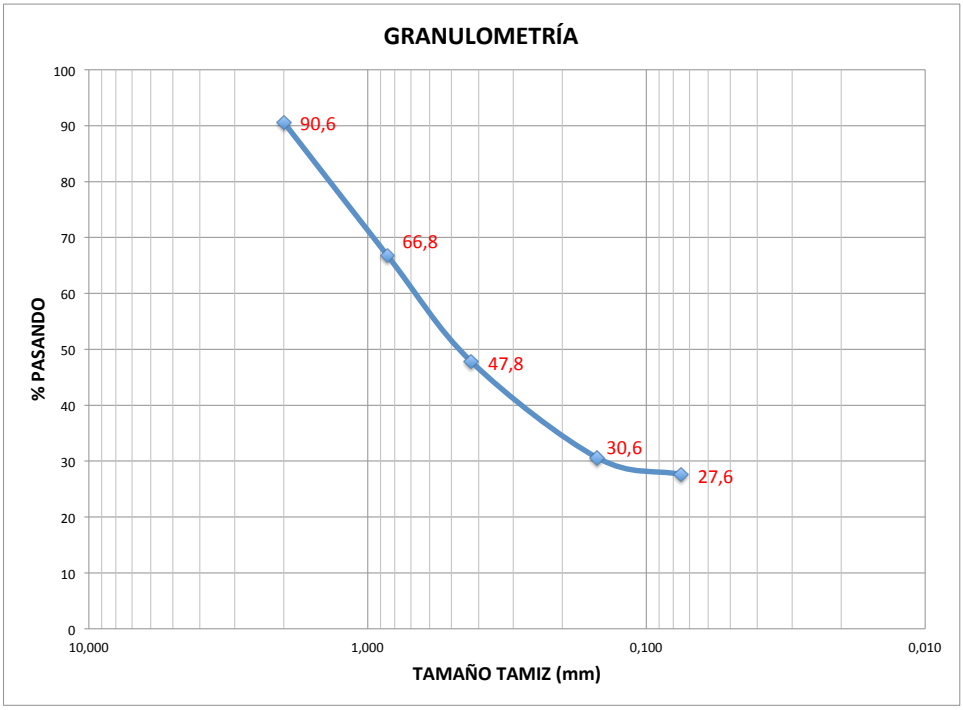
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 6
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	35,3	7,1	7,1	92,94
20	0,850	211,5	42,3	49,4	50,64
40	0,425	111,3	22,3	71,62	28,38
100	0,150	102,1	20,4	92,04	7,96
200	0,075	35,9	7,2	99,22	0,78

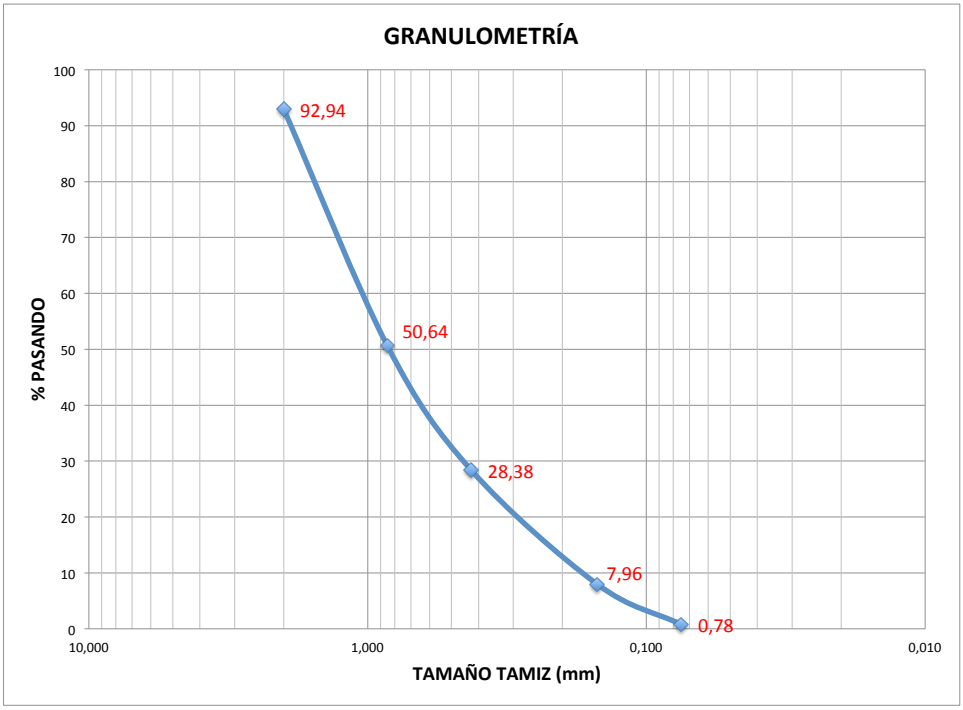
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 05/03/15

Muestra: INF 7
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones	Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	22,0	4,4	4,4	95,6
20	0,850	183,9	36,78	41,18	58,82
40	0,425	155	31	72,18	27,82
100	0,150	102,3	20,46	92,64	7,36
200	0,075	35	7	99,64	0,36

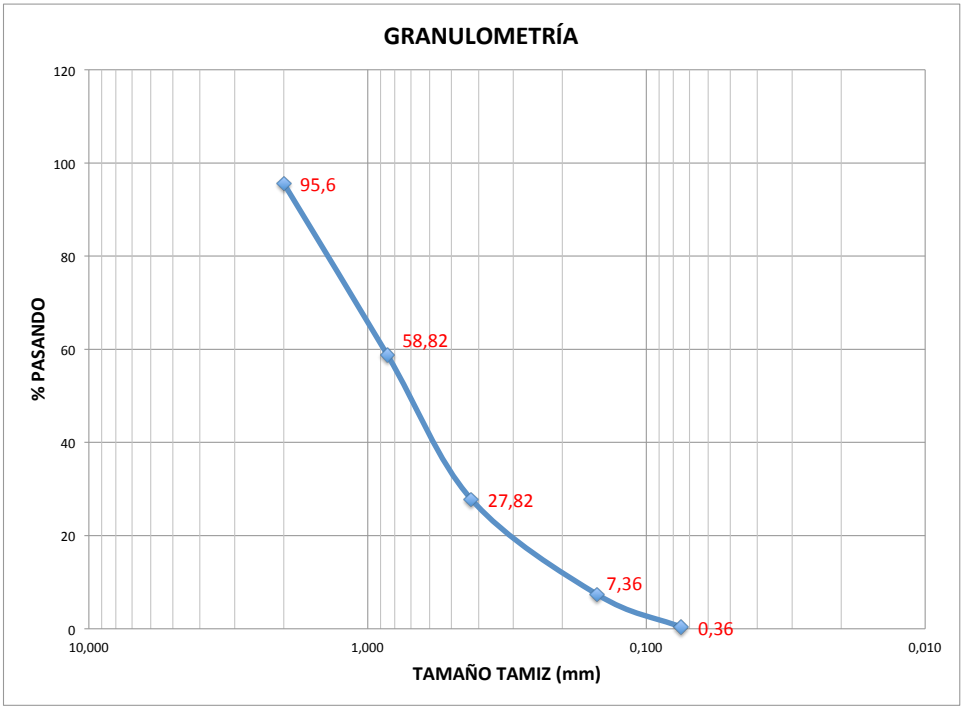
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 8
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	69,2	13,8	13,8	86,16
20	0,850	301,0	60,2	74,0	25,96
40	0,425	86,5	17,3	91,34	8,66
100	0,150	32,0	6,4	97,74	2,26
200	0,075	10,1	2,0	99,76	0,24

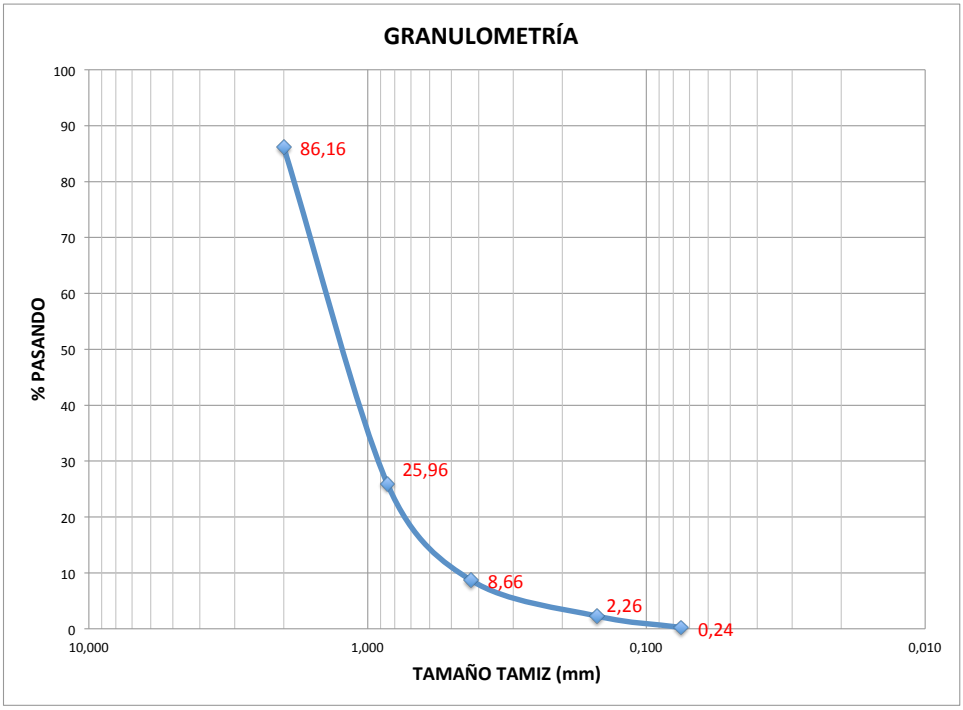
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 05/03/15

Muestra: INF 9
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES	**GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.**	**Teléfono: (506)22735732, 89983906.** **Fax: (506)22735668**

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	26,0	5,2	5,2	94,8
20	0,850	159,1	31,82	37,02	62,98
40	0,425	135,2	27,04	64,06	35,94
100	0,150	99,5	19,9	83,96	16,04
200	0,075	25,6	5,12	89,08	10,92

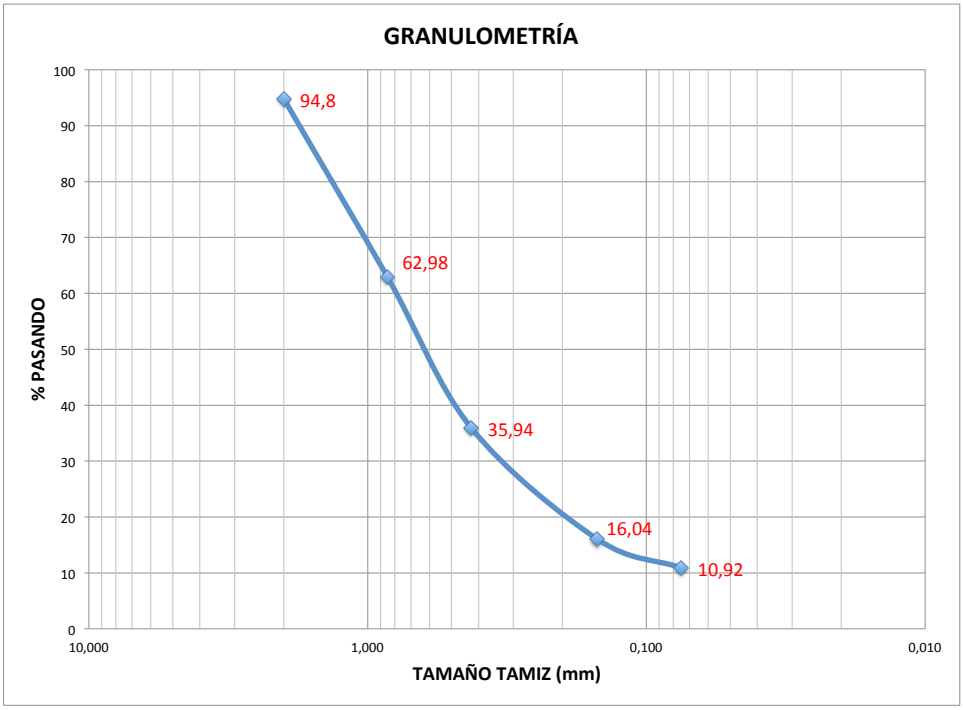
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 10
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones	Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	18,0	3,6	3,6	96,4
20	0,850	105,0	21	24,6	75,4
40	0,425	85,1	17,02	41,62	58,38
100	0,150	194,0	38,8	80,42	19,58
200	0,075	14,5	2,9	83,32	16,68

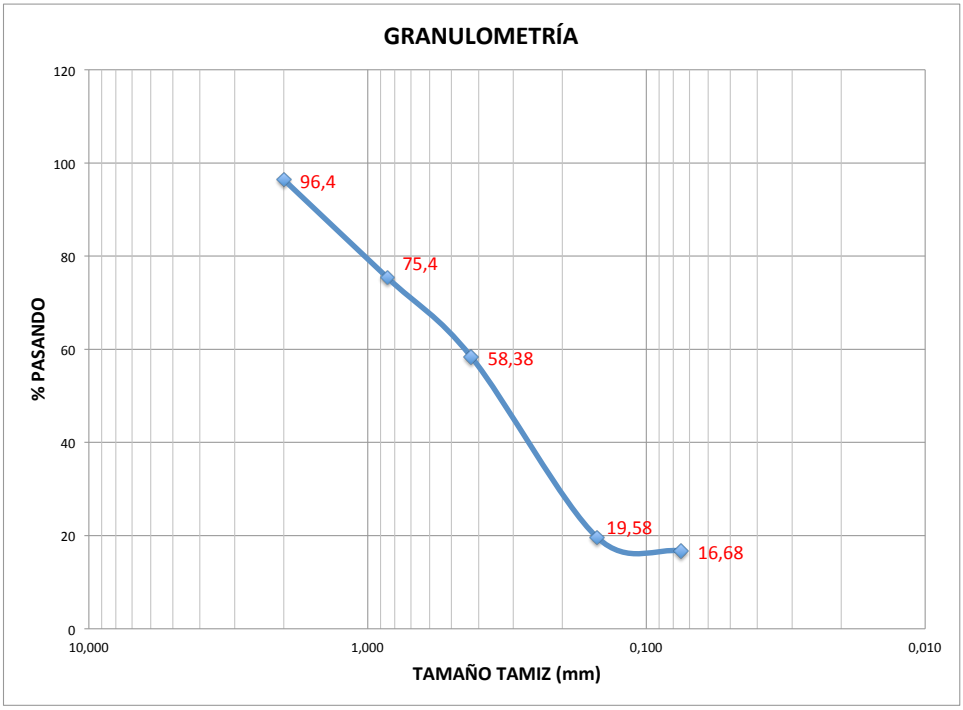
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 11
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	30,2	6,0	6,04	93,96
20	0,850	247,4	49,5	55,52	44,48
40	0,425	112,6	22,5	78,04	21,96
100	0,150	84,5	16,9	94,94	5,06
200	0,075	23,8	4,8	99,7	0,3

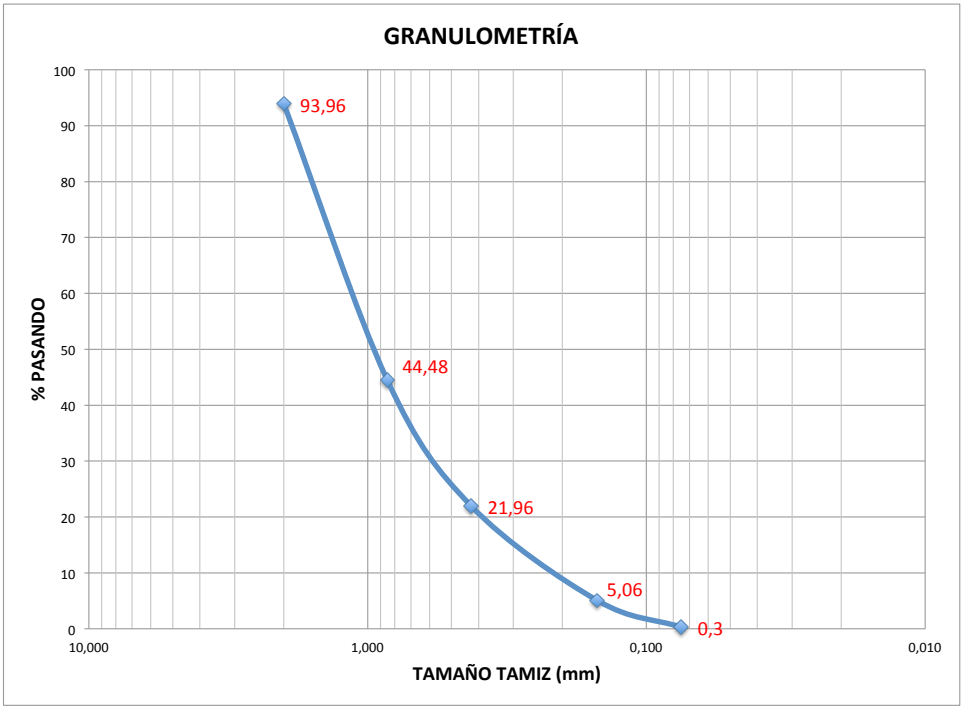
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 12
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones	Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	114,8	23,0	23,0	77,04
20	0,850	141,3	28,3	51,2	48,78
40	0,425	148,7	29,7	80,96	19,04
100	0,150	89,9	18,0	98,94	1,06
200	0,075	4,7	0,9	99,88	0,12

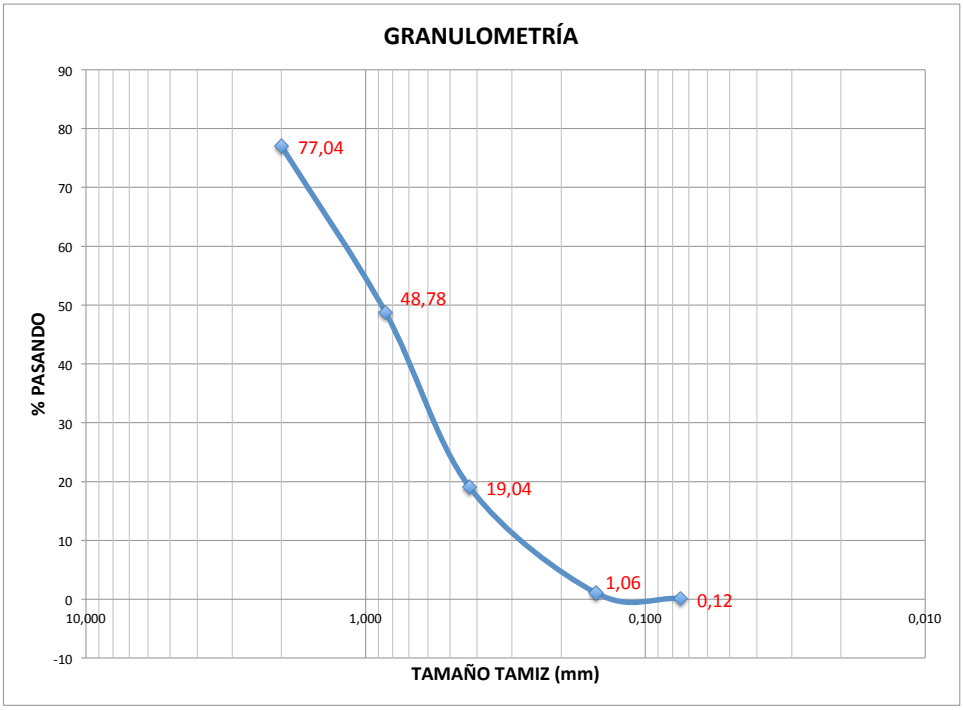
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 13
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	39,0	7,8	7,8	92,2
20	0,850	215,0	43,0	50,8	49,2
40	0,425	108,0	21,6	72,4	27,6
100	0,150	97,0	19,4	91,8	8,2
200	0,075	9,0	1,8	93,6	6,4

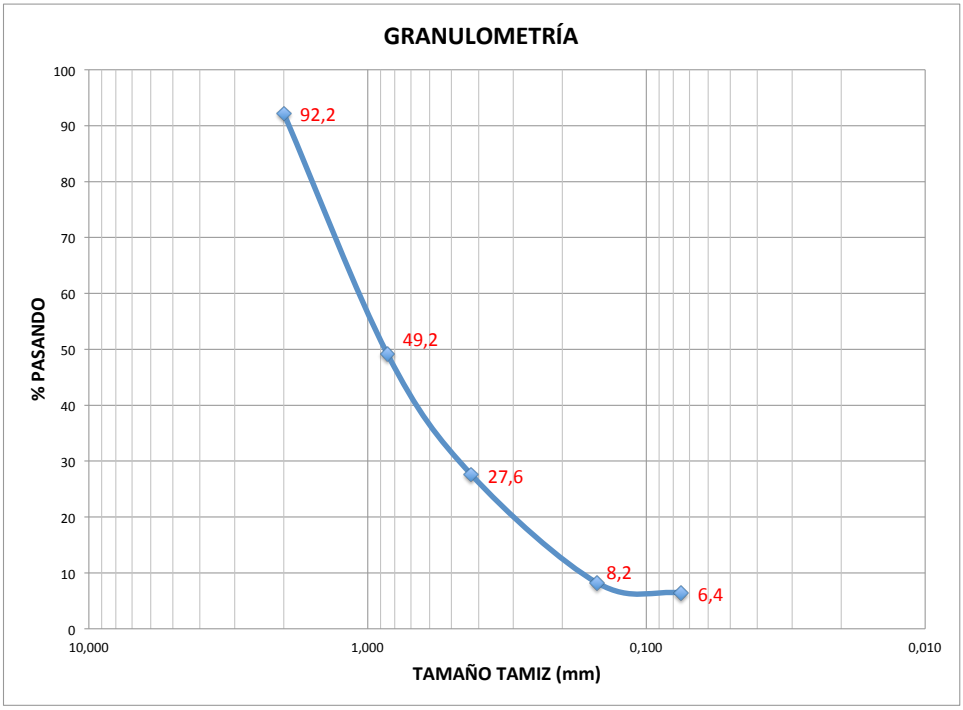
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 05/03/15

Muestra: INF 14
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,0	54,2	10,84	10,84	89,16
40	0,42	93,6	18,72	29,56	70,44
100	0,15	295,5	59,1	88,66	11,34
200	0,075	24,5	4,9	93,56	6,44

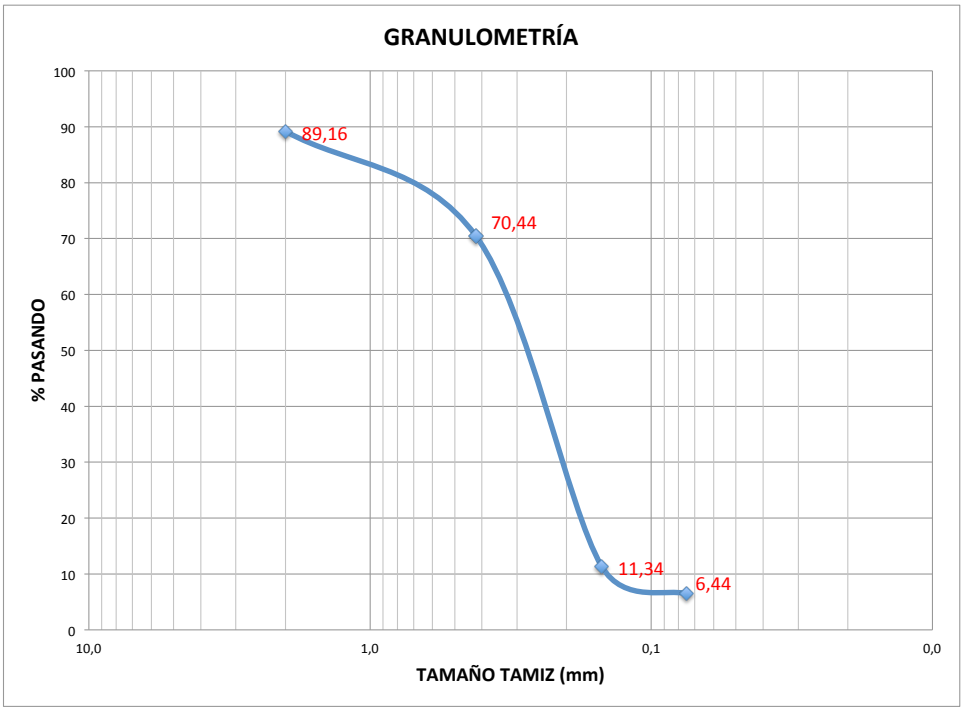
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: Concepción1
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,0	33,2	6,64	6,64	93,36
40	0,42	119	23,8	30,44	69,56
100	0,15	232,9	46,58	77,02	22,98
200	0,075	20,2	4,04	81,06	18,94

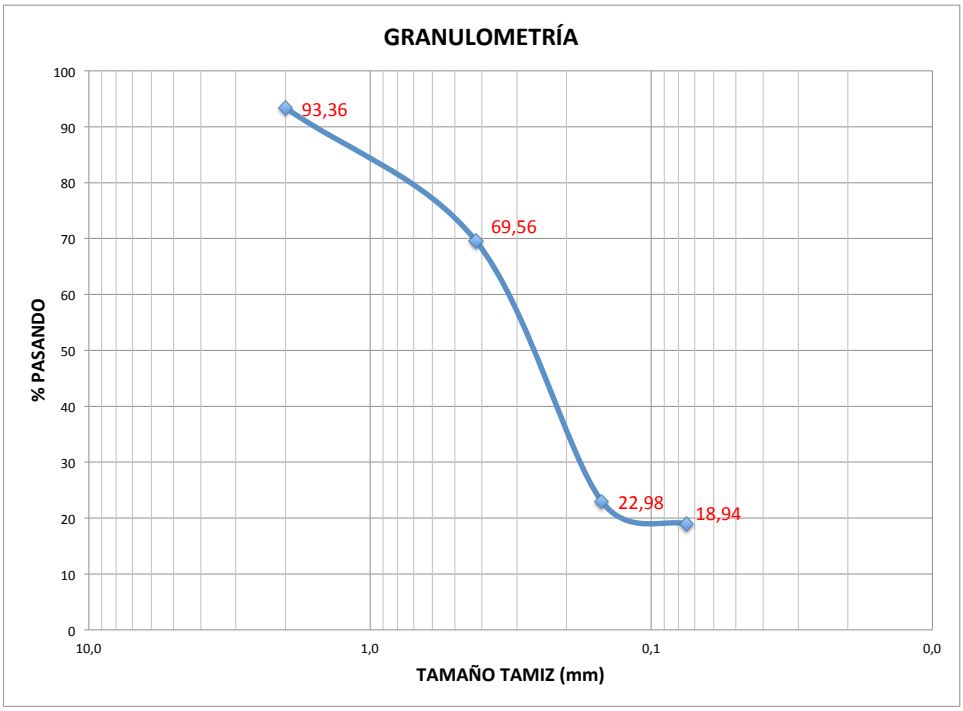
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: Concepción2
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones	Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	33,1	6,6	6,6	93,38
20	0,850	211,3	42,3	48,9	51,12
40	0,425	113,5	22,7	71,58	28,42
100	0,150	99,0	19,8	91,38	8,62
200	0,075	37,1	7,4	98,8	1,2

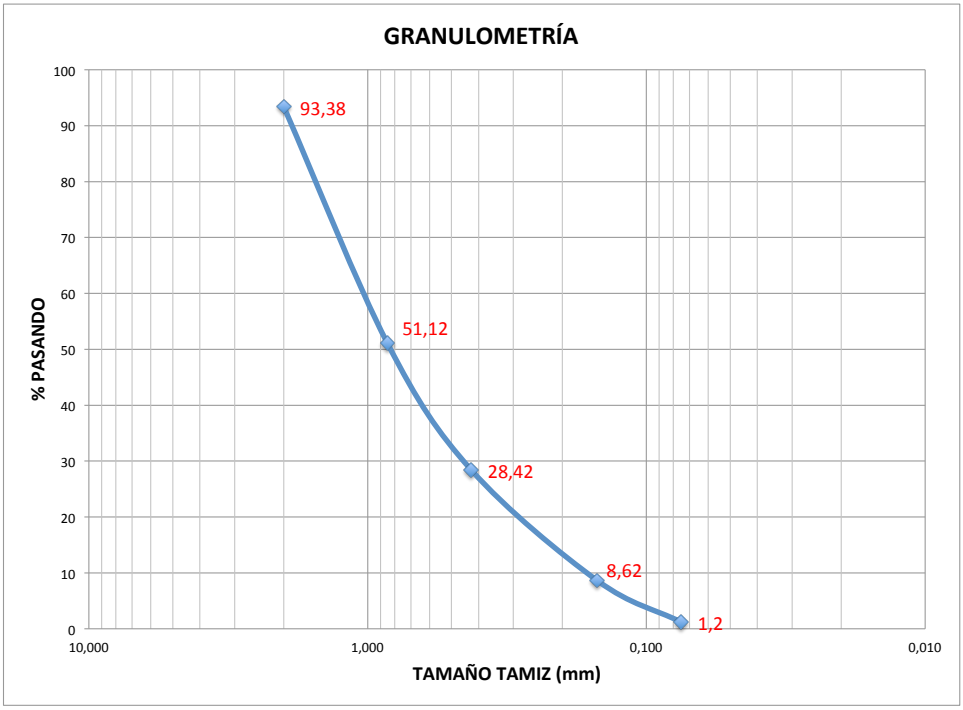
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 17
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones	Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	73,5	14,7	14,7	85,3
20	0,850	308,4	61,7	76,4	23,62
40	0,425	91,7	18,3	94,72	5,28
100	0,150	22,6	4,5	99,24	0,76
200	0,075	1,5	0,3	99,54	0,46

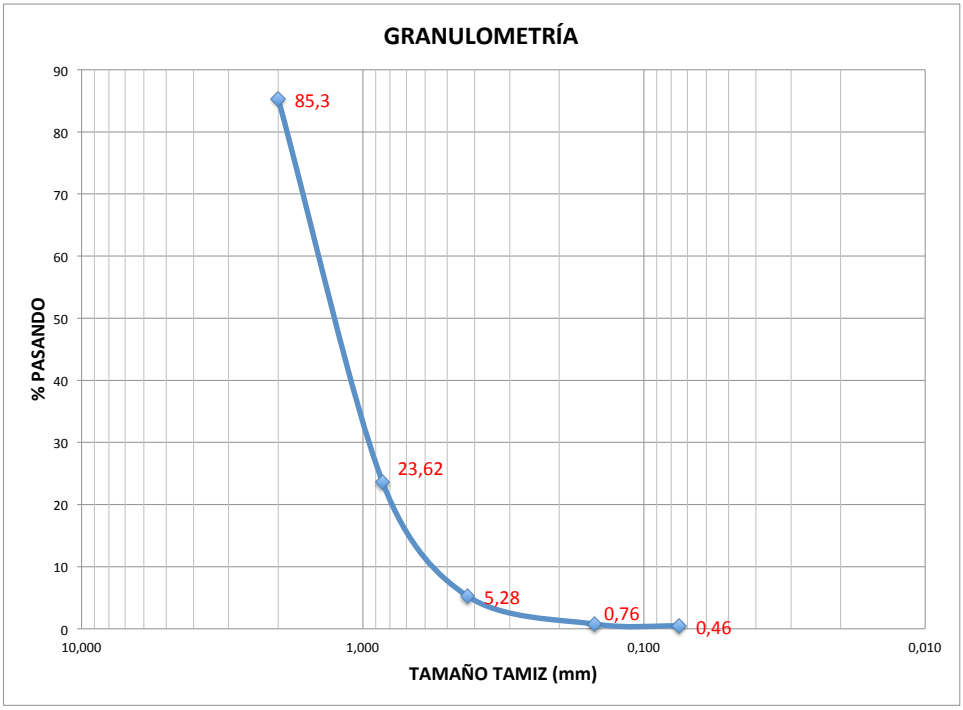
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 8
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	46,0	9,2	9,2	90,8
20	0,850	93,0	18,6	27,8	72,2
40	0,425	169,0	33,8	61,6	38,4
100	0,150	140,0	28,0	89,6	10,4
200	0,075	45,0	9,0	98,6	1,4

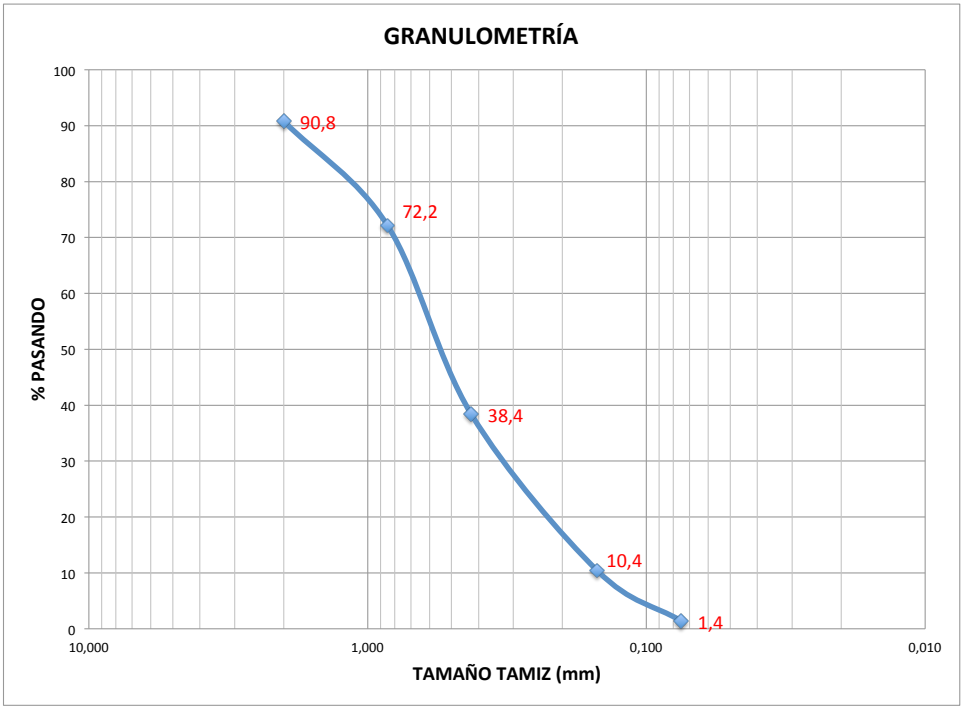
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 19
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

GEOSOLUCIONES CIVILES V & A DE CENTROAMÉRICA S.A, CENTRO DE ASESORIA GEOTÉCNICA, COSTA RICA.

Teléfono: (506)22735732, 89983906.
Fax: (506)22735668

Granulometria Material					
Tamiz	Tamaño (mm)	W Ret (g)	% Ret	% Ret Acum	% pasando
10	2,000	35,0	7,0	7,0	93
20	0,850	239,0	47,8	54,8	45,2
40	0,425	126,7	25,3	80,14	19,86
100	0,150	85,2	17,0	97,18	2,82
200	0,075	10,0	2,0	99,18	0,82

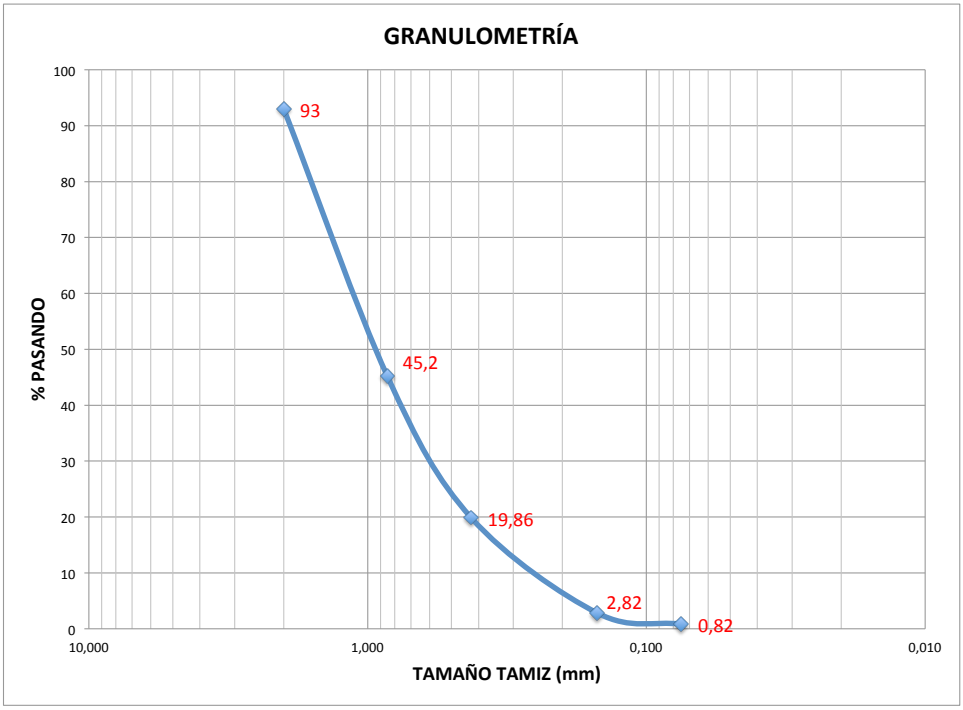
Proyecto: Barranca - La Paz
Ubicación:
Fecha: 26/02/15

Muestra: INF 20
Técnico: Adonay Segura.

Descripción: Arcilla color café baja plasticidad, material orgánico

Notas:

1. Peso del Recipiente: 65,6 g
2. Peso de la muestra: 500 g



Observaciones

Responsable: Ing. Alexander Molina Villalobos.

Anexo 8. Clasificación de suelos-Geosoluciones

INTRODUCCION.

A solicitud del Señor Edwin Espinoza , se procedieron a analizar las muestras de material proveniente del proyecto ubicado en Barranca – La Paz, con el fin verificar sus propiedades granulométricas.

PROPIEDADES OBTENIDAS PARA EL MATERIAL SUMINISTRADO.

Con base en las muestras suministradas se logra describir de la siguiente manera:

1. Suelo arcilloso color café de baja plasticidad (CL), con material orgánico.

Muestra	L.L.(%)	I.P.(%)
NAC 1.1 LA	42	20
NAC 1.2 LA	42	21
NAC 2.1 LA	43	21
NAC 2.2 LA	42	19
NAC 3.2 LA	40	18
NAC 1.1 BZ	40	20
NAC 1.2 BZ	38	22
NAC 2.1 BZ	38	20
NAC 2.2 BZ	40	21

NAC 1.1 VOLIO	35	16
NAC 1.2 VOLIO	36	16
NAC 2.1 VOLIO	38	18
NAC 3.1 VOLIO	36	18
NAC 3.2 VOLIO	38	20
NAC 4.1 VOLIO	40	21
NAC 4.2 VOLIO	38	18
NAC 5.1 VOLIO	40	20
NAC 5.2 VOLIO	40	22
NAC 1 MS	42	23

Luego mediante un tamizaje mecánico, según el procedimiento establecido por la norma ASTM respectiva, se obtuvo las siguientes características para el material:

Atentamente

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

Anexo 9.
Listado de Pozos con información y litologías de los Ríos La Paz y Barranca

Cuadro 1. Cuadro de Pozos de la Cuenca la Paz y a un kilómetro del área de influencia.

Número pozo	Latitud (CRTM05)	Longitud (CRTM05)	Profundidad (m)	NE (m)	ND (m)	Caudal (l/s)	Transmisivivdad (m2/día)
MI-100	444424	1121752	69,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MI-113	441348	1119756	96,00	80,00	86,80	1,00	129,00
MI-30	444513	1122291	22,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MI-70	445009	1118466	82,00	27,00	72,00	1,70	n.d.
MI-71	442610	1119368	41,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MI-76	441886	1120119	100,00	12,00	72,60	1,00	27,32
MI-92	443357	1118807	118,00	30,00	76,00	2,00	n.d.
NA-167	447383	1117113	81,00	n.d.	n.d.	0,70	n.d.
NA-315	448533	1117862	46,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-337	445971	1122510	107,00	33,00	60,00	3,00	n.d.
NA-359	447933	1117213	11,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-368	448383	1118062	72,00	40,00	47,00	1,40	n.d.
NA-388	449533	1117911	71,00	7,50	52,50	2,00	n.d.
NA-389	449633	1118011	92,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-438	448534	1118162	80,00	27,20	n.d.	n.d.	n.d.
NA-449	447937	1121413	82,00	64,00	n.d.	n.d.	n.d.
NA-507	447537	1121263	107,00	68,00	75,00	1,50	n.d.
NA-511	446108	1117890	95,00	51,00	70,00	3,00	n.d.
NA-543	446036	1120490	57,00	5,00	16,00	2,50	n.d.
NA-554	446384	1118214	114,00	62,00	67,00	1,80	n.d.
NA-558	445435	1119890	132,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-559	445585	1119940	105,00	21,00	87,00	2,30	n.d.
NA-572	446209	1118590	83,00	15,00	63,00	2,50	n.d.
NA-602	450134	1118761	89,00	45,00	51,00	1,80	n.d.
NA-636	446236	1120714	62,00	8,00	15,00	2,50	n.d.
NA-647	445611	1120565	70,00	10,00	33,00	2,00	n.d.
NA-664	448529	1118227	105,00	9,00	46,00	2,00	n.d.
NA-681	449584	1118986	145,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-782	446119	1119615	90,00	30,00	45,00	2,00	n.d.
NA-796	447029	1119507	80,00	40,00	41,00	1,70	n.d.
NA-810	446774	1119340	65,00	27,00	48,00	2,00	n.d.
NA-844	446285	1117641	72,00	21,00	28,00	5,00	n.d.
NA-864	446582	1121587	86,00	41,00	76,00	1,50	n.d.
NA-881	445623	1119403	105,00	65,00	75,00	2,00	11,00
NA-908	445904	1120733	67,00	12,00	25,10	3,00	5,65
NA-926	447102	1121402	95,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-957	448593	1117680	95,00	26,30	41,30	1,00	12,00
SL-2	445041	1125665	92,00	59,00	63,00	2,00	n.d.

n.d: No dice, No hay información

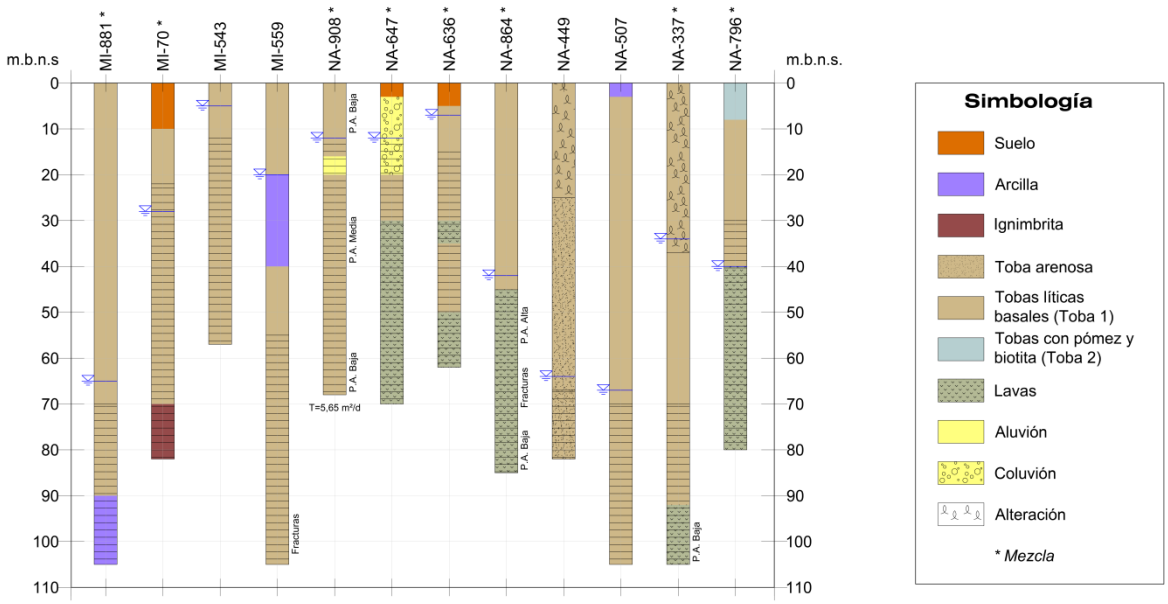


Figura 1. Esquema de litologías de pozos en la cuenca del río La Paz

Cuadro 2. Cuadro de Pozos con litología de la Cuenca la Paz.

Número pozo	Latitud (Lambert)	Longitud (Lambert)	Armado	Litología
MI-70	233050	481325	0-22 m: Tubería sin ranurar, PVC 6 pulgadas, SDR-40 / 22-82 m: Tubería PVC ranurada 6 pulg.	0-9 m: Suelo color negro textura limo-arcillosa / 9-30 m: Arcilla color café asociada a toba de ceniza volcánica muy alterada / 30-60 m: Toba constituida por minerales, vidrio volcánico y pómez cementos en matriz ceniza fina color café, líticos cm / 60-71 m: Toba constituida por minerales vidrio volcánicos y pómez, matriz de ceniza café sin bombas / Ignimbrita 71-82 m: Color negro con alto contenido de vidrio, sana y dura
MI-76	234710	578200	Profundidad: 100 m T= 27,32m^2/día 0-42 m: Tubería ciega 6 pulgadas diámetro SDR26 / 42-48 m: Rejilla SDR 26, 6 pulgadas diámetro / 48-78 m: Tubería ciega SDR-26 / 78-91 m: Rejilla PVC SDR-26 / 91-93 m: Tubo cenicero / 93-100 m: Grava	0-20 m: Suelo arcilloso color café muy plásticas / 20-22 m: Lava alterada / 22-42 m: Lahar con bloques de lava y matriz arcillosa / 42-51,5 m: Lava andesítica alterada / 51,5-60 m: Arcillas café a gris, pocos fragmentos líticos / 60-73 m: Lava muy alterada y arcillificada, P.Aparente nula / 73-100 m: Lavas a partir de 82,5 m la lava es sana y fracturada

MI-92	233390	479673	Durante la perforación no hubo variaciones en nivel de agua, la cual apareció a los 30 m // 0-12 m: Sello sanitario / Tubería ciega 6 pulgs de 0-18 m y 48-118 m // Filtro grava: 12-118 m // Tubería ranurada de 18-36 m / 48-118 m // Diámetro perforación en 10 pulgs de 60-118 m.	0-4 m: Arcilla color café claro / 4-8 m: Toba lítica color café grisáceo / 8-36 m: Color café claro, con baja PA / 36-48 m: Color gris cafecuzco muy arcilloso / 48-67 m: Toba lítica color café grisáceo, sana / 67-90 m: Toba café, suave con moderada porosidad / 90-95 m: Arcilla color café oscuro, plástica, PA baja / 95-118 m: Toba color café claro, relativamente sana con moderada porosidad y PA
MI-113	229299	479903	Durante la perforación el nivel de agua se mantuvo en 41,8 m / Tubería ciega PVC de 0 a 18 m / Tuvería ranurada PVC SDR-40 de 18 a 100 m // Transmisividad: 129 m2/día	0-5 m: Suelo rojizo oscuro muy arcilloso / 5-7 m: Tobas arenosas dura / 7-13 m: Arcilla café marrón, plástica / 13-19 m: Toba arenosa con mucha arcilla color café / 19-28 m: Arcilla lacustre, color verde grisáceo / 28-39 m: Arcilla con arena color beige / 39-70 m: Lava color negro / 70-97 m: Arcilla plástica color verde grisáceo por hidrotermalismo o depósito lacustre / 97-100 m: Lava color negro idem 39-70 m
NA-167	231700	483750	Tubería ciega: 0-67 m / Tubería ranurada: 67-81 m / Grava: 0-81 m / Sello sanitario: 1,5 m /	0-50 m: Ceniza volcánica / 50-70 m: Toba color café / 70-81 m: Toba más gruesa color café

NA-337	237095	482283	Variación nivel agua: Profundidad perforación: 78 m donde aparece agua // El nivel agua ascendió hasta 33 m mostrando confinamiento // Sello sanitario concreto: 0-10 m / Tubería ciega 0-72 m / Tubería ranurada PVC 72-107 m	0-78 m: Toba arcillosa alterada de muy baja Permeabilidad / 78-92 m: Toba lítica de buena permeabilidad / 92-107 m: Lavas fracturadas y alteradas de buena permeabilidad
NA-368	232650	484700	Variaciones nivel agua: 35 m /perforación entre 0-50 m // 17 m / perforación entre 50-60 m // 20 m / perforación entre 60-72 m	0-2 m: Suelo color negro con restos materia orgánica / 2-72 m: Toba color claro constituida por ceniza y otros materailes de mayor tamaño
NA-388	232500	485850	0-18 m y 66-68 m: Tubo ciego / 18-66 m y 68-71 m: Tubo ranurado	0-8 m: Material arcilloso color café, P.A. baja / 8-11 m: Toba arenosa color café, P.A: regular a baja / 11-12 m: Material arcilloso color café claro, P.A. baja / 12-42 m: Toba arenosa color gris, P.A. regular, con cuarzo y micas / 42-50 m: Materail arcillo arenoso fino, P.A. regular a baja / 50-69 m: Toba arenosa color gris, P.A. buena, acuífero principal / 69-71 m. Material tobáceo color gris fino

NA-438	232750	484850	0-58 m: Tubería ciega 152 mm / 58-80 m: Tubería ranurada	0-25 m: Arcillas plásticas asociadas a tobas meteorizadas / 25-35 m: Arcilla con arena / 35-40 m: Toba meteorizada / 40-45 m: Arcilla plástica / 45-58 m: Similar al tramo 35-40 m / 58 - 62 m: Toba meteorizada arcillosa / 62-75 m: Arcilla plástica / 75-80 m: TOba o lava meteorizada /
NA-449	236000	484250	0-2 m: Sello sanitario concreto / 2-67 m: Tubo ciego PVC diámetro 152 mm / 67-82 m. Tubería ranurada	0-25 m: Material muy meteorizado, arcilloso, características de toba con matriz que engloba framentos de hasta 3 cm / 25-74 m: Toba arenosa grano medio a grueso, desleznable / 74-82 m: Toba arenosa similar anterior // Nivel agua encontrado a 64 m
NA-507	235850	483850	0-70 m: Tubería PVC sin ranurar 6 pulg / 70-107 m: Tubería PVC ranurada 6 pulgadas / Filtro grava de 5 a 107 m	0-3 m: Arcilla color café claro, muy plástica / 3-107 m: Toba color café oscuro, suave, meteorizada en la parte más superficial /
NA-511	232475	482425	0-35 m : Tubería PVC sin ranurar / 8 pulgadas, SRD-26 / / 35-95 m: Tubería PVC ranurada, SDR-26// Sello sanitario: 0-10 m / Grava 10-95 m // N.E.: 51 m // N.D. 70 m // Abatimento: 19 m	0-6 m: Arcilla color café claro muy plástica, maleable / 6-51 m. Toba ovlor café oscuro constituida por ceniza volcánica, meteorizada, P.A. baja a media / 56-68 m: Lava alterada color café oscuro moderada dureza / 68-95 m: Lava color café oscuro, algo oxidada, P.A. alta

NA-543	235075	482350	Diámetro perforación: 12,5 pulgs.// Encamizado: 6 plugs. //0-12 m: PVC sin ranurar // 12-57 m: Tubería PVC ranurada, 6 pulgs // Sello sanitario: 0-5 m // N.Inicial: 5 m // Nivel final: 16 m	0-57 m: Secuencia de tobas con piroclastos tamaño variable con ceniza y lapilli
NA-554	232800	482700	Diámetro perforaicón: 0_60 m: 13 pulgadas / 60-114 m: 10 pulgadas // Encamisado: 6 pulgadas // 0-54 m: Tubería ranurada // 54-114 m: Tubería ranurada de PVC// Sello sanitario: 0-6 m// N. Inicial: 62 m // N. Final: 67 m	0-114 m: Tobas constituidas por granos de ceniza y pómez bastante soldados. A partir de 60 m el materail es más oscuro, denso, mejor soldado siendo así la más productora.
NA-559	232525	481900	Diámetro perforación: 12,5 plugs // Diámetro encamisado: 6 pulgs/ 0-54 m: Tubería PVC sin ranurar / 54-105 m: Tubería ranurada PVC 6 pulgadas // Sello sanitario:0-10 m // Nivel inicial algua: 21 m / Nivel final agua: 87 m	0-20 m: Toba color café oscuro sin aporte de agua al pozo // 20-40 m: Arcilla color café claro hasta amarillo, impermeable, sin aporte hídrico al pozo / 40-105 m Tobas color café hasta oscuro, bastante sanas, porosidad secundaria por fracturas

NA-572	233175	482525	0-24 m: Tubería PVC sin ranurar de 6 pulgs diámetro / 24-83 m: Tubería PVC ranurada de 6 pulgadas // Sello sanitario 0-10 m // Nivel inicial: 15 m / Nivel final: 63 m	0-30 m: Arcilla color claro a amarillento formada por ceniza volcánica arcillificada por meteorizaición, baja P.A. / 30-60 m: Toba color blano amarillento formada por ceniza volcánica y piroclastos finos, muy arcillificada / 60-83 m: Lava textura afanítica color blancuzco con fracturas secundarias
NA-602	233350	486450	Diámetro perforación: 0-53 m/ 23 pulgs // 53-89 m: 6 pulgs // Tubería encamisado: 0-53 m: 6 pulgs / 53-89 m: 4 pulgs // 0-18 m: Tubería ciega de 6 pulgs., SDR-40 / 18-53 m: Tubería PVC ranurada 6 pulgs, SDR 40 m // 53-65 m / 71-77 m / 83-89 m: Tubería PVC, ranurada, de 4 pulgadas// 65-71 m y 77-83 m: Tubería sin ranurar de 4 pulgadas // Sello sanitario: 10 m // Nivel inicial: 45 m / Nivel final agua: 51 m	0-68 m: Toba café color claro a oscuro con ceniza volcánica y pómez, meteorizada, suave con poco aportel hídirico // 68-89 m: Toba color gris, aspecto arenoso, sana, muy porosa, color gris oscuro

NA-636	235300	482550	Diámetro perforación: 10 pulgadas / Encamisado: 6 pulgadas / 0-15 m: Tubería sin ranurar, 6 pulgadas / 15-62 m: Tubería ranurada 6 pulgadas // Sello sanitario: 0-3 m profundidad // Nivel inicial: 8 m // Nivel final: 15 m	0-6 m: Suelo color café oscuro, con materia orgánica / 6-30 m: Toba constituida por ceniza color café claro sana // 30-36 m: Lava color negro, andesítica, textura afanítica, sana y dura // 36-50 m: Toba color café oscuro, sana, alta porosidad, princiapl aporte agua / 50-62 m: Lava similar entre 30-36 m
NA-647	235150	481925	Diámetros perforación: 12 pulgad de 0-50 m // Perforado 10 pulgadas de 50-70 m // Tubería ranurada de 12 a 70 m en 6 pulgadas / Sello sanitario: 0-7 m // Nivel inicial: 10 m / Nivel final: 33 m	0-3 m: Suelo café oscuro // 3-20 m: Coluvio constituido por fragmentos heterogéneos (andesita) en matriz limo arcillosa / 20-30 m: Toba formada por fragmentos vidrio volcánicos bin soldados / 30-50 m: Riolita color gris verdoso, silicifidada, pocos cristales de plagioclasas, pirita / 50-60 m: Andesita color negro y textura afanítica / 60-70 m: Riolita color café verodoso
NA-664	232815	484845	Profundidad perforación: 17 pulgadas hasta 105 m / Encamisado: 6 pulgadas / 0-33 m: Tubería sin ranurar / 33-105 m: Tubería ranurada // Sello sanitario: 0-10 m	0-2 m: Suelo color café oscuro a negro / 2-94 m: Toba constituida por ceniza volcánica color café claro con tramos arcillosos / 94-105 m Similar tramo anterior, color café grisáceo

NA-681	233470	485855	Diámetro perforación: 17 pulgadas de 0 a 84 m // 10 pulgs de 84 a 145 m / Tubería sin ranurar entre 0 a 80 m y tubería ranurada entre 80 a 145 m	0-130 m: Tobas constituidas por fragmentos de andesitas y minerales con vidrio, en matriz cementada por ceniza final a media, color café claro // A los 135 m de profundidad se encontró fratura por donde se perdió el agua del pozo
NA-782	234200	482434	No se observaron cambios significativos en el nivel del agua, éste apareció en 30 m / Sello sanitario 0-10 m // Tubería plástica de 0 a 30 m / 10-95 m: Tubería ranurada 6 pulgadas diámetro // Pozo perforado en 12 pulgadas de 0 a 92 m // N. E.: 30 m // N.D.: 45 m	0-65 m: Toba constituida por fragmentos líticos y minerales bien cementos en matriz de ceniza fina color café oscuro ligeramente arcillosa con baja P.A. / 65-90 m: Lava textura afanítica ligerametne porfirítica con fenecristales de plagioclasas y piríboles

NA-796	234093	483344	No se dieron variaciones en nivel del agua, la cual permaneció a 40 m / Sello sanitario: 0-6 m / Tubería PVC sin ranurar: 0-30 m 6 pulgs diámetro SDR-26 / 30-80 m: Tubería PVC ranurada de 6 pulgadas diámetro SDR-26 / Filtro grava: 6-80 m / Diámetro peroración: 12 pulgadas / N. Estático: 40 m / N.Dinámico: 41 m	0-8 m: Arcilla color café claro, plástica / 9-40 m: Toba constituida por fragmentos líticos, minerales y pómez cementados en matriz ceniza fina a media color café claro / 40-80 m: Lava de composición andesítica color gris oscuro y textura porfirítica con fenocristlaes de plagioclases y piríboles, sana, dura y algo fracurada
NA-810	233926	483089	Durante la perforación el nivel de agua se mantuvo a 27 m //Sello sanitario: 0-10 m / 0-27 m: Tubería plástica sin ranurar, 6 pulgs diámetro / 27-65 m: Tubería plástica ranurada de 6 pulgs diámetro / Filtro grava: 10-65 m / Perforado en 12 pulgs de 0-65 m / Nivel inicial: 27 m / Nivel final: 48 m	0-65 m: Toba constituida por fragmentos líticos y minerales en matriz de ceniza fina a media / Entre 52 y 65 m se encuentra más dura

NA-844	232227	482602	Durante la perforación no hay variaciones en la profundiad del agua, ésta se mantuvo en 21 m / Sello sanitario: 0-10 m / Tubería sin ranurar de 6 pulgadas de 0-21 m / Tubería ranurada de 6 pulgadas de 21-72 m / Filtro grava de 10-72 m / Pozo perforado en 12 pulgadas / N. INicial: 21 m / N. Final: 28 m	0-38 m: Toba constituida por ceniza fina color café, relativamente sana con moderada porosidad y permeabiildad aparentes / 38-72 m: Toba conformada por ceniza media color café con aspecto arenoso, sana y con alta porosidad y permeabilidad aparentes
NA-864	236173	482895	Durante la perforación el agua se mantuvo a 41 m/ Sello sanitario: 0-12 m / Tubería plástica sin ranurar de 6 pulgadas diámetro y cédula SDR-40 de 0-42 m / Agujero de la perforación: 12 pulgadas de 0-86 m / Filtro de grava 12-86 m / Tubería plástica ranurada de 42 a 86 m / N. Inicial: 41 m / N. Final: 76 m	0-45 m: Toba de granulometría fina, parcialmente alterada con baja P.A. / 45-75 m: Lava andesítica ligeramente porfirítica, bastante oxidada, con moderada P.A., alta porosidad por fracturas / 74-86 m: Lava afanítica, negra, sana, dura, sin fracturación con baja porosidad y permeabilidad

NA-881	233988	481938	El nivel de agua se mantiene a 65 m / Diámetro perforación: 12 pulgs / Tubería PVC ciega en 6 pulgs: 0-70 m / Tubería PVC ranurada 6 pulgs 70-105 m / N. Inicial: 65 m / N. Final: 75 m	0-60 m: Toba lítica fina con alto contenido de arcillas color café claro a beige, con cristales alterados de plagioclasa y máficos / 60-90 m: Tobas alteradas con bloques de lava color negro, textura arenosa y color café oscuro / 90-105 m: Arcillas color amarillo de B.P. aparente
NA-908	235318	482218	No se observaron variaciones en los niveles de agua, se mantuvo a 12 m / Sello sanitario de 0 a 4 m / Tubería plástica sin ranurar de 0-12 m / Agujero de 12 pulgdas de 0-67 m / Tubería plástica ranurada de 6 pulgs de 12-67 m // Transmisividad: 5,65 m2/día	0-16 m: Toba granulometría fina, color café, baja P.A. / 16-20 m: Aluvión fino constituido por limos, arenes sin cementar con alta P.A. / 20-50 m: toba con minerales pequeños y framentados bien soldados con P.A: moderada / 50-67 m: Toba con minerales y framentos líticos soldados en matriz fina color negro, sana, baja P.A.

NA-957	232268	484910	0-6 m: Sello sanitario / Tubería ciega 0-32 m y 62-81 m // Tubería ranurada de 31-62 m y 81-95 m / Diámetro perforación: 14 pulgadas de 0-95 m / No hay variaciones nivel de agua / N. Inicial: 26,3 m / N. Final: 41,3 m // Transmisividad: 12 m2/día	0-5 m: Suelo orgánico color café / 5-22 m: Arcilla color café con clastos / 22-34 m: Arcillas y material blanco arenoso / 40-49 m: Arcillas color café / 49-52 m: Lapillis color blanco / 52-62 m: Arcilla con tobas color café / 62-80 m: Arcillas on tobas y clastos color café / 80-95 m: Clastos finos color café
SL-2	240250	481350	0-50 m: Tubería PVC sin ranurar 6 pulgs / 50-92 m: Tubería PVC ranurada 6 pulgs / Filtro grava: 9 a 92 m / Sello sanitario: 0-9 m/ N. Inicial: 59 m / N. Final63 m / :	0-3 m: Arcilla / 3-40 m: Toba color café rojizo muy baja dureza / 40-44 m: Lahar formado por bloques composoición lávica / 44-82 m: Lava de color gris, moderada dureza y algo alterada / 82-85 m: Lava color negro muy suave y porosa/ 85-92 m: Lava color gris de moderada dureza y algo alterada de P.A. alta

Cuadro 3. Cuadro de Pozos de la Subcuenca del rio Barranca y a un kilómetro del área de influencia alrededor.

Número pozo	Latitud (CRTM05)	Longitud (CRTM05)	Profundidad (m)	NE (m)	ND (m)	Caudal (l/s)	Transmisivivdad (m2/día)
ILG-123	459092	1127101	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ILG-506	459992	1127500	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ILG-544	461192	1127799	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ILG-655	456440	1125504	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ILG-856	458191	1126602	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ILG-955	462543	1128297	45,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-167	447383	1117113	81,00	n.d.	n.d.	0,70	n.d.
NA-182	455735	1120105	7,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-283	450888	1122910	50,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-298	449533	1117771	40,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-315	448533	1117862	46,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-337	445971	1122510	107,00	33,00	60,00	3,00	n.d.
NA-339	448182	1116513	99,00	46,00	n.d.	n.d.	n.d.
NA-359	447933	1117213	11,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-368	448383	1118062	72,00	40,00	47,00	1,40	n.d.
NA-388	449533	1117911	71,00	7,50	52,50	2,00	n.d.
NA-389	449633	1118011	92,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-438	448534	1118162	80,00	27,20	n.d.	n.d.	n.d.
NA-449	447937	1121413	82,00	64,00	n.d.	n.d.	n.d.
NA-476	450935	1120010	n.d.	0,00	n.d.	n.d.	n.d.
NA-507	447537	1121263	107,00	68,00	75,00	1,50	n.d.
NA-511	446108	1117890	95,00	51,00	70,00	3,00	n.d.
NA-520	452934	1119208	100,00	6,20	8,08	3,15	n.d.
NA-543	446036	1120490	57,00	5,00	16,00	2,50	n.d.
NA-554	446384	1118214	114,00	62,00	67,00	1,80	n.d.
NA-559	445585	1119940	105,00	21,00	87,00	23,00	n.d.
NA-57	447982	1116213	53,00	7,90	n.d.	0,98	n.d.
NA-572	446209	1118590	83,00	15,00	63,00	2,50	n.d.
NA-587	448932	1116362	110,00	44,00	51,00	2,50	n.d.
NA-592	449783	1117261	102,00	43,00	50,00	2,20	n.d.
NA-602	450134	1118761	89,00	45,00	51,00	1,80	n.d.
NA-628	449682	1117036	52,00	24,00	30,00	2,00	n.d.
NA-636	446236	1120714	62,00	8,00	15,00	2,50	n.d.
NA-647	445611	1120565	70,00	10,00	33,00	2,00	n.d.
NA-664	448529	1118227	105,00	9,00	46,00	2,00	n.d.
NA-681	449584	1118986	145,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-686	450836	1121110	90,00	10,00	59,00	2,00	n.d.

NA-781	457587	1122253	86,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-782	446119	1119615	90,00	30,00	45,00	2,00	n.d.
NA-796	447029	1119507	80,00	40,00	41,00	1,70	n.d.
NA-810	446774	1119340	65,00	27,00	48,00	2,00	n.d.
NA-815	453523	1122814	120,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-840	449355	1117175	100,00	25,00	42,00	2,00	n.d.
NA-842	448697	1116922	60,00	37,00	40,00	2,50	n.d.
NA-844	446285	1117641	72,00	21,00	28,00	5,00	n.d.
NA-859	455508	1122142	100,00	52,00	55,00	2,20	n.d.
NA-864	446582	1121587	86,00	41,00	76,00	1,50	n.d.
NA-881	445623	1119403	105,00	65,00	75,00	2,00	11,00
NA-908	445904	1120733	67,00	12,00	25,10	3,00	5,65
NA-917	451811	1121105	90,00	70,00	70,00	2,00	n.d.
NA-926	447102	1121402	95,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NA-957	448593	1117680	95,00	26,30	41,30	1,00	12,00
QA-11	456440	1125504	72,00	13,00	42,00	5,70	n.d.
QA-17	456514	1124329	100,00	21,00	93,00	0,85	n.d.
QA-23	460726	1128200	85,00	26,00	27,00	1,00	n.d.
QA-3	456291	1125854	17,80	13,15	n.d.	n.d.	n.d.

n.d: No dice, no hay información

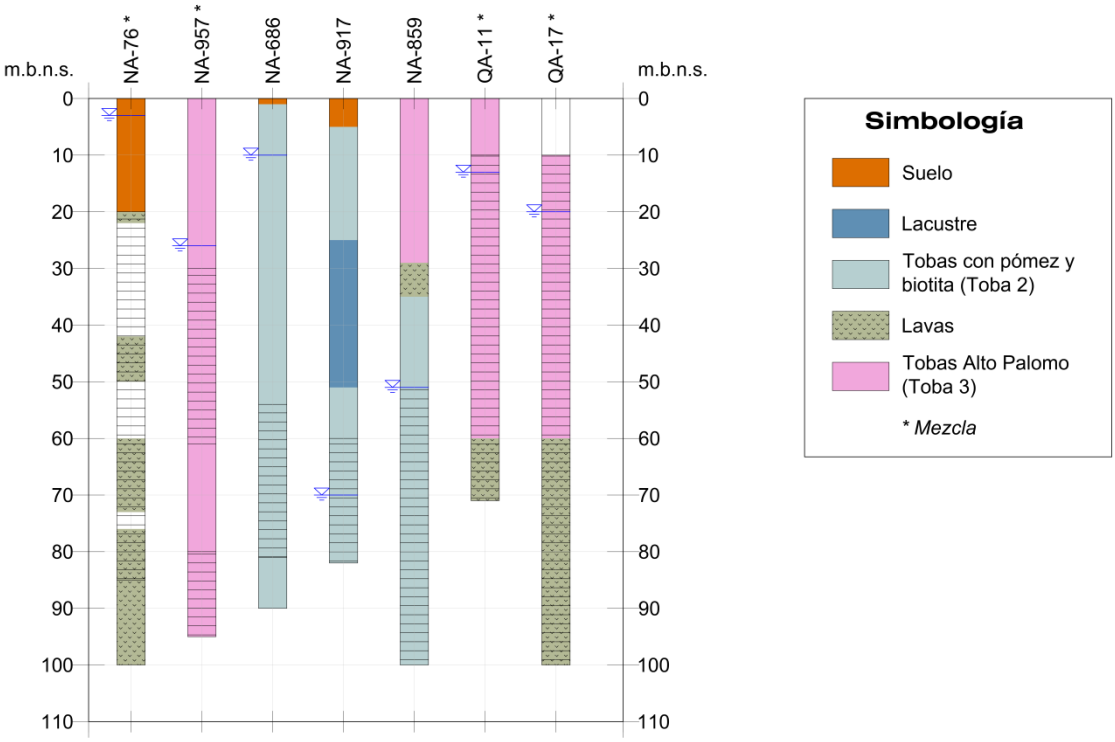


Figura 2. Esquema de litología de pozos en la cuenca del río La Barranca

Cuadro 4 Cuadro de Pozos con litología de la Cuenca del Río Barranca.

Cód.	Latitud (Lambert)	Longitud (Lambert)	Armado	Litología
NA-167	231700	483750	0-67 m: Tubería ciega / 67-81 m: Tubería ranurada / Sello sanitario: 0-1,5 m	0-50 m: Ceniza volcánica / 50-70 m: Toba color café / 70-81 m: Toba más gruesa
NA-57	230800	484300	Tubería PVC 6 pulgs Diámetro /0-67 m:Tubería ciega / 67-81 m: Tubería ranurada / Sello sanitario: 1,5 m /	n.d.
NA-182	234700	492050	Diámetro perforación: 165 mm	n.d.
NA-337	237095	482283	El nivel de agua aparece a los 78 m y asciende a 33 m//0-8 m: Sello sanitario concreto/ 0-72 m: Tubería PVC ciega, diámetro 6 pulgadas, SDR-40 / 72-107 m: Tubería ranurada PVC 6 pulgs diámetro / Nivel inicial: 33 m / Nivel final: 60 m / Caudal prueba: 3,0 l/s por 17 horas	0-78 m: Tobas arcillosas color café muy meteorizadas, baja P.A. / 78-92 m: Toba lítica y arenosa con fragmentos de lava / 92-107 m: Lavas fracturadas y meteorizadas, afaníticas, buna P.A.
NA-339	231100	484500	0-80 m: Tubería ciega, 150 mm en PVC / 80-99 m: Tubería ciega PVC 150 mm diámetro / Nivel estático: 46 m	0-45 m: Arcilla marrón (toba meteorizada) / 45-51 m: Toba arenosa gruesa sin arcilla, marrón permeabilidad media / 51-83 m: Toba limosa, color marrón, pocos fragmentos arenosos de lava matriz limosa / 83-91 m: Toba arenosa, similar al tramo 45-51 m / 91-94 m: Toba arcillo limosa, permeabilidad baja / 94-99 m: Toba similar al tramo 45-51

NA-368	232650	484700	0-50 m: Nivel agua a 35 m / 50-60 m: 17 m/ 60-72 m: 20 m// Sello sanitario: 0-10 m // 0-44 m: Tubería ranurada PVC, 6 pulgs diámetro / 44-72 m: Tubería ciega PVC, 6 pulgs / Nivel inicial: 40 m / Nivel final: 47 m / Caudal: 1,4 l/s	0-2 m: Suelo color negro, alta permeabilidad aparente / 2-72 m: Toba color café hasta oscuro, compuesta por ceniza volcánica y otros piroclastos de mayor tamaño
NA-388	232500	485850	0-18 m y 66-68 m: Tubería ciego / 18-66 m y 68-71 m: Tubo ranurado / El nivel de agua se mantuvo a 53 m durante la perforación	0-8 m: Material arcilloso color café, P.A.baja / 8-11 m: Toba arenosa, color café, P.A. baja / 12-42 m: Toba arenosa, color gris, P.A. baja / 42-50 m: Material arcilloso arenoso fino, P.A. regular a baja / 42-50 m: Material arillo arenoso fino / 50-69 m: Toba arenosa color gris, P.A. / 69-71 m: Material tobáceo color gris fino, perm. regular a baja /
NA-449	236000	484250	0-25 m: Material muy meteorizado, arcilloso, características de toba color marrón, matriz con fragmentos de hasta 3 cm / 25-74 m: Toba arenosa grano medio a gureso, deleznable, color marrón oscuro / 74-82 m: Toba arenosa, similar a la anterior, más compacta entre 75 y 82 m // Nivel agua: 64 m y se mantuvo durante perforación	0-2 m: Sello concreto / 0-67 m: Tubería PVC 152 mm diámetro, ciego / 67-82 m: Tubo PVC 152 mm diámetro, ranurado

NA-507	235850	483850	0-70 m: Tubería PVC sin ranurar 6 pulg / 70-107 m: Tubería PVC ranurada 6 pulgadas / Filtro grava de 5 a 107 m	0-3 m: Arcilla color café claro, muy plástica / 3-107 m: Toba color café oscuro, suave, meteorizada en la parte más superficial /
NA-511	232475	482425	0-35 m : Tubería PVC sin ranurar / 8 pulgadas, SRD-26 / / 35-95 m: Tubería PVC ranurada, SDR-26// Sello sanitario: 0-10 m / Grava 10-95 m // N.E.: 51 m // N.D. 70 m // Abatimento: 19 m	0-6 m: Arcilla color café claro muy plástica, maleable / 6-51 m. Toba ovlor café oscuro constituida por ceniza volcánica, meteorizada, P.A. baja a media / 56-68 m: Lava alterada color café oscuro moderada dureza / 68-95 m: Lava color café oscuro, algo oxidada, P.A. alta
NA-520	233800	489250	Nivel agua apareció a 13 m perforación y luego ascendió a 6,20 m // Perforación pozo: 10 pulgs / Armado: 6 plugs / Tubo ciego: 0-19 m, 43-64 m, 98-100 m// Tubería ranurada: 19-43 m, 64-82 m y 82-98 m.	0-13 m: Arcilla / 13-15 m: Toba meteorizada no arcillosa / 15-46 m: Toba poco meteorizada, sana / 46-62 m: Toba muy arcillosa color marrón / 62-90 m: Toba poco meteorizada no arcillosa / 90-100 m: Toba sana color marrón
NA-543	235075	482350	Diámetro perforación: 12,5 pulgs.// Encamizado: 6 plugs. //0-12 m: PVC sin ranurar // 12-57 m: Tubería PVC ranurada, 6 pulgs // Sello sanitario: 0-5 m // N.Inicial: 5 m // Nivel final: 16 m	n.d.

NA-559	232525	481900	Diámetro perforación: 12,5 plugs // Diámetro encamisado: 6 pulgs/ 0-54 m: Tubería PVC sin ranurar / 54-105 m: Tubería ranurada PVC 6 pulgadas // Sello sanitario:0-10 m // Nivel inicial algua: 21 m / Nivel final agua: 87 m	0-20 m: Toba color café oscuro sin aporte de agua al pozo // 20-40 m: Arcilla colro café claro hasta amaerillo, impermeable, sin aporte hídrico al pozo / 40-105 m Tobas color café hasta oscuro, bastante sanas, porosidad secundaria por fracturas
NA-554	232800	482700	Diámetros perforación: 13 pulgs de 0-60 m // 10 pulgs de 60-114 m / Diámetro ademe: 6 pulgadas // 0-54 m. Tubería PVC sin ranurar (ciega(de 6 pulgs) / 54-114 m: Tubería PVC ranurada 6 pulgs // Caudal: 1,8 l/s / N.I.: 62 m / N.D. 67 m	0-114 m: Secuencia de tobas color café claro a oscuro constituidas por granos de ceniza y pómez más o menos sodlados. A partir de los 60 m de profundidad el material se observa más oscuro, sano, mejor soldado
NA-559	232525	481900	Diámetro perforación: 12,5 plugs // Diámetro encamisado: 6 pulgs/ 0-54 m: Tubería PVC sin ranurar / 54-105 m: Tubería ranurada PVC 6 pulgadas // Sello sanitario:0-10 m // Nivel inicial algua: 21 m / Nivel final agua: 87 m	0-20 m: Toba color café oscuro sin aporte de agua al pozo // 20-40 m: Arcilla colro café claro hasta amaerillo, impermeable, sin aporte hídrico al pozo / 40-105 m Tobas color café hasta oscuro, bastante sanas, porosidad secundaria por fracturas

NA-572	233175	482525	0-24 m: Tubería PVC sin ranurar de 6 pulgs diámetro / 24-83 m: Tubería PVC ranurada de 6 pulgadas // Sello sanitario 0-10 m // Nivel inicial: 15 m / Nivel final: 63 m	0-30 m: Arcilla color claro a amarillento formada por ceniza volcánica arcillificada por meteorizaición, baja P.A. / 30-60 m: Toba color blano amarillento formada por ceniza volcánica y piroclastos finos, muy arcillificada / 60-83 m: Lava textura afanítica color blancuzco con fracturas secundarias
NA-587	230950	485250	Diámetro perforación: 10 pulgs/ Pozo armado 6 pulgs. / 0-42 m: Tubería PVC sin ranurar, 6 pulg diámetro // 42-110 m: Tubería PVC ranurada de 6 pulgs, céudla SDR-40 / Sello sanitario: 0-6 m / Nivel inicia: 44 m / Nivel final: 51 m	0-110 m: Tobas constituida por ceniza volcánica y otros piroclastos pequeños / los primeros 45 m altamente metorizados / A partir de 45 m están las tobas más sanas
NA-592	231850	486100	Diámetro perforación: 10 pulgs / Diámetro ademe: 6 pulgs / 0-40 m: Tubería PVC sin ranruar, 6 pulgs diámetro / 40-102 m: Tubería ranurada PVC, 6 pulgs diámetro / sello sanitario: 0-6 m en concreto / Nivel estático: 43 m / Nivel dinámico: 50 m /	0-102: Tobas constituidas por cenizas color café oscuro principalmente. Entre 90 y 98 m se interceptó una capa más porosa.

NA-602	233350	486450	Diámetro perforación: 0-53 m/ 23 pulgs // 53-89 m: 6 pulgs // Tubería encamisado: 0-53 m: 6 pulgs / 53-89 m: 4 pulgs // 0-18 m: Tubería ciega de 6 pulgs., SDR-40 / 18-53 m: Tubería PVC ranurada 6 pulgs, SDR 40 m // 53-65 m / 71-77 m / 83-89 m: Tubería PVC, ranurada, de 4 pulgadas// 65-71 m y 77-83 m: Tubería sin ranurar de 4 pulgadas // Sello sanitario: 10 m // Nivel inicial: 45 m / Nivel final agua: 51 m	0-68 m: Toba café color claro a oscuro con ceniza volcánica y pómez, meteorizada, suave con poco aportel hídirico // 68-89 m: Toba color gris, aspecto arenoso, sana, muy porosa, color gris oscuro
NA-628	231625	486000	Diámetro perforación: 12 pulgs / Encamisado: 8 pulgs/ 0-24 m: Tubería PVC sin ranurar, 8 pulgs diámetro / 24-52 m: Tubería ranurada 8 pulgs / sello sanitario: 0-3 m / Empaque desde 3 m a 52 m / Nivel inicial: 24 m / Nivel final: 30 m	0-24 m: Tubería PVC sin ranurar, 8 pulgs diámetro / 24-52 m: Tubería PVC ranurada, 8 pulgs diámetro
NA-636	235300	482550	Diámetro perforación: 10 pulgadas / Encamisado: 6 pulgadas / 0-15 m: Tubería sin ranurar, 6 pulgadas / 15-62 m: Tubería ranurada 6 pulgadas // Sello sanitario: 0-3 m profundidad // Nivel inicial: 8 m // Nivel final: 15 m	0-6 m: Suelo color café oscuro, con materia orgánica / 6-30 m: Toba constituida por ceniza color café claro sana // 30-36 m: Lava color negro, andesítica, textura afanítica, sana y dura // 36-50 m: Toba color café oscuro, sana, alta porosidad, princiapl aporte agua / 50-62 m: Lava similar entre 30-36 m

NA-647	235150	481925	Diámetros perforación: 12 pulgad de 0-50 m // Perforado 10 pulgadas de 50-70 m // Tubería ranurada de 12 a 70 m en 6 pulgadas / Sello sanitario: 0-7 m // Nivel inicial: 10 m / Nivel final: 33 m	0-3 m: Suelo café oscuro // 3-20 m: Coluvio constituido por fragmentos heterogéneos (andesita) en matriz limo arcillosa / 20-30 m: Toba formada por fragmentos vidrio volcánicos bin soldados / 30-50 m: Riolita color gris verdoso, silicifidada, pocos cristales de plagioclasas, pirita / 50-60 m: Andesita color negro y textura afanítica / 60-70 m: Riolita color café verodoso
NA-664	232815	484845	Profundidad perforación: 17 pulgadas hasta 105 m / Encamisado: 6 pulgadas / 0-33 m: Tubería sin ranurar / 33-105 m: Tubería ranurada // Sello sanitario: 0-10 m	0-2 m: Suelo color café oscuro a negro / 2-94 m: Toba constituida por ceniza volcánica color café claro con tramos arcillosos / 94-105 m Similar tramo anterior, color café grisáceo
NA-686	235545	487005	Variaciones nivel agua: 6 m, NE 6 m / 80 m, NE 15 m / 90 m, NE 10 m// Tubería sin ranurar 6 pulgs diámetro 0-54 m / 81-90 m // Tubería ranurada 6 pulgs: 54-81 m / Filtro grava: 7-90 m// Nivel inicial: 10 m / Nivel final: 59 m	0-1 m: Suelo color café, textura limo arcillosa / 1-90 m: Tobas constituidas por fragmentos líticos constituidos por andesitas, vidrio, pómez y minerales /

NA-782	234200	482434	No se observaron cambios significativos en el nivel del agua, éste apareció en 30 m / Sello sanitario 0-10 m // Tubería plástica de 0 a 30 m / 10-95 m: Tubería ranurada 6 pulgadas diámetro // Pozo perforado en 12 pulgadas de 0 a 92 m // N. E.: 30 m // N.D.: 45 m	0-65 m: Toba constituida por fragmentos líticos y minerales bien cementos en matriz de ceniza fina color café oscuro ligeramente arcillosa con baja P.A. / 65-90 m: Lava textura afanítica ligerametne porfirítica con fenecristales de plagioclasas y piríboles
NA-796	234093	483344	No se dieron variaciones en nivel del agua, la cual permaneció a 40 m / Sello sanitario: 0-6 m / Tubería PVC sin ranurar: 0-30 m 6 pulgs diámetro SDR-26 / 30-80 m: Tubería PVC ranurada de 6 pulgadas diámetro SDR-26 / Filtro grava: 6-80 m / Diámetro peroración: 12 pulgadas / N. Estático: 40 m / N.Dinámico: 41 m	0-8 m: Arcilla color café claro, plástica / 9-40 m: Toba constituida por fragmentos líticos, minerales y pómez cementados en matriz ceniza fina a media color café claro / 40-80 m: Lava de composición andesítica color gris oscuro y textura porfirítica con fenocristlaes de plagioclases y piríboles, sana, dura y algo fracurada
NA-810	234093	483344	Durante la perforación el nivel de agua se mantuvo a 27 m //Sello sanitario: 0-10 m / 0-27 m: Tubería plástica sin ranurar, 6 pulgs diámetro / 27-65 m: Tubería plástica ranurada de 6 pulgs diámetro / Filtro grava: 10-65 m / Perforado en 12 pulgs de 0-65 m / Nivel inicial: 27 m / Nivel final: 48 m	0-65 m: Toba constituida por fragmentos líticos y minerales en matriz de dceniza fina a media / Entre 52 y 65 m se encuentra más dura

NA-840	231764	485673	No se observaron variaciones en el agua durante perforación / 0-10 m: Sello sanitario concreto / 0-25 m: Tubería plástica sin ranurar 6 pulgs diámetro / 25-100 m: Tubería plástica ranurada con 6 pulgs diámetro / diámetro perforación: 10 pulgs de 70-100 m / 0-70 m: 12 pulgs	0-17 m: Toba suelo grano fino color café oscuro casi negro, ligeramente arcilloso / 17-100 m: Toba constituida por minerales y peuqeños fragmentos líticos, relativmanete suave
NA-842	231510	485015	El nivel de agua se mantuvo a los 37 m durante la perforación/ sello sanitario de 0 a 5 m / Tubería sin ranruar de 0-36 m / Agujero perforación en 11 pulgs / Filtro grava de 3-60 m / Tubería pla´stica ranurada 6 pulgs de 36-60 m / N. Inicial: 37 m / Nivel final: 40 m	0-60 m: Tobas constituidas por minerlaes y pequeños framentos líticos cementados en una matriz café claro
NA-859	236737	491821	Durante la perforación el agua se mantuvo a 52 m de profundidad / 0-11 m: Sello sanitario / 0-51 m: Tubería plástica sin ranurar 6 pulgs diámetro / 0-100 m: 12 pulgadas de diámetro perforación / 11-100 m: filtro grava / 51-100 m: Tubería plástica ranurada de 6 pulgs diámetro	0-29 m: Toba de granulometría fina y color café, alterada hasta los 15 m / 29-34 m: Lava andesítica ligeramente porfirítica y oxidada, algo fracturada / 34-46 m: Toba constituida por pómez de color blanco amarillento / 46-85 m: Toba similar tramo 0-29 m / 85-100 m: Toba de granulometría fina y color café con baja P.A.

NA-844	232227	482602	Durante la perforación no hay variaciones en la profundiad del agua, ésta se mantuvo en 21 m / Sello sanitario: 0-10 m / Tubería sin ranurar de 6 pulgadas de 0-21 m / Tubería ranurada de 6 pulgadas de 21-72 m / Filtro grava de 10-72 m / Pozo perforado en 12 pulgadas / N. INicial: 21 m / N. Final: 28 m	0-38 m: Toba constituida por ceniza fina color café, relativamente sana con moderada porosidad y permeabiildad aparentes / 38-72 m: Toba conformada por ceniza media color café con aspecto arenoso, sana y con alta porosidad y permeabilidad aparentes
NA-864	236173	482895	Durante la perforación el agua se mantuvo a 41 m/ Sello sanitario: 0-12 m / Tubería plástica sin ranurar de 6 pulgadas diámetro y cédula SDR-40 de 0-42 m / Agujero de la perforación: 12 pulgadas de 0-86 m / Filtro de grava 12-86 m / Tubería plástica ranurada de 42 a 86 m / N. Inicial: 41 m / N. Final: 76 m	0-45 m: Toba de granulometría fina, parcialmente alterada con baja P.A. / 45-75 m: Lava andesítica ligeramente porfirítica, bastatnte oxidada, con moderada P.A., alta porosidad por fracturas / 74-86 m: Lava afanítica, negra, sana, dura, sin fracturación con baja porosidad y permeabilidad
NA-881	233988	481938	El nivel de agua se mantiene a 65 m / Diámetro perforación: 12 pulgs / Tubería PVC ciega en 6 pulgs: 0-70 m / Tubería PVC ranurada 6 pulgs 70-105 m / N. Inicial: 65 m / N. Final: 75 m	0-60 m: Toba lítica fina con alto contenido de arcillas color café claro a beige, con cristales alterados de plagioclasa y máficos / 60-90 m: Tobas alteradas con bloques de lava color negro, textura arenosa y color café oscuro / 90-105 m: Arcillas color amarillo de B.P. aparente

NA-908	235318	482218	No se observaron variaciones en los niveles de agua, se mantuvo a 12 m / Sello sanitario de 0 a 4 m / Tubería plástica sin ranurar de 0-12 m / Agujero de 12 pulgdas de 0-67 m / Tubería plástica ranurada de 6 pulgs de 12-67 m // Transmisividad: 5,65 m2/día	0-16 m: Toba granulometría fina, color café, baja P.A. / 16-20 m: Aluvión fino constituido por limos, arenes sin cementar con alta P.A. / 20-50 m: toba con minerales pequeños y framentados bin soldados con P.A: moderada / 50-67 m: Toba con minerales y framentos líticos soldados en matriz fina color negro, sana, baja P.A.
NA-917	235696	488125	0-10 m: Sello concreto / Tubería PVC ciega, 6 pulgs de 0-65 m / Tubería PVC ranurada de 65 82 m	0-5 m: Suelo por alteración de tobas, textura arenosa / 5-25 m: Toba arenosa color negro café sin arcilla / 25-51 m: Relleno lacustre arcilla color verdoso gris / 51-54 m: Toba arcillosa con arena, granos color blanco y pómez / 54-70 m: Toba gris verdosa arcillosa poca arena/70-82 m: No hay muestra
NA-957	232268	484910	Sello sanitario de 0-6 m / Tubería ciega 6 pulgs, SDR-26 de 0-32 m y 62-81 m / Tubería ranurada 31-62 m y 81-95 m / Diámetro perforación: 14 pulgs de 0-95 m	0-5 m: Suelo orgánico color café / 5-22 m: Arcilla color café / 22-34 m: tobas color blanco / 40-49 m: Tobas plasticidad alta color café / 49-52 m: Lapillis color blanco / 52-94 m: Tobas color caf´fe claro. A partir de los 80 m idem anterior con fragmentos líticos

QA-3	240450	492600	Nivel estático: 13,15 m / Tubería ranurada de 54 a 72 m	n.d.
QA-11	240750	240100	0-75 m: Perforado en 12 pulgs / Ademe: 6 pulgs / Tubería sin ranurar de 0-10 m / Tubería ranurada de 24-72 m / Sello sanitario de 0 a 8 m / Nivel inicial: 21 m / Nivel final: 93 m	0-10 m: Limo arenoso / 10-16 m: Arena media a gruesa con fragmentos subredondeados / 16-24 m: Arena con matriz arcillosa / 24-55 m: Arena fina a gruesa, fragmentos / 55-60 m: Arilla y arenas / 60-72 m: Lava gris claro
QA-17	238925	492825	0-10 m: Tubería sin ranurar / 10-100 m: Tubería ranurada 6 pulgs	0-10 m: Suelo color café oscuro / 10-40 m: Toba con fragmentos menores a 2 mm líticos / 40-60 m: Toba con fragmentos andesíticos de hasta 5 cm diámetros bien cementados por matriz arcillosa con más del 75% matriz / 60-100 m: Lava e ignimbritas color negro, relativamente sanas
QA-23	242801	497033	Nivel donde aparece el agua: 26 m / 0-10 m: Sello sanitario / Tubería ranurada de 6 pulgs 10-82 m / 0-10 m: Tubería ciega de 6 pulgs	0-5 m: Suelo arcilloso arenoso / 5-82 m: Alternancia tobas arenosas los primeros 25 m color gris a café, buena porosidad y permeablidad aparente buena

Anexo 10. Porosidad-Geosoluciones

Geosoluciones Civiles	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 3.1 VOLIO
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD =	Ws	Ws =	430
	Vt	Vt =	320

γD = 1,34375

n = 1 - (γD / G γW)	n =	0,50231481

% POROSIDAD =	50,23 %
% POROSIDAD EFECTIVA =	40,19 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 2.1 VOLIO
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD =	Ws	Ws =	410
	Vt	Vt =	370

γD = 1,10810811

n = 1 - (γD / G γW)	n =	0,58958959

% POROSIDAD =	58,96 %
% POROSIDAD EFECTIVA=	47,17 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 2.2 LA
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD =	Ws	Ws =	450
	Vt	Vt =	290

γD = 1,55172414

n = 1 - (γD / G γW)	n =	0,42528736

% POROSIDAD =	42,53 %
% POROSIDAD EFECTIVA=	34,02 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 1.1 BZ
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD =	Ws	Ws =	400
	Vt	Vt =	300

γD = 1,33333333

n = 1 - (γD / G γW)	n =	0,50617284

% POROSIDAD =	50,62 %
% POROSIDAD EFECTIVA =	40,49 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 1.2 VOLIO
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD =	Ws	Ws =	460
	Vt	Vt =	390

γD = 1,17948718

n = 1 - (γD / G γW)	n =	0,5631529

% POROSIDAD =	56,32 %
% POROSIDAD EFECTIVA=	45,05 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 4.1 VOLIO
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD =	Ws	Ws =	440
	Vt	Vt =	340

γD = 1,29411765

n = 1 - (γD / G γW)	n =	0,52069717

% POROSIDAD =	52,07 %
% POROSIDAD EFECTIVA=	41,66 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 5.2 VOLIO
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD =	Ws	Ws =	440
	Vt	Vt =	310

γD = 1,41935484

n = 1 - (γD / G γW)	n =	0,47431302

% POROSIDAD =	47,43 %
% POROSIDAD EFECTIVA=	37,95 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 1.1 LA
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD = Ws / Vt

Ws =	445
Vt =	310

γD = 1,43548387

n = 1 - (γD / G γW) n = 0,46833931

% POROSIDAD =	46,83 %
% POROSIDAD EFECTIVA =	37,47 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 3.2 VOLIO
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD = Ws / Vt

Ws =	400
Vt =	280

γD = 1,42857143

n = 1 - (γD / G γW) n = 0,47089947

% POROSIDAD =	47,09 %
% POROSIDAD EFECTIVA=	37,67 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

Geosoluciones Civiles	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 2.1 LA
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

$$\gamma D = \frac{Ws}{Vt}$$

Ws =	430
Vt =	300

γD = 1,43333333

n = 1 - (γD / G γW) n = 0,4691358

% POROSIDAD =	46,91 %
% POROSIDAD EFECTIVA=	37,53 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 1.2 BZ
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD =	Ws	Ws =	410
	Vt	Vt =	320

γD = 1,28125

n = 1 - (γD / G γW)	n =	0,52546296

% POROSIDAD =	52,55 %
% POROSIDAD EFECTIVA =	42,04 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 2.1 BZ
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD = Ws / Vt

Ws =	450
Vt =	360

γD = 1,25

n = 1 - (γD / G γW) n = 0,53703704

% POROSIDAD =	53,70 %
% POROSIDAD EFECTIVA=	42,96 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 4.2 VOLIO
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD = Ws / Vt

Ws =	430
Vt =	370

γD = 1,16216216

n = 1 - (γD / G γW) n = 0,56956957

% POROSIDAD =	56,96 %
% POROSIDAD EFECTIVA=	45,57 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 1.1 VOLIO
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD = Ws / Vt

Ws =	400
Vt =	315

γD = 1,26984127

n = 1 - (γD / G γW) n = 0,52968842

% POROSIDAD =	52,97 %
% POROSIDAD EFECTIVA =	42,38 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 2.2 BZ
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD =	Ws	Ws =	356
	Vt	Vt =	220

γD = 1,61818182

n = 1 - (γD / G γW)	n =	0,4006734

% POROSIDAD =	40,07 %
% POROSIDAD EFECTIVA=	32,05 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 1 MS
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD = Ws / Vt

Ws =	390
Vt =	250

γD = 1,56

n = 1 - (γD / G γW) n = 0,42222222

% POROSIDAD =	42,22 %
% POROSIDAD EFECTIVA=	33,78 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 1.2 LA
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD = Ws / Vt

Ws =	440
Vt =	310

γD = 1,41935484

n = 1 - (γD / G γW) n = 0,47431302

% POROSIDAD =	47,43 %
% POROSIDAD EFECTIVA =	37,95 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

Geosoluciones Civiles	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 3.2 LA
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

$$\gamma D = \frac{Ws}{Vt}$$

Ws =	400
Vt =	270

γD = 1,48148148

n = 1 - (γD / G γW) n = 0,45130316

% POROSIDAD =	45,13 %
% POROSIDAD EFECTIVA=	36,10 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

GEOSOLUCIONES CIVILES	GEOSOLUCIONES CIVILES V&A DE CENTRO AMERICA S.A. Centro de Asesoría Geotécnica y Ambiental Costa Rica, Centroamérica

Geosoluciones Civiles

Ubicación:	Barranca - La Paz
Proyecto:	Barranca - La Paz
Cliente:	Hidrogeotecnia Ltda.
Muestra:	NAC 5.1 VOLIO
Profundidad	-
Descripción:	Suelo arcilloso color café
Fecha:	feb-15

γD =	PESO ESPECIFICO SECO =	WS/VT	(gr / cm3)
Ws =	PESO SECO (gr)		
Vt =	VOLUMEN TOTAL, (cm3)		

γW =	PESO ESPECIFICO AGUA =	1	g/cm3

G =	3,5	Rocas
	2,7	Arcillas

n = 1 - (γD / G γW) **Porosidad**

γD = Ws / Vt

Ws =	440
Vt =	360

γD = 1,22222222

n = 1 - (γD / G γW) n = 0,5473251

% POROSIDAD =	54,73 %
% POROSIDAD EFECTIVA=	43,79 %

Ing. Lic. Alexander Molina Villalobos, M.B.A. M.Sc.
Ingeniero Civil Geotecnista. Administrador de Empresas.
Máster en Gerencia General. Máster en Ingeniería Ambiental.
Registro SETENA: CI-058-99. Registro CFIA: IC-7650. Registro CPCECR: 024276.

FIRMA

Anexo 11. Pruebas de contaminación por agroquímicos

CHEMLABS
Servicios de Análisis Ambientales

CHEM-ID-0776-2015

INFORME DE RESULTADOS

CHEM-FPT-015B

Version 15

Laboratorio ACREDITADO
INTE-ISO/IEC 17025:2005

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	**CHEM-PT-018-**
Contacto:	**Andrés Lazo**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-0776-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**27-mar-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**27-mar-15**
e-mail:	**andres.lazo@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**17-abr-15**
Tipo de Análisis	**Residuos de Plaguicidas**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Nac 1 BZ**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
1	*	Cyhalothrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
1		Sulfotep	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
1	*	2,4,5-T	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	2,4-D	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	2,4-DB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Acebinzolar-S-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Alaclor	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Aldicarb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
1	*	Aldrin	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Ametrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Atrazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Azinfos-etil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Azinfos-metil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Azoxistrobin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1		Baytroid	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Benomil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Bentazon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Bifentrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Bitertanol	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Bromacil	ug/L	N.D.	0,001	0,005	0,008	CHEM-PT-023	EPA
1		Bromofos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Captan	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Carbaril	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
1	*	Carbofuran	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
1	*	Chlordane	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Cianazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
1		Cimoxanil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1		Ciromasina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Cis-clordano	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

INFORME DE RESULTADOS

CHEM-FPT-015B

Version 15

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
1	*	Clorfenvinfos(e)	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Clorotalonil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Clorpirifos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Clorpirifos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Coumafos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Crotoxifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Dalapon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1		Decaclorobifenilo	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1		DEF 6	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Demeton	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Desmetrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Diazinon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1		Dibrom	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1		Dicamba	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Diclofention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Dicloroprop	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Diclorvos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Dicofol	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Dieldrin	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Dimetoato	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
1		Dinoseb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
1	*	Disulfoton	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Diuron	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Endosulfan I	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Endosulfan II	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Endosulfan Sulfato	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Endrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1		Endrin-Aldehido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1		Endrin-Cetona	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	EPN	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Espinosad	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Etefon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Etion	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Etoprofos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1		Famphur	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Fenamifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Fenpropimorf	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Fensulfotion	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Fention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1		Fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Forato	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
1		Fosdrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Fosetil-Al	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Fosmet	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Glifosato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Heptacloro	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
1	*	Heptacloro Epoxido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Hexaclorobenzeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Hexaconazol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Hidrametilnona	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Imazalil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Imidaclorprid	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-021	PAM-301
1		Isodrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1		Ketonexide	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1		Leptofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Lindano	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Naled	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Oxamil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
1		Oxidemeton-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Oxifluorfen	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	p,p'-DDD	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	p,p'-DDE	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
1	*	p,p-DDT	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Paraquat	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Paration	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	PCP	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Permetrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Piraclostrobin	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Pirimetanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Pirimifos-etil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Pirimifos-metil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Procloraz	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Propanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Propiconazol 1	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Quizalofop P etil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Ronel	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
1		Silvex	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Sulprofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
1		Tau-fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	TCMTB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1		Tebufenozide	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
1		Teflutrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
1	*	Terbufos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Terbutilazina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1		Tetracloro-m-xileno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Tetraclorvinfos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Tiabendazol	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-023	EPA
1		Tiofanato-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Toxafeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Trans-clordano	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Triadimefon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Triadimenol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
1		Tributilfosfato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
1	*	Triclorfon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA

A: * Ensayo Acreditado, (Sin *) Ensayo No Acreditado, alcance www.eca.or.cr

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUIMICOS DE COSTA RICA
CQCR
Licenciado Química
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

INFORME DE RESULTADOS

CHEM-FPT-015B

Version 15

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	**CHEM-PT-018-**
Contacto:	**Andrés Lazo**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-0777-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**27-mar-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**27-mar-15**
e-mail:	**andres.lazo@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**17-abr-15**
Tipo de Análisis	**Residuos de Plaguicidas**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Nac 2 BZ**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
2	*	Cyhalothrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
2		Sulfotep	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
2	*	2,4,5-T	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	2,4-D	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	2,4-DB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Acebinzolar-S-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Alaclor	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Aldicarb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
2	*	Aldrin	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Ametrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Atrazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Azinfos-etil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Azinfos-metil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Azoxistrobin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2		Baytroid	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Benomil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Bentazon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Bifentrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Bitertanol	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Bromacil	ug/L	N.D.	0,001	0,005	0,008	CHEM-PT-023	EPA
2		Bromofos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Captan	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Carbaril	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
2	*	Carbofuran	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
2	*	Chlordane	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Cianazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
2		Cimoxanil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2		Ciromasina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Cis-clordano	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
2	*	Clorfenvinfos(e)	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Clorotalonil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Clorpirifos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Clorpirifos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Coumafos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Crotoxifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Dalapon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2		Decaclorobifenilo	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2		DEF 6	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Demeton	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Desmetrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Diazinon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2		Dibrom	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2		Dicamba	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Diclofention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Dicloroprop	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Diclorvos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Dicofol	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Dieldrin	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Dimetoato	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
2		Dinoseb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
2	*	Disulfoton	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Diuron	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Endosulfan I	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Endosulfan II	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Endosulfan Sulfato	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Endrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2		Endrin-Aldehido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2		Endrin-Cetona	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	EPN	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Espinosad	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Etefon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Etion	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Etoprofos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2		Famphur	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Fenamifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Fenpropimorf	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Fensulfotion	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Fention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2		Fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Forato	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
2		Fosdrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Fosetil-Al	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Fosmet	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Glifosato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Heptacloro	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
2	*	Heptacloro Epoxido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Hexaclorobenzeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Hexaconazol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Hidrametilnona	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Imazalil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Imidaclorprid	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-021	PAM-301
2		Isodrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2		Ketonexide	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2		Leptofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Lindano	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Naled	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Oxamil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
2		Oxidemeton-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Oxifluorfen	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	p,p'-DDD	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	p,p'-DDE	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
2	*	p,p-DDT	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Paraquat	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Paration	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	PCP	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Permetrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Piraclostrobin	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Pirimetanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Pirimifos-etil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Pirimifos-metil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Procloraz	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Propanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Propiconazol 1	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Quizalofop P etil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Ronel	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
2		Silvex	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Sulprofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
2		Tau-fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	TCMTB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2		Tebufenozide	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
2		Teflutrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
2	*	Terbufos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Terbutilazina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2		Tetracloro-m-xileno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Tetraclorvinfos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Tiabendazol	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-023	EPA
2		Tiofanato-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Toxafeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Trans-clordano	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Triadimefon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Triadimenol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
2		Tributilfosfato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
2	*	Triclorfon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA

A: * Ensayo Acreditado, (Sin *) Ensayo No Acreditado, alcance www.eca.or.cr

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUIMICOS DE COSTA RICA
CQCR
Licenciado Química
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	**CHEM-PT-018-**
Contacto:	**Andrés Lazo**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-0778-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**27-mar-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**27-mar-15**
e-mail:	**andres.lazo@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**17-abr-15**
Tipo de Análisis	**Residuos de Plaguicidas**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Nac 1 LA**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
3	*	Cyhalothrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
3		Sulfotep	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
3	*	2,4,5-T	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	2,4-D	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	2,4-DB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Acebinzolar-S-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Alaclor	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Aldicarb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
3	*	Aldrin	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Ametrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Atrazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Azinfos-etil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Azinfos-metil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Azoxistrobin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3		Baytroid	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Benomil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Bentazon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Bifentrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Bitertanol	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Bromacil	ug/L	N.D.	0,001	0,005	0,008	CHEM-PT-023	EPA
3		Bromofos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Captan	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Carbaril	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
3	*	Carbofuran	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
3	*	Chlordane	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Cianazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
3		Cimoxanil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3		Ciromasina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Cis-clordano	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
3	*	Clorfenvinfos(e)	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Clorotalonil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Clorpirifos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Clorpirifos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Coumafos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Crotoxifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Dalapon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3		Decaclorobifenilo	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3		DEF 6	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Demeton	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Desmetrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Diazinon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3		Dibrom	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3		Dicamba	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Diclofention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Dicloroprop	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Diclorvos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Dicofol	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Dieldrin	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Dimetoato	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
3		Dinoseb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
3	*	Disulfoton	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Diuron	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Endosulfan I	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Endosulfan II	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Endosulfan Sulfato	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Endrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3		Endrin-Aldehido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3		Endrin-Cetona	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	EPN	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Espinosad	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Etefon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Etion	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Etoprofos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3		Famphur	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Fenamifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Fenpropimorf	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Fensulfotion	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Fention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3		Fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Forato	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
3		Fosdrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Fosetil-Al	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Fosmet	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Glifosato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Heptacloro	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
3	*	Heptacloro Epoxido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Hexaclorobenzeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Hexaconazol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Hidrametilnona	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Imazalil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Imidaclorprid	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-021	PAM-301
3		Isodrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3		Ketonexide	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3		Leptofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Lindano	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Naled	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Oxamil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
3		Oxidemeton-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Oxifluorfen	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	p,p'-DDD	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	p,p'-DDE	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
3	*	p,p-DDT	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Paraquat	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Paration	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	PCP	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Permetrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Piraclostrobin	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Pirimetanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Pirimifos-etil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Pirimifos-metil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Procloraz	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Propanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Propiconazol 1	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Quizalofop P etil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Ronel	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
3		Silvex	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Sulprofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
3		Tau-fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	TCMTB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3		Tebufenozide	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
3		Teflutrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
3	*	Terbufos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Terbutilazina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3		Tetracloro-m-xileno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Tetraclorvinfos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Tiabendazol	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-023	EPA
3		Tiofanato-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Toxafeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Trans-clordano	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Triadimefon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Triadimenol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
3		Tributilfosfato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
3	*	Triclorfon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA

A: * Ensayo Acreditado, (Sin *) Ensayo No Acreditado, alcance www.eca.or.cr
INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza
LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado
LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado
N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio
Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUIMICOS DE COSTA RICA
CQCR
Licenciado Química
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	**CHEM-PT-018-**
Contacto:	**Andrés Lazo**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-0779-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**27-mar-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**27-mar-15**
e-mail:	**andres.lazo@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**17-abr-15**
Tipo de Análisis	**Residuos de Plaguicidas**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Nac 2 LA**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
4	*	Cyhalothrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
4		Sulfotep	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
4	*	2,4,5-T	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	2,4-D	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	2,4-DB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Acebinzolar-S-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Alaclor	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Aldicarb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
4	*	Aldrin	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Ametrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Atrazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Azinfos-etil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Azinfos-metil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Azoxistrobin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4		Baytroid	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Benomil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Bentazon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Bifentrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Bitertanol	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Bromacil	ug/L	N.D.	0,001	0,005	0,008	CHEM-PT-023	EPA
4		Bromofos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Captan	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Carbaril	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
4	*	Carbofuran	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
4	*	Chlordane	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Cianazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
4		Cimoxanil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4		Ciromasina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Cis-clordano	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
4	*	Clorfenvinfos(e)	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Clorotalonil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Clorpirifos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Clorpirifos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Coumafos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Crotoxifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Dalapon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4		Decaclorobifenilo	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4		DEF 6	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Demeton	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Desmetrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Diazinon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4		Dibrom	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4		Dicamba	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Diclofention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Dicloroprop	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Diclorvos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Dicofol	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Dieldrin	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Dimetoato	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
4		Dinoseb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
4	*	Disulfoton	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Diuron	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Endosulfan I	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Endosulfan II	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Endosulfan Sulfato	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Endrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4		Endrin-Aldehido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4		Endrin-Cetona	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	EPN	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Espinosad	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Etefon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Etion	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Etoprofos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4		Famphur	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Fenamifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Fenpropimorf	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Fensulfotion	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Fention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4		Fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Forato	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
4		Fosdrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Fosetil-Al	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Fosmet	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Glifosato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Heptacloro	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
4	*	Heptacloro Epoxido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Hexaclorobenzeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Hexaconazol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Hidrametilnona	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Imazalil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Imidaclorprid	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-021	PAM-301
4		Isodrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4		Ketonexide	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4		Leptofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Lindano	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Naled	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Oxamil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
4		Oxidemeton-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Oxifluorfen	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	p,p'-DDD	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	p,p'-DDE	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
4	*	p,p-DDT	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Paraquat	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Paration	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	PCP	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Permetrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Piraclostrobin	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Pirimetanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Pirimifos-etil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Pirimifos-metil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Procloraz	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Propanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Propiconazol 1	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Quizalofop P etil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Ronel	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
4		Silvex	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Sulprofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
4		Tau-fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	TCMTB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4		Tebufenozide	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
4		Teflutrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
4	*	Terbufos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Terbutilazina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4		Tetracloro-m-xileno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Tetraclorvinfos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Tiabendazol	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-023	EPA
4		Tiofanato-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Toxafeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Trans-clordano	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Triadimefon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Triadimenol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
4		Tributilfosfato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
4	*	Triclorfon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA

A: * Ensayo Acreditado, (Sin *) Ensayo No Acreditado, alcance www.eca.or.cr
INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza
LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado
LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado
N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio
Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUIMICOS DE COSTA RICA
CQCR
Licenciado Química
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	**CHEM-PT-018-**
Contacto:	**Andrés Lazo**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-0780-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**27-mar-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**27-mar-15**
e-mail:	**andres.lazo@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**17-abr-15**
Tipo de Análisis	**Residuos de Plaguicidas**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Nac 3 LA**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
5	*	Cyhalothrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
5		Sulfotep	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
5	*	2,4,5-T	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	2,4-D	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	2,4-DB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Acebinzolar-S-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Alaclor	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Aldicarb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
5	*	Aldrin	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Ametrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Atrazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Azinfos-etil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Azinfos-metil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Azoxistrobin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5		Baytroid	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Benomil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Bentazon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Bifentrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Bitertanol	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Bromacil	ug/L	N.D.	0,001	0,005	0,008	CHEM-PT-023	EPA
5		Bromofos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Captan	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Carbaril	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
5	*	Carbofuran	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
5	*	Chlordane	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Cianazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
5		Cimoxanil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5		Ciromasina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Cis-clordano	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
5	*	Clorfenvinfos(e)	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Clorotalonil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Clorpirifos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Clorpirifos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Coumafos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Crotoxifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Dalapon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5		Decaclorobifenilo	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5		DEF 6	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Demeton	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Desmetrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Diazinon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5		Dibrom	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5		Dicamba	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Diclofention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Dicloroprop	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Diclorvos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Dicofol	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Dieldrin	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Dimetoato	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
5		Dinoseb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
5	*	Disulfoton	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Diuron	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Endosulfan I	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Endosulfan II	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Endosulfan Sulfato	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Endrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5		Endrin-Aldehido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5		Endrin-Cetona	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	EPN	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Espinosad	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Etefon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Etion	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Etoprofos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5		Famphur	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Fenamifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Fenpropimorf	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Fensulfotion	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Fention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5		Fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Forato	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
5		Fosdrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Fosetil-Al	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Fosmet	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Glifosato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Heptacloro	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
5	*	Heptacloro Epoxido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Hexaclorobenzeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Hexaconazol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Hidrametilnona	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Imazalil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Imidaclorprid	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-021	PAM-301
5		Isodrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5		Ketonexide	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5		Leptofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Lindano	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Naled	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Oxamil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
5		Oxidemeton-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Oxifluorfen	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	p,p'-DDD	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	p,p'-DDE	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
5	*	p,p-DDT	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Paraquat	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Paration	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	PCP	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Permetrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Piraclostrobin	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Pirimetanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Pirimifos-etil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Pirimifos-metil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Procloraz	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Propanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Propiconazol 1	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Quizalofop P etil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Ronel	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
5		Silvex	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Sulprofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
5		Tau-fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	TCMTB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5		Tebufenozide	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
5		Teflutrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
5	*	Terbufos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Terbutilazina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5		Tetracloro-m-xileno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Tetraclorvinfos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Tiabendazol	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-023	EPA
5		Tiofanato-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Toxafeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Trans-clordano	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Triadimefon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Triadimenol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
5		Tributilfosfato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
5	*	Triclorfon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA

A: * Ensayo Acreditado, (Sin *) Ensayo No Acreditado, alcance www.eca.or.cr
INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza
LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado
LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado
N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio
Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUIMICOS DE COSTA RICA
CQCR
Licenciado Química
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	**CHEM-PT-018-**
Contacto:	**Andrés Lazo**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-0781-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**27-mar-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**27-mar-15**
e-mail:	**andres.lazo@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**17-abr-15**
Tipo de Análisis	**Residuos de Plaguicidas**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Nac 1 Volio**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
6	*	Cyhalothrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
6		Sulfotep	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
6	*	2,4,5-T	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	2,4-D	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	2,4-DB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Acebinzolar-S-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Alaclor	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Aldicarb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
6	*	Aldrin	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Ametrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Atrazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Azinfos-etil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Azinfos-metil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Azoxistrobin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6		Baytroid	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Benomil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Bentazon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Bifentrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Bitertanol	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Bromacil	ug/L	N.D.	0,001	0,005	0,008	CHEM-PT-023	EPA
6		Bromofos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Captan	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Carbaril	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
6	*	Carbofuran	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
6	*	Chlordane	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Cianazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
6		Cimoxanil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6		Ciromasina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Cis-clordano	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
6	*	Clorfenvinfos(e)	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Clorotalonil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Clorpirifos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Clorpirifos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Coumafos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Crotoxifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Dalapon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6		Decaclorobifenilo	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6		DEF 6	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Demeton	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Desmetrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Diazinon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6		Dibrom	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6		Dicamba	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Diclofention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Dicloroprop	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Diclorvos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Dicofol	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Dieldrin	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Dimetoato	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
6		Dinoseb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
6	*	Disulfoton	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Diuron	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Endosulfan I	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Endosulfan II	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Endosulfan Sulfato	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Endrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6		Endrin-Aldehido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6		Endrin-Cetona	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	EPN	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Espinosad	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Etefon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Etion	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Etoprofos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6		Famphur	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Fenamifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Fenpropimorf	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Fensulfotion	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Fention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6		Fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Forato	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
6		Fosdrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Fosetil-Al	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Fosmet	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Glifosato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Heptacloro	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
6	*	Heptacloro Epoxido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Hexaclorobenzeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Hexaconazol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Hidrametilnona	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Imazalil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Imidaclorprid	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-021	PAM-301
6		Isodrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6		Ketonexide	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6		Leptofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Lindano	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Naled	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Oxamil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
6		Oxidemeton-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Oxifluorfen	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	p,p'-DDD	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	p,p'-DDE	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
6	*	p,p-DDT	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Paraquat	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Paration	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	PCP	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Permetrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Piraclostrobin	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Pirimetanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Pirimifos-etil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Pirimifos-metil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Procloraz	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Propanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Propiconazol 1	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Quizalofop P etil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Ronel	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
6		Silvex	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Sulprofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
6		Tau-fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	TCMTB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6		Tebufenozide	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
6		Teflutrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
6	*	Terbufos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Terbutilazina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6		Tetracloro-m-xileno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Tetraclorvinfos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Tiabendazol	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-023	EPA
6		Tiofanato-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Toxafeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Trans-clordano	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Triadimefon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Triadimenol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
6		Tributilfosfato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
6	*	Triclorfon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA

A: * Ensayo Acreditado, (Sin *) Ensayo No Acreditado, alcance www.eca.or.cr
INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza
LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado
LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado
N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio
Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUIMICOS DE COSTA RICA
CQCR
Licenciado Química
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	**CHEM-PT-018-**
Contacto:	**Andrés Lazo**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-0782-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**27-mar-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**27-mar-15**
e-mail:	**andres.lazo@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**17-abr-15**
Tipo de Análisis	**Residuos de Plaguicidas**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Nac 2 Volio**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
7	*	Cyhalothrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
7		Sulfotep	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
7	*	2,4,5-T	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	2,4-D	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	2,4-DB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Acebinzolar-S-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Alaclor	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Aldicarb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
7	*	Aldrin	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Ametrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Atrazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Azinfos-etil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Azinfos-metil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Azoxistrobin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7		Baytroid	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Benomil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Bentazon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Bifentrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Bitertanol	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Bromacil	ug/L	N.D.	0,001	0,005	0,008	CHEM-PT-023	EPA
7		Bromofos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Captan	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Carbaril	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
7	*	Carbofuran	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
7	*	Chlordane	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Cianazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
7		Cimoxanil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7		Ciromasina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Cis-clordano	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
7	*	Clorfenvinfos(e)	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Clorotalonil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Clorpirifos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Clorpirifos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Coumafos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Crotoxifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Dalapon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7		Decaclorobifenilo	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7		DEF 6	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Demeton	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Desmetrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Diazinon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7		Dibrom	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7		Dicamba	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Diclofention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Dicloroprop	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Diclorvos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Dicofol	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Dieldrin	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Dimetoato	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
7		Dinoseb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
7	*	Disulfoton	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Diuron	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Endosulfan I	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Endosulfan II	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Endosulfan Sulfato	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Endrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7		Endrin-Aldehido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7		Endrin-Cetona	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	EPN	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Espinosad	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Etefon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Etion	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Etoprofos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7		Famphur	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Fenamifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Fenpropimorf	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Fensulfotion	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Fention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7		Fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Forato	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
7		Fosdrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Fosetil-Al	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Fosmet	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Glifosato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Heptacloro	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
7	*	Heptacloro Epoxido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Hexaclorobenzeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Hexaconazol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Hidrametilnona	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Imazalil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Imidaclorprid	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-021	PAM-301
7		Isodrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7		Ketonexide	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7		Leptofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Lindano	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Naled	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Oxamil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
7		Oxidemeton-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Oxifluorfen	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	p,p'-DDD	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	p,p'-DDE	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
7	*	p,p-DDT	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Paraquat	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Paration	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	PCP	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Permetrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Piraclostrobin	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Pirimetanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Pirimifos-etil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Pirimifos-metil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Procloraz	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Propanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Propiconazol 1	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Quizalofop P etil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Ronel	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
7		Silvex	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Sulprofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
7		Tau-fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	TCMTB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7		Tebufenozide	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
7		Teflutrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
7	*	Terbufos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Terbutilazina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7		Tetracloro-m-xileno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Tetraclorvinfos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Tiabendazol	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-023	EPA
7		Tiofanato-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Toxafeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Trans-clordano	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Triadimefon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Triadimenol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
7		Tributilfosfato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
7	*	Triclorfon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA

A: * Ensayo Acreditado, (Sin *) Ensayo No Acreditado, alcance www.eca.or.cr
INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza
LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado
LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado
N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio
Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUIMICOS DE COSTA RICA
CQCR
Licenciado Química
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	**CHEM-PT-018-**
Contacto:	**Andrés Lazo**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-0783-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**27-mar-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**27-mar-15**
e-mail:	**andres.lazo@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**17-abr-15**
Tipo de Análisis	**Residuos de Plaguicidas**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Nac 3 Volio**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
8	*	Cyhalothrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
8		Sulfotep	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
8	*	2,4,5-T	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	2,4-D	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	2,4-DB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Acebinzolar-S-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Alaclor	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Aldicarb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
8	*	Aldrin	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Ametrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Atrazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Azinfos-etil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Azinfos-metil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Azoxistrobin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8		Baytroid	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Benomil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Bentazon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Bifentrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Bitertanol	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Bromacil	ug/L	N.D.	0,001	0,005	0,008	CHEM-PT-023	EPA
8		Bromofos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Captan	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Carbaril	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
8	*	Carbofuran	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
8	*	Chlordane	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Cianazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
8		Cimoxanil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8		Ciromasina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Cis-clordano	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
8	*	Clorfenvinfos(e)	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Clorotalonil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Clorpirifos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Clorpirifos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Coumafos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Crotoxifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Dalapon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8		Decaclorobifenilo	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8		DEF 6	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Demeton	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Desmetrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Diazinon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8		Dibrom	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8		Dicamba	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Diclofention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Dicloroprop	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Diclorvos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Dicofol	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Dieldrin	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Dimetoato	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
8		Dinoseb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
8	*	Disulfoton	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Diuron	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Endosulfan I	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Endosulfan II	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Endosulfan Sulfato	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Endrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8		Endrin-Aldehido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8		Endrin-Cetona	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	EPN	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Espinosad	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Etefon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Etion	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Etoprofos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8		Famphur	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Fenamifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Fenpropimorf	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Fensulfotion	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Fention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8		Fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Forato	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
8		Fosdrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Fosetil-Al	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Fosmet	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Glifosato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Heptacloro	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
8	*	Heptacloro Epoxido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Hexaclorobenzeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Hexaconazol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Hidrametilnona	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Imazalil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Imidaclorprid	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-021	PAM-301
8		Isodrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8		Ketonexide	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8		Leptofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Lindano	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Naled	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Oxamil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
8		Oxidemeton-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Oxifluorfen	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	p,p'-DDD	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	p,p'-DDE	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
8	*	p,p-DDT	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Paraquat	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Paration	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	PCP	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Permetrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Piraclostrobin	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Pirimetanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Pirimifos-etil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Pirimifos-metil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Procloraz	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Propanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Propiconazol 1	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Quizalofop P etil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Ronel	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
8		Silvex	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Sulprofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
8		Tau-fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	TCMTB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8		Tebufenozide	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
8		Teflutrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
8	*	Terbufos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Terbutilazina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8		Tetracloro-m-xileno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Tetraclorvinfos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Tiabendazol	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-023	EPA
8		Tiofanato-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Toxafeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Trans-clordano	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Triadimefon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Triadimenol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
8		Tributilfosfato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
8	*	Triclorfon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA

A: * Ensayo Acreditado, (Sin *) Ensayo No Acreditado, alcance www.eca.or.cr
INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza
LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado
LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado
N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio
Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUIMICOS DE COSTA RICA
CQCR
Licenciado Química
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	**CHEM-PT-018-**
Contacto:	**Andrés Lazo**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-0784-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**27-mar-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**27-mar-15**
e-mail:	**andres.lazo@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**17-abr-15**
Tipo de Análisis	**Residuos de Plaguicidas**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Nac 4 Volio**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
9	*	Cyhalothrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
9		Sulfotep	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
9	*	2,4,5-T	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	2,4-D	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	2,4-DB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Acebinzolar-S-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Alaclor	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Aldicarb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
9	*	Aldrin	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Ametrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Atrazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Azinfos-etil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Azinfos-metil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Azoxistrobin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9		Baytroid	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Benomil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Bentazon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Bifentrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Bitertanol	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Bromacil	ug/L	N.D.	0,001	0,005	0,008	CHEM-PT-023	EPA
9		Bromofos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Captan	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Carbaril	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
9	*	Carbofuran	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
9	*	Chlordane	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Cianazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
9		Cimoxanil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9		Ciromasina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Cis-clordano	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
9	*	Clorfenvinfos(e)	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Clorotalonil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Clorpirifos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Clorpirifos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Coumafos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Crotoxifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Dalapon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9		Decaclorobifenilo	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9		DEF 6	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Demeton	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Desmetrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Diazinon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9		Dibrom	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9		Dicamba	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Diclofention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Dicloroprop	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Diclorvos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Dicofol	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Dieldrin	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Dimetoato	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
9		Dinoseb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
9	*	Disulfoton	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Diuron	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Endosulfan I	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Endosulfan II	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Endosulfan Sulfato	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Endrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9		Endrin-Aldehido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9		Endrin-Cetona	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	EPN	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Espinosad	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Etefon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Etion	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Etoprofos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9		Famphur	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Fenamifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Fenpropimorf	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Fensulfotion	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Fention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9		Fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Forato	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
9		Fosdrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Fosetil-Al	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Fosmet	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Glifosato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Heptacloro	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
9	*	Heptacloro Epoxido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Hexaclorobenzeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Hexaconazol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Hidrametilnona	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Imazalil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Imidaclorprid	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-021	PAM-301
9		Isodrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9		Ketonexide	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9		Leptofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Lindano	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Naled	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Oxamil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
9		Oxidemeton-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Oxifluorfen	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	p,p'-DDD	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	p,p'-DDE	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
9	*	p,p-DDT	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Paraquat	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Paration	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	PCP	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Permetrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Piraclostrobin	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Pirimetanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Pirimifos-etil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Pirimifos-metil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Procloraz	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Propanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Propiconazol 1	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Quizalofop P etil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Ronel	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
9		Silvex	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Sulprofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
9		Tau-fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	TCMTB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9		Tebufenozide	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
9		Teflutrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
9	*	Terbufos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Terbutilazina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9		Tetracloro-m-xileno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Tetraclorvinfos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Tiabendazol	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-023	EPA
9		Tiofanato-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Toxafeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Trans-clordano	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Triadimefon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Triadimenol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
9		Tributilfosfato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
9	*	Triclorfon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA

A: * Ensayo Acreditado, (Sin *) Ensayo No Acreditado, alcance www.eca.or.cr
INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza
LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado
LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado
N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio
Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUIMICOS DE COSTA RICA
CQCR
Licenciado Química
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	**CHEM-PT-018-**
Contacto:	**Andrés Lazo**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-0785-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**27-mar-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**27-mar-15**
e-mail:	**andres.lazo@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**17-abr-15**
Tipo de Análisis	**Residuos de Plaguicidas**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Nac 5 Volio**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
10	*	Cyhalothrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
10		Sulfotep	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
10	*	2,4,5-T	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	2,4-D	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	2,4-DB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Acebinzolar-S-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Alaclor	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Aldicarb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
10	*	Aldrin	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Ametrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Atrazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Azinfos-etil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Azinfos-metil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Azoxistrobin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10		Baytroid	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Benomil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Bentazon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Bifentrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Bitertanol	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Bromacil	ug/L	N.D.	0,001	0,005	0,008	CHEM-PT-023	EPA
10		Bromofos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Captan	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Carbaril	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
10	*	Carbofuran	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
10	*	Chlordane	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Cianazina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
10		Cimoxanil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10		Ciromasina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Cis-clordano	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
10	*	Clorfenvinfos(e)	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Clorotalonil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Clorpirifos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Clorpirifos-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Coumafos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Crotoxifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Dalapon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10		Decaclorobifenilo	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10		DEF 6	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Demeton	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Desmetrina	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Diazinon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10		Dibrom	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10		Dicamba	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Diclofention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Dicloroprop	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Diclorvos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Dicofol	ug/L	N.D.	0,045	0,600	0,900	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Dieldrin	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Dimetoato	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
10		Dinoseb	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
10	*	Disulfoton	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Diuron	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Endosulfan I	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Endosulfan II	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Endosulfan Sulfato	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Endrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10		Endrin-Aldehido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10		Endrin-Cetona	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	EPN	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Espinosad	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Etefon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Etion	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Etoprofos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10		Famphur	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Fenamifos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Fenpropimorf	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Fensulfotion	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Fention	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10		Fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Forato	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
10		Fosdrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Fosetil-Al	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Fosmet	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Glifosato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Heptacloro	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
10	*	Heptacloro Epoxido	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Hexaclorobenzeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Hexaconazol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Hidrametilnona	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Imazalil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Imidaclorprid	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-021	PAM-301
10		Isodrin	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10		Ketonexide	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10		Leptofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Lindano	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Naled	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Oxamil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-050	EPA-632.1
10		Oxidemeton-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Oxifluorfen	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	p,p'-DDD	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	p,p'-DDE	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA
10	*	p,p-DDT	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Paraquat	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Paration	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	PCP	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Permetrina	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Piraclostrobin	ug/L	N.D.	0,02	0,04	0,06	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Pirimetanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Pirimifos-etil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Pirimifos-metil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Procloraz	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Propanil	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Propiconazol 1	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Quizalofop P etil	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Ronel	ug/L	N.D.	0,018	0,200	0,360	CHEM-PT-023	EPA
10		Silvex	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Sulprofos	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA
10		Tau-fluvalinato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	TCMTB	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10		Tebufenozide	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
10		Teflutrin	ug/L	N.D.	0,01	0,02	0,03	CHEM-PT-086	EPA
10	*	Terbufos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Terbutilazina	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10		Tetracloro-m-xileno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Tetraclorvinfos	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Tiabendazol	ug/L	N.D.	0,002	0,003	0,005	CHEM-PT-023	EPA
10		Tiofanato-metil	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Toxafeno	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Trans-clordano	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Triadimefon	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Triadimenol	ug/L	N.D.	0,005	0,008	0,010	CHEM-PT-023	EPA

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	INCERT	LD	LC	METODO	REF
10		Tributilfosfato	ug/L	N.D.	0,025	0,300	0,500	CHEM-PT-023	EPA
10	*	Triclorfon	ug/L	N.D.	0,03	0,40	0,60	CHEM-PT-023	EPA

A: * Ensayo Acreditado, (Sin *) Ensayo No Acreditado, alcance www.eca.or.cr

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUIMICOS DE COSTA RICA
CQCR
Licenciado Química
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

Anexo 12. Análisis de laboratorio, oferta y demanda

12.1 Análisis de laboratorio de Naciente Nectandra, ASADA Bajo Zúñiga.

SERVICIOS INTEGRADOS DE LABORATORIO, S.A.
TEL/FAX: 2223-6593 • SAN JOSE, COSTA RICA

Reporte : **ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA Rep: HG15D088-3**
Solicitó : **HIDROGEOTECNIA S.A. Fecha: 29-04-2015**

IDENTIFICACION, RECOLECCION Y RECEPCION DE MUESTRAS

IDENTIFICACION		RECOLECCION				
Nº	Punto de toma	Envase	Fecha	Hora	Lugar	Por
1	Bajo Zúñiga, naciente Nectandra	Hidrogeotecnia	22-04-15	11:00 am-1:00 pm	Alajuela	SILAB
R E C E P C I O N			23-04-15	10:00 am	SILAB	RAR

R E S U L T A D O S

Muestra Nº	Recuento				Presencia
	Total aerobio UFC*/mL	**Coliformes totales NMP/100mL**	**Coliformes Fecales NMP/100 mL**	**Escherichia coli NMP/100 mL**	**Cloro Residual mg/L.**
1	**$2{,}0 \times 10^{1}$**	**9,1**	**AUSENCIA**	**AUSENCIA**	**ND**

UFC= Unidades formadoras de colonias.
NMP= Número más probable
ND=NO DETECTABLE

Observaciones:

1) Los análisis anteriores fueron efectuados siguiendo las normas y especificaciones de los métodos "Standard" APHA-AWWA-WEF, 22th ed. 2012.

2) Medios y reactivos utilizados: -Recuento en agar Standard.
-Caldo Lactosado, tubos de fermentación
-Caldo Verde Bilis Brillante
-Prueba de Indol, reactivo de Kovacs
- Tiosulfato de sodio.
- Caldo Tripticasa de soya.
- EC Broth With Mug

3) La muestra no presentó cloro residual.

CONCLUSIÓN:

Ver alcance en el decreto 32327-S

Dr. Rodrigo Álvarez R. (M.Q.C.)
LABORATORIO ALVAREZ Reg. Nª 168

Cc/Arch.

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	
Contacto:	**Ing. Federico Arellano**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-1844-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**15-may-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**15-may-15**
e-mail:	**federicoarellanoh@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**25-may-15**
Tipo de Análisis	**Potable**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Naciente Bajo Zúñiga Nectandra**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	NORMA	INCERT	LD	LC	REF
5	*	- Primer nivel de control							
5	*	Cloro Residual Libre	mg/L	<0,04	0,3-0,6	0,04	0,04	0,06	SM-4500-CL
5	*	Color Aparente	Pt-Co	<1,00	5-15	0,15	1,00	3,00	SM-2120C
5	*	Conductividad	uS/cm	57	400	4	6	8	SM-2510
5		Olor		Aceptable	Aceptable				SM-2150
5	*	pH		7,00	6,5-8,5	0,01	0,03	0,04	SM-4500
5		Sabor		Aceptable	Aceptable				SM-2160
5	*	Temperatura	°C	23,10	18-30	0,02	0,03	0,05	SM-2550
5	*	Turbiedad	NTU	<0,50	<1-5	0,20	0,50	0,70	SM-2130
5	*	- Segundo nivel de control							
5	*	Aluminio	mg/L	<0,00011	0,2	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
5	*	Calcio	mg/L	3,48	100	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
5	*	Cloruros	mg/L	1,410	25-250	0,005	0,010	0,020	HPLC
5	*	Cobre	mg/L	1,09	1,0-2,0	0,00002	0,00011	0,00018	SMWW
5	*	Dureza Total	mg/L	18,7	400-500	0,1	0,2	0,4	SM-2340
5	*	Fluoruro	mg/L	<0,04	0,7-1,5	0,02	0,04	0,06	HACH
5	*	Hierro	mg/L	6,55	0,3	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
5	*	Magnesio	mg/L	2,42	30-50	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
5	*	Manganeso	mg/L	2,59	0,1-0,5	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
5	*	Nitrato	mg/L	2,260	25-50	0,005	0,010	0,02	HPLC
5	*	Plomo	mg/L	<0,00011	0,01	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
5	*	Potasio	mg/L	0,07	10	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
5	*	Sodio	mg/L	5,73	25-200	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
5	*	Sulfato	mg/L	0,170	25-250	0,005	0,010	0,020	HPLC
5	*	Zinc	mg/L	0,16	3,0	0,00002	0,00011	0,00018	SMWW

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado
LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado
N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección
NORMA: Reglamento de Calidad de Agua Potable (Nº 32327-S 2005)
*** Ensayo Acreditado INTE-ISO/IEC 17025:2005 ante el Ente Costarricense de Acreditación**

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio
Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUÍMICOS DE COSTA RICA
CQCR
José A. Rodríguez Solano
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

AQYLASA
LABORATORIO QUIMICO
TELEFAX:22723159
E-MAIL:aqylasa@ice.co.cr

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO LQAQY 015-R-1 V-1

Informe N° 30042015

Tipo de muestra:. Agua Bajo Zuñiga . Naciente Nectandra
Interesado: Hidrogeotecnia
Encargado de Muestreo: Laboratorio Silab
Fecha y hora de Muestreo: 22-04-2015.
Fecha de reporte de análisis: 30-04-2015 .

Parámetro analizado	Valor reportado	Reglamento de Aguas potables N° 32327-S		Método de análisis LQAQY 016-
		Valor Recomendado	Valor Máximo	
TERCER NIVEL DE CONTROL – N-3				
Nitritos, mg/L	Menos de 0,1	0,05 mg/L	0,1 mg/L	**4500-NO_2
Amonio, mg/L	Menos de 0,3	-----	0,5 mg/L	LQ AQY 22
Arsénico, mg/L	0,004±0,0001	-----	0,01 mg/L	LQ AQY 20
Cadmio, mg/L	Menos de 0,003	-----	0,003 mg/L	LQ AQY 20
Cromo, mg/L	Menos de 0,025	-----	0,05 mg/L	LQ AQY 18
Mercurio, mg/L	Menos de 0,001	-----	0,001 mg/L	LQ AQY 10
Níquel, mg/L	Menos de 0,02	-----	0,02 mg/L	LQ AQY 18
Antimonio, mg/L	Menos de 0,001	-----	0,005 mg/L	**3500-Sb
Selenio, mg/L	Menos de 0,002	-----	0,01 mg/L	LQ AQY 20

Con base en los parámetros fisicoquímicos analizados, esta muestra de agua cumple con los valores máximos permisibles, establecidos en el Reglamento de aguas potables N° 32327-S. para nivel N-3

METODOLOGÍA DE ANALISIS. Standard Methods for the examination of Water and Waste Water. 22 th. Ed, 2012.

Este informe no podrá ser reproducido en forma parcial o total sin la aprobación escrita de AQYLA,.S.A.

*** Los análisis con las siglas LQ AQY corresponden a métodos de análisis acreditados por el ECA. Ver alcance en (www.eca.or.cr).**

**** Ensayo no acreditado**

Los resultados de los análisis de este informe, solamente se refieren a las muestras aquí escritas.

Atentamente,

Lic.Leonor Rodriguez M.
Química

Revisado por Lic. Elizabeth Mójica A. pag1/1 Aprobado por Lic. Leonor Rodríguez M.

12.2 Análisis de laboratorio de Naciente 4, ASADA Bajo Zúñiga.

SERVICIOS INTEGRADOS DE LABORATORIO, S.A.
TEL/FAX: 2223-6593 • SAN JOSE, COSTA RICA

Reporte : **ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA Rep: HG15D0149**
Solicitó : **HIDROGEOTECNIA S.A. Fecha: 06-05-2015**

IDENTIFICACION, RECOLECCION Y RECEPCION DE MUESTRAS

IDENTIFICACION		RECOLECCION				
Nº	Punto de toma	Envase	Fecha	Hora	Lugar	Por
1	San Ramón, Naciente Bajo Zúñiga. Coordenadas: 444511 1120692	Hidrogeotecnia	30-04-15	10:30 am	Alajuela	SILAB
R E C E P C I O N			30-04-15	2:38 pm	SILAB	RAR

R E S U L T A D O S

Muestra Nº	Recuento				Presencia
	Total aerobio UFC*/mL	**Coliformes totales NMP/100mL**	**Coliformes Fecales NMP/100 mL**	**Escherichia coli NMP/100 mL**	**Cloro Residual mg/L.**
1	**$1{,}1 \times 10^{2}$**	**$2{,}4 \times 10^{1}$**	**9,1**	**9,1**	**ND**

UFC= Unidades formadoras de colonias.
NMP= Número más probable
ND=NO DETECTABLE

Observaciones:

1) Los análisis anteriores fueron efectuados siguiendo las normas y especificaciones de los métodos "Standard" APHA-AWWA-WEF, 22th ed. 2012.

2) Medios y reactivos utilizados: -Recuento en agar Standard.
-Caldo Lactosado, tubos de fermentación
-Caldo Verde Bilis Brillante
-Prueba de Indol, reactivo de Kovacs
- Tiosulfato de sodio.
- Caldo Tripticasa de soya.
- EC Broth With Mug

3) La muestras no presentaron cloro residual.

CONCLUSIÓN:

Ver alcance en el decreto 32327-S

Dr. Rodrigo Alvarez R. (M.Q.C.)
LABORATORIO ALVAREZ Reg. Nª 168

Cc/Arch.

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**				**Proc. muestreo**	
Contacto:	**Ing. Federico Arellano**				**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:					**CODIGO**	**CHEM-ID-1842-2015**
					Matriz:	**Agua potable**
					Fecha de muestreo	**15-may-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**		**Fecha de Analisis:**	**13-may-15**
e-mail:	**federicoarellanoh@gmail.com**				**Fecha de Reporte:**	**25-may-15**
Tipo de Análisis	**Potable**					
LUGAR DE MUESTREO:	**Naciente Bajo 2 444511-1120692**					

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	NORMA	INCERT	LD	LC	REF
3	*	- Primer nivel de control							
3	*	Cloro Residual Libre	mg/L	<0,04	0,3-0,6	0,04	0,04	0,06	SM-4500-CL
3	*	Color Aparente	Pt-Co	<1,00	5-15	0,15	1,00	3,00	SM-2120C
3	*	Conductividad	uS/cm	34	400	4	6	8	SM-2510
3		Olor		Aceptable	Aceptable				SM-2150
3	*	pH		6,88	6,5-8,5	0,01	0,03	0,04	SM-4500
3		Sabor		Aceptable	Aceptable				SM-2160
3	*	Temperatura	°C	20,00	18-30	0,02	0,03	0,05	SM-2550
3	*	Turbiedad	NTU	<0,50	<1-5	0,20	0,50	0,70	SM-2130
3	*	- Segundo nivel de control							
3	*	Aluminio	mg/L	<0,00011	0,2	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
3	*	Calcio	mg/L	1,44	100	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
3	*	Cloruros	mg/L	2,700	25-250	0,005	0,010	0,020	HPLC
3	*	Cobre	mg/L	0,77	1,0-2,0	0,00002	0,00011	0,00018	SMWW
3	*	Dureza Total	mg/L	7,4	400-500	0,1	0,2	0,4	SM-2340
3	*	Fluoruro	mg/L	<0,04	0,7-1,5	0,02	0,04	0,06	HACH
3	*	Hierro	mg/L	5,72	0,3	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
3	*	Magnesio	mg/L	0,93	30-50	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
3	*	Manganeso	mg/L	2,35	0,1-0,5	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
3	*	Nitrato	mg/L	1,630	25-50	0,005	0,010	0,02	HPLC
3	*	Plomo	mg/L	<0,00011	0,01	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
3	*	Potasio	mg/L	<0,00011	10	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
3	*	Sodio	mg/L	0,47	25-200	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
3	*	Sulfato	mg/L	0,580	25-250	0,005	0,010	0,020	HPLC
3	*	Zinc	mg/L	0,08	3,0	0,00002	0,00011	0,00018	SMWW

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado
LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado
N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección
NORMA: Reglamento de Calidad de Agua Potable (Nº 32327-S 2005)
*** Ensayo Acreditado INTE-ISO/IEC 17025:2005 ante el Ente Costarricense de Acreditación**

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio
Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUÍMICOS DE COSTA RICA
José A. Rodríguez Solano
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

12.3 Análisis de laboratorio de Naciente Fabio Vargas, ASADA Los Ángeles Sur.

SERVICIOS INTEGRADOS DE LABORATORIO, S.A.
TEL/FAX: 2223-6593 • SAN JOSE, COSTA RICA

Reporte : **ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA Rep: HG15D088-2**
Solicitó : **HIDROGEOTECNIA S.A. Fecha: 29-04-2015**

IDENTIFICACION, RECOLECCION Y RECEPCION DE MUESTRAS

IDENTIFICACION		RECOLECCION				
Nº	Punto de toma	Envase	Fecha	Hora	Lugar	Por
1	Los Ángeles sur, naciente Fabio.	Hidrogeotecnia	22-04-15	11:00 am-1:00 pm	Alajuela	SILAB
R E C E P C I O N			23-04-15	10:00 am	SILAB	RAR

R E S U L T A D O S

Muestra Nº	Recuento				Presencia
	Total aerobio UFC*/mL	**Coliformes totales NMP/100mL**	**Coliformes Fecales NMP/100 mL**	**Escherichia coli NMP/100 mL**	**Cloro Residual mg/L.**
1	**$1{,}9 \times 10^2$**	**$9{,}3 \times 10^1$**	**3,6**	**AUSENCIA**	**ND**

UFC= Unidades formadoras de colonias.
NMP= Número más probable
ND=NO DETECTABLE

Observaciones:

1) Los análisis anteriores fueron efectuados siguiendo las normas y especificaciones de los métodos "Standard" APHA-AWWA-WEF, 22th ed. 2012.

2) Medios y reactivos utilizados: -Recuento en agar Standard.
-Caldo Lactosado, tubos de fermentación
-Caldo Verde Bilis Brillante
-Prueba de Indol, reactivo de Kovacs
- Tiosulfato de sodio.
- Caldo Tripticasa de soya.
- EC Broth With Mug

3) La muestra no presentó cloro residual.

CONCLUSIÓN:

Ver alcance en el decreto 32327-S

Dr. Rodrigo Álvarez R. (M.Q.C.)
LABORATORIO ALVAREZ Reg. Nª 168

Cc/Arch.

INFORME DE RESULTADOS

CHEM-FPT-015B

Version 14

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	
Contacto:	**Ing. Federico Arellano**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-1845-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**15-may-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**15-may-15**
e-mail:	**federicoarellanoh@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**25-may-15**
Tipo de Análisis	**Potable**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Naciente Fabio Vargas L.A.**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	NORMA	INCERT	LD	LC	REF
6	*	- Primer nivel de control							
6	*	Cloro Residual Libre	mg/L	<0,04	0,3-0,6	0,04	0,04	0,06	SM-4500-CL
6	*	Color Aparente	Pt-Co	<1,00	5-15	0,15	1,00	3,00	SM-2120C
6	*	Conductividad	uS/cm	77	400	4	6	8	SM-2510
6		Olor		Aceptable	Aceptable				SM-2150
6	*	pH		6,88	6,5-8,5	0,01	0,03	0,04	SM-4500
6		Sabor		Aceptable	Aceptable				SM-2160
6	*	Temperatura	°C	23,20	18-30	0,02	0,03	0,05	SM-2550
6	*	Turbiedad	NTU	<0,50	<1-5	0,20	0,50	0,70	SM-2130
6	*	- Segundo nivel de control							
6	*	Aluminio	mg/L	<0,00011	0,2	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
6	*	Calcio	mg/L	6,36	100	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
6	*	Cloruros	mg/L	2,650	25-250	0,005	0,010	0,020	HPLC
6	*	Cobre	mg/L	0,67	1,0-2,0	0,00002	0,00011	0,00018	SMWW
6	*	Dureza Total	mg/L	24,6	400-500	0,1	0,2	0,4	SM-2340
6	*	Fluoruro	mg/L	<0,04	0,7-1,5	0,02	0,04	0,06	HACH
6	*	Hierro	mg/L	5,64	0,3	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
6	*	Magnesio	mg/L	2,11	30-50	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
6	*	Manganeso	mg/L	2,51	0,1-0,5	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
6	*	Nitrato	mg/L	0,990	25-50	0,005	0,010	0,02	HPLC
6	*	Plomo	mg/L	<0,00011	0,01	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
6	*	Potasio	mg/L	<0,00011	10	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
6	*	Sodio	mg/L	0,14	25-200	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
6	*	Sulfato	mg/L	2,590	25-250	0,005	0,010	0,020	HPLC
6	*	Zinc	mg/L	<0,00011	3,0	0,00002	0,00011	0,00018	SMWW

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado
LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado
N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección
NORMA: Reglamento de Calidad de Agua Potable (Nº 32327-S 2005)
*** Ensayo Acreditado INTE-ISO/IEC 17025:2005 ante el Ente Costarricense de Acreditación**

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio
Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUÍMICOS DE COSTA RICA
CQCR
José A. Rodríguez Solano
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación N° LE 003
Acreditado a partir de 2010-1998
Alcance disponible en www.eca.or.cr

AQYLASA
LABORATORIO QUIMICO
TELEFAX 22723159
E-MAIL aqylasa@ice.co.cr

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO **LQAQY 015-R-1 V-1**

Informe N° 30042015

Tipo de muestra:. Agua. Los Angeles Sur . Naciente Fabio
Interesado: Hidrogeotecnia
Encargado de Muestreo: Laboratorio Silab
Fecha y hora de Muestreo: 22-04-2015.
Fecha de reporte de análisis: 30-04-2015 .

Parámetro analizado	Valor reportado	Reglamento de Aguas potables N° 32327-S		Método de análisis LQAQY 016-
		Valor Recomendado	Valor Máximo	
TERCER NIVEL DE CONTROL – N-3				
Nitritos, mg/L	Menos de 0,1	0,05 mg/L	0,1 mg/L	**4500-NO_2
Amonio, mg/L	Menos de 0,3	-----	0,5 mg/L	LQ AQY 22
Arsénico, mg/L	0,006±0,001	-----	0,01 mg/L	LQ AQY 20
Cadmio, mg/L	Menos de 0,003	-----	0,003 mg/L	LQ AQY 20
Cromo, mg/L	Menos de 0,025	-----	0,05 mg/L	LQ AQY 18
Mercurio, mg/L	Menos de 0,001	-----	0,001 mg/L	LQ AQY 10
Níquel, mg/L	Menos de 0,02	-----	0,02 mg/L	LQ AQY 18
Antimonio, mg/L	Menos de 0,001	-----	0,005 mg/L	**3500-Sb
Selenio, mg/L	Menos de 0,002	-----	0,01 mg/L	LQ AQY 20

Con base en los parámetros fisicoquímicos analizados, esta muestra de agua cumple con los valores máximos permisibles, establecidos en el Reglamento de aguas potables N° 32327-S. para nivel N-3

METODOLOGÍA DE ANALISIS. Standard Methods for the examination of Water and Waste Water. 22 th. Ed, 2012.

Este informe no podrá ser reproducido en forma parcial o total sin la aprobación escrita de AQYLA,.S.A.

*** Los análisis con las siglas LQ AQY corresponden a métodos de análisis acreditados por el ECA. Ver alcance en (www.eca.or.cr).**

**** Ensayo no acreditado**

Los resultados de los análisis de este informe, solamente se refieren a las muestras aquí escritas.

Atentamente,

Licenciada Química
Leonor Rodríguez Monicazo
N.I. 4238

Lic.Leonor Rodriguez M
Química

12.4 Análisis de laboratorio de Naciente Cascajal, ASADA Los Ángeles Sur.

SERVICIOS INTEGRADOS DE LABORATORIO, S.A.
TEL/FAX: 2223-6593 • SAN JOSE, COSTA RICA

Reporte : **ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA Rep: HG15D088-1**
Solicitó : **HIDROGEOTECNIA S.A. Fecha: 29-04-2015**

IDENTIFICACION, RECOLECCION Y RECEPCION DE MUESTRAS						
IDENTIFICACION		RECOLECCION				
N°	Punto de toma	Envase	Fecha	Hora	Lugar	Por
1	Los Ángeles sur, naciente Cascajal.	Hidrogeotecnia	22-04-15	11:00 am-1:00 pm	Alajuela	SILAB
R E C E P C I O N			23-04-15	10:00 am	SILAB	RAR

RESULTADOS					
Muestra N°	Recuento				Presencia
	Total aerobio UFC*/mL	**Coliformes totales NMP/100mL**	**Coliformes Fecales NMP/100 mL**	**Escherichia coli NMP/100 mL**	**Cloro Residual mg/L.**
1	**$4{,}0 \times 10^{1}$**	**9,1**	**AUSENCIA**	**AUSENCIA**	**ND**

UFC= Unidades formadoras de colonias.
NMP= Número más probable
ND=NO DETECTABLE

Observaciones:

1) Los análisis anteriores fueron efectuados siguiendo las normas y especificaciones de los métodos "Standard" APHA-AWWA-WEF, 22th ed. 2012.

2) Medios y reactivos utilizados: -Recuento en agar Standard.
-Caldo Lactosado, tubos de fermentación
-Caldo Verde Bilis Brillante
-Prueba de Indol, reactivo de Kovacs
- Tiosulfato de sodio.
- Caldo Tripticasa de soya.
- EC Broth With Mug

3) La muestras no presentó cloro residual.

CONCLUSIÓN:

Ver alcance en el decreto 32327-S

Dr. Rodrigo Alvarez R. (M.Q.C.)
LABORATORIO ALVAREZ Reg. Nª 168

Cc/Arch.

CHEMLABS
Servicios de Análisis Ambientales

CHEM-ID-1840-2015

INFORME DE RESULTADOS

CHEM-FPT-015B

Version 14

Laboratorio ACREDITADO
INTE-ISO/IEC 17025:2005

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	
Contacto:	**Ing. Federico Arellano**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-1840-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**15-may-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**13-may-15**
e-mail:	**federicoarellanoh@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**25-may-15**
Tipo de Análisis	**Potable**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Naciente 4 Quebrada Cascajal**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	NORMA	INCERT	LD	LC	REF
1	*	- Primer nivel de control							
1	*	Cloro Residual Libre	mg/L	<0,04	0,3-0,6	0,04	0,04	0,06	SM-4500-CL
1	*	Color Aparente	Pt-Co	<1,00	5-15	0,15	1,00	3,00	SM-2120C
1	*	Conductividad	uS/cm	100	400	4	6	8	SM-2510
1		Olor		Aceptable	Aceptable				SM-2150
1	*	pH		7,04	6,5-8,5	0,01	0,03	0,04	SM-4500
1		Sabor		Aceptable	Aceptable				SM-2160
1	*	Temperatura	°C	20,40	18-30	0,02	0,03	0,05	SM-2550
1	*	Turbiedad	NTU	<0,50	<1-5	0,20	0,50	0,70	SM-2130
1	*	- Segundo nivel de control							
1	*	Aluminio	mg/L	<0,00011	0,2	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
1	*	Calcio	mg/L	7,38	100	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
1	*	Cloruros	mg/L	7,740	25-250	0,005	0,010	0,020	HPLC
1	*	Cobre	mg/L	0,85	1,0-2,0	0,00002	0,00011	0,00018	SMWW
1	*	Dureza Total	mg/L	30,5	400-500	0,1	0,2	0,4	SM-2340
1	*	Fluoruro	mg/L	0,04	0,7-1,5	0,02	0,04	0,06	HACH
1	*	Hierro	mg/L	6,54	0,3	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
1	*	Magnesio	mg/L	2,94	30-50	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
1	*	Manganeso	mg/L	2,49	0,1-0,5	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
1	*	Nitrato	mg/L	1,750	25-50	0,005	0,010	0,02	HPLC
1	*	Plomo	mg/L	<0,00011	0,01	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
1	*	Potasio	mg/L	0,43	10	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
1	*	Sodio	mg/L	07,12	25-200	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
1	*	Sulfato	mg/L	1,670	25-250	0,005	0,010	0,020	HPLC
1	*	Zinc	mg/L	0,21	3,0	0,00002	0,00011	0,00018	SMWW

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado
LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado
N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección
NORMA: Reglamento de Calidad de Agua Potable (Nº 32327-S 2005)
*** Ensayo Acreditado INTE-ISO/IEC 17025:2005 ante el Ente Costarricense de Acreditación**

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio
Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUÍMICOS DE COSTA RICA
CQCR
José A. Rodríguez Solano
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

AQYLASA
LABORATORIO QUIMICO
TELEFAX:22723159
E-MAIL:aqylasa@ice.co.cr

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO **LQAQY 015-R-1 V-1**

Informe N° 30042015

Tipo de muestra:. Agua. Los Angeles Sur . Naciente Cascajal
Interesado: Hidrogeotecnia
Encargado de Muestreo: Laboratorio Silab
Fecha y hora de Muestreo: 22-04-2015.
Fecha de reporte de análisis: 30-04-2015 .

Parámetro analizado	Valor reportado	Reglamento de Aguas potables N° 32327-S		Método de análisis LQAQY 016-
		Valor Recomendado	Valor Máximo	
TERCER NIVEL DE CONTROL – N-3				
Nitritos, mg/L	Menos de 0,1	0,05 mg/L	0,1 mg/L	**4500-NO_2
Amonio, mg/L	Menos de 0,3	-----	0,5 mg/L	LQ AQY 22
Arsénico, mg/L	Menos de 0,003	-----	0,01 mg/L	LQ AQY 20
Cadmio, mg/L	Menos de 0,003	-----	0,003 mg/L	LQ AQY 20
Cromo, mg/L	Menos de 0,025	-----	0,05 mg/L	LQ AQY 18
Mercurio, mg/L	Menos de 0,001	-----	0,001 mg/L	LQ AQY 10
Níquel, mg/L	Menos de 0,02	-----	0,02 mg/L	LQ AQY 18
Antimonio, mg/L	Menos de 0,001	-----	0,005 mg/L	**3500-Sb
Selenio, mg/L	Menos de 0,002	-----	0,01 mg/L	LQ AQY 20

Con base en los parámetros fisicoquímicos analizados, esta muestra de agua cumple con los valores máximos permisibles, establecidos en el Reglamento de aguas potables N° 32327-S. para nivel N-3

METODOLOGÍA DE ANALISIS. Standard Methods for the examination of Water and Waste Water. 22 th. Ed, 2012.

Este informe no podrá ser reproducido en forma parcial o total sin la aprobación escrita de AQYLA,.S.A.

*** Los análisis con las siglas LQ AQY corresponden a métodos de análisis acreditados por el ECA. Ver alcance en (www.eca.or.cr).**

**** Ensayo no acreditado**

Los resultados de los análisis de este informe, solamente se refieren a las muestras aquí escritas.

Atentamente,

Lic Leonor Rodríguez M
Química

Revisado por Lic. Elizabeth Mojica A.

Aprobado por Lic. Leonor Rodríguez M.

12.5 Análisis de laboratorio de Naciente Villalobos, ASADA Los Ángeles Sur.

SERVICIOS INTEGRADOS DE LABORATORIO, S.A.
TEL/FAX: 2223-6593 • SAN JOSE, COSTA RICA

Reporte : **ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA Rep: HG15D0149**
Solicitó : **HIDROGEOTECNIA S.A. Fecha: 06-05-2015**

IDENTIFICACION, RECOLECCION Y RECEPCION DE MUESTRAS

IDENTIFICACION		RECOLECCION				
Nº	Punto de toma	Envase	Fecha	Hora	Lugar	Por
1	Los Ángeles-San Ramón, Naciente Quebrada Villalobos. Coordenadas: 448190 1122434	Hidrogeotecnia	30-04-15	9:15 am	Alajuela	SILAB
R E C E P C I O N			30-04-15	2:38 pm	SILAB	RAR

R E S U L T A D O S

Muestra Nº	Recuento				Presencia
	Total aerobio UFC*/mL	Coliformes totales NMP/100mL	Coliformes Fecales NMP/100 mL	Escherichia coli NMP/100 mL	Cloro Residual mg/L.
1	$1,6 \times 10^2$	$2,4 \times 10^1$	9,1	9,1	ND

NMP= Número más probable
ND=NO DETECTABLE

Observaciones:

1) Los análisis anteriores fueron efectuados siguiendo las normas y especificaciones de los métodos "Standard" APHA-AWWA-WEF, 22th ed. 2012.

2) Medios y reactivos utilizados: -Recuento en agar Standard.
-Caldo Lactosado, tubos de fermentación
-Caldo Verde Bilis Brillante
-Prueba de Indol, reactivo de Kovacs
- Tiosulfato de sodio.
- Caldo Tripticasa de soya.
- EC Broth With Mug

3) La muestra no presentó cloro residual.

CONCLUSIÓN:

Ver alcance en el decreto 32327-S

Dr. Rodrigo Álvarez R. (M.Q.C.)
LABORATORIO ALVAREZ Reg. Nª 168

Cc/Arch.

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**				**Proc. muestreo**		
Contacto:	**Ing. Federico Arellano**				**Muestreado por**	**Cliente**	
Direccion:					**CODIGO**	**CHEM-ID-1843-2015**	
					Matriz:	**Agua potable**	
					Fecha de muestreo		**15-may-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**		**Fecha de Analisis:**		**13-may-15**
e-mail:	**federicoarellanoh@gmail.com**				**Fecha de Reporte:**		**25-may-15**
Tipo de Análisis	**Potable**						
LUGAR DE MUESTREO:	**Naciente Quebrada Villalobos L.A. 448190-1122434**						

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	NORMA	INCERT	LD	LC	REF
4	*	- Primer nivel de control							
4	*	Cloro Residual Libre	mg/L	<0,04	0,3-0,6	0,04	0,04	0,06	SM-4500-CL
4	*	Color Aparente	Pt-Co	<1,00	5-15	0,15	1,00	3,00	SM-2120C
4	*	Conductividad	uS/cm	59	400	4	6	8	SM-2510
4		Olor		Aceptable	Aceptable				SM-2150
4	*	pH		6,90	6,5-8,5	0,01	0,03	0,04	SM-4500
4		Sabor		Aceptable	Aceptable				SM-2160
4	*	Temperatura	°C	20,00	18-30	0,02	0,03	0,05	SM-2550
4	*	Turbiedad	NTU	<0,50	<1-5	0,20	0,50	0,70	SM-2130
4	*	- Segundo nivel de control							
4	*	Aluminio	mg/L	<0,00011	0,2	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
4	*	Calcio	mg/L	2,63	100	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
4	*	Cloruros	mg/L	11,280	25-250	0,005	0,010	0,020	HPLC
4	*	Cobre	mg/L	0,81	1,0-2,0	0,00002	0,00011	0,00018	SMWW
4	*	Dureza Total	mg/L	14,6	400-500	0,1	0,2	0,4	SM-2340
4	*	Fluoruro	mg/L	<0,04	0,7-1,5	0,02	0,04	0,06	HACH
4	*	Hierro	mg/L	6,25	0,3	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
4	*	Magnesio	mg/L	1,96	30-50	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
4	*	Manganeso	mg/L	2,60	0,1-0,5	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
4	*	Nitrato	mg/L	1,450	25-50	0,005	0,010	0,02	HPLC
4	*	Plomo	mg/L	<0,00011	0,01	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
4	*	Potasio	mg/L	0,07	10	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
4	*	Sodio	mg/L	7,51	25-200	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
4	*	Sulfato	mg/L	0,690	25-250	0,005	0,010	0,020	HPLC
4	*	Zinc	mg/L	0,26	3,0	0,00002	0,00011	0,00018	SMWW

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado
LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado
N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección
NORMA: Reglamento de Calidad de Agua Potable (Nº 32327-S 2005)
*** Ensayo Acreditado INTE-ISO/IEC 17025:2005 ante el Ente Costarricense de Acreditación**

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio
Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUÍMICOS DE COSTA RICA
CQCR
José A. Rodríguez Solano
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

12.6 Análisis de laboratorio de Naciente 5, ASADA Volio.

SERVICIOS INTEGRADOS DE LABORATORIO, S.A.
TEL/FAX: 2223-6593 • SAN JOSE, COSTA RICA

Reporte : **ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA Rep: HG15D088-4**
Solicitó : **HIDROGEOTECNIA S.A. Fecha: 29-04-2015**

IDENTIFICACION, RECOLECCION Y RECEPCION DE MUESTRAS

IDENTIFICACION		RECOLECCION				
N°	Punto de toma	Envase	Fecha	Hora	Lugar	Por
1	Volio, naciente 5.	Hidrogeotecnia	22-04-15	11:00 am-1:00 pm	Alajuela	SILAB
R E C E P C I O N			23-04-15	10:00 am	SILAB	RAR

R E S U L T A D O S

Muestra N°	Recuento				Presencia
	Total aerobio UFC*/mL	**Coliformes totales NMP/100mL**	**Coliformes Fecales NMP/100 mL**	**Escherichia coli NMP/100 mL**	**Cloro Residual mg/L.**
1	**$8{,}3 \times 10^2$**	**$9{,}3 \times 10^1$**	**9,1**	**9,1**	**ND**

UFC= Unidades formadoras de colonias.
NMP= Número más probable
ND=NO DETECTABLE

Observaciones:

1) Los análisis anteriores fueron efectuados siguiendo las normas y especificaciones de los métodos "Standard" APHA-AWWA-WEF, 22th ed. 2012.

2) Medios y reactivos utilizados: -Recuento en agar Standard.
-Caldo Lactosado, tubos de fermentación
-Caldo Verde Bilis Brillante
-Prueba de Indol, reactivo de Kovacs
- Tiosulfato de sodio.
- Caldo Tripticasa de soya.
- EC Broth With Mug

3) La muestra no presentó cloro residual.

CONCLUSIÓN

Ver alcance en el decreto 32327-S

Dr. Rodrigo Alvarez R. (M.Q.C.)
LABORATORIO ALVAREZ Reg. Nª 168

Cc/Arch.

CHEMLABS
Servicios de Análisis Ambientales

CHEM-ID-1841-2015

INFORME DE RESULTADOS

CHEM-FPT-015B

Version 14

Laboratorio ACREDITADO
INTE-ISO/IEC 17025:2005

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	**Hidrogeotecnia Ltda**			**Proc. muestreo**	
Contacto:	**Ing. Federico Arellano**			**Muestreado por**	**Cliente**
Direccion:				**CODIGO**	**CHEM-ID-1841-2015**
				Matriz:	**Agua potable**
				Fecha de muestreo	**15-may-15**
Teléfono:	**(506) 2-253-6867**	**Fax:**	**(506) 2-253-3671**	**Fecha de Analisis:**	**13-may-15**
e-mail:	**federicoarellanoh@gmail.com**			**Fecha de Reporte:**	**25-may-15**
Tipo de Análisis	**Potable**				
LUGAR DE MUESTREO:	**Naciente 5 Volio**				

Condiciones Ambientales:

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

ID CLIENTE	A	PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	NORMA	INCERT	LD	LC	REF
2	*	- Primer nivel de control							
2	*	Cloro Residual Libre	mg/L	<0,04	0,3-0,6	0,04	0,04	0,06	SM-4500-CL
2	*	Color Aparente	Pt-Co	<1,00	5-15	0,15	1,00	3,00	SM-2120C
2	*	Conductividad	uS/cm	101	400	4	6	8	SM-2510
2		Olor		Aceptable	Aceptable				SM-2150
2	*	pH		7,22	6,5-8,5	0,01	0,03	0,04	SM-4500
2		Sabor		Aceptable	Aceptable				SM-2160
2	*	Temperatura	°C	20,10	18-30	0,02	0,03	0,05	SM-2550
2	*	Turbiedad	NTU	<0,50	<1-5	0,20	0,50	0,70	SM-2130
2	*	- Segundo nivel de control							
2	*	Aluminio	mg/L	<0,00011	0,2	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
2	*	Calcio	mg/L	8,31	100	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
2	*	Cloruros	mg/L	20,040	25-250	0,005	0,010	0,020	HPLC
2	*	Cobre	mg/L	0,10	1,0-2,0	0,00002	0,00011	0,00018	SMWW
2	*	Dureza Total	mg/L	35,4	400-500	0,1	0,2	0,4	SM-2340
2	*	Fluoruro	mg/L	<0,04	0,7-1,5	0,02	0,04	0,06	HACH
2	*	Hierro	mg/L	7,05	0,3	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
2	*	Magnesio	mg/L	2,94	30-50	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
2	*	Manganeso	mg/L	2,56	0,1-0,5	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
2	*	Nitrato	mg/L	<0,010	25-50	0,005	0,010	0,02	HPLC
2	*	Plomo	mg/L	<0,00011	0,01	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
2	*	Potasio	mg/L	1,57	10	0,00002	0,00011	0,00017	SMWW
2	*	Sodio	mg/L	10,04	25-200	0,00002	0,00011	0,00015	SMWW
2	*	Sulfato	mg/L	0,750	25-250	0,005	0,010	0,020	HPLC
2	*	Zinc	mg/L	0,10	3,0	0,00002	0,00011	0,00018	SMWW

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado
LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado
N.D.: No detectado,nivel bajo el límite de detección
NORMA: Reglamento de Calidad de Agua Potable (Nº 32327-S 2005)
*** Ensayo Acreditado INTE-ISO/IEC 17025:2005 ante el Ente Costarricense de Acreditación**

Observaciones:

Se prohibe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio
Los datos reportados solo corresponden al lote muestreado

COLEGIO DE QUÍMICOS DE COSTA RICA
CQCR
José A. Rodríguez Solano
N.I. 1020

Lic Jose Armando Rodriguez
Jefe del Laboratorio

Concepción, La Unión
Cartago, Costa Rica
Teléfono: (506) 2234-6339
Fax: (506) 2283-9869
Email: jrodriguez@chemlabsonline.com

Laboratorio de ensayo
Alcance de Acreditación N° LE 002
Acreditado a partir de: 25-01-1999
Alcance disponible en www.eca.or.cr

AQYLASA
LABORATORIO QUIMICO
TELEFAX:22723159
E-MAIL:aqylasa@ice.co.cr

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO **LQAQY 015-R-1 V-1**

Informe N° 30042015

Tipo de muestra:. Agua. Naciente Volio
Interesado: Hidrogeotecnia
Encargado de Muestreo: Laboratorio Silab
Fecha y hora de Muestreo: 22-04-2015.
Fecha de reporte de análisis: 30-04-2015 .

Parámetro analizado	Valor reportado	Reglamento de Aguas potables N° 32327-S		Método de análisis LQAQY 016-
		Valor Recomendado	Valor Máximo	
TERCER NIVEL DE CONTROL – N-3				
Nitritos, mg/L	Menos de 0,1	0,05 mg/L	0,1 mg/L	**4500-NO_2
Amonio, mg/L	Menos de 0,3	-----	0,5 mg/L	LQ AQY 22
Arsénico, mg/L	Menos de 0,003	-----	0,01 mg/L	LQ AQY 20
Cadmio, mg/L	Menos de 0,003	-----	0,003 mg/L	LQ AQY 20
Cromo, mg/L	Menos de 0,025	-----	0,05 mg/L	LQ AQY 18
Mercurio, mg/L	Menos de 0,001	-----	0,001 mg/L	LQ AQY 10
Níquel, mg/L	Menos de 0,02	-----	0,02 mg/L	LQ AQY 18
Antimonio, mg/L	Menos de 0,001	-----	0,005 mg/L	**3500-Sb
Selenio, mg/L	Menos de 0,002	-----	0,01 mg/L	LQ AQY 20

Con base en los parámetros fisicoquímicos analizados, esta muestra de agua cumple con los valores máximos permisibles, establecidos en el Reglamento de aguas potables N° 32327-S. para nivel N-3

METODOLOGÍA DE ANALISIS. Standard Methods for the examination of Water and Waste Water. 22 th. Ed, 2012.

Este informe no podrá ser reproducido en forma parcial o total sin la aprobación escrita de AQYLA,.S.A.

*** Los análisis con las siglas LQ AQY corresponden a métodos de análisis acreditados por el ECA. Ver alcance en (www.eca.or.cr).**

**** Ensayo no acreditado**

Los resultados de los análisis de este informe, solamente se refieren a las muestras aquí escritas.

Atentamente,

Licenciada Química
Leonor Rodríguez Montero
M.I. 428

Lic.Leonor Rodriguez M.
Química

Anexo 13. Balance Hídrico de Suelos con SIG

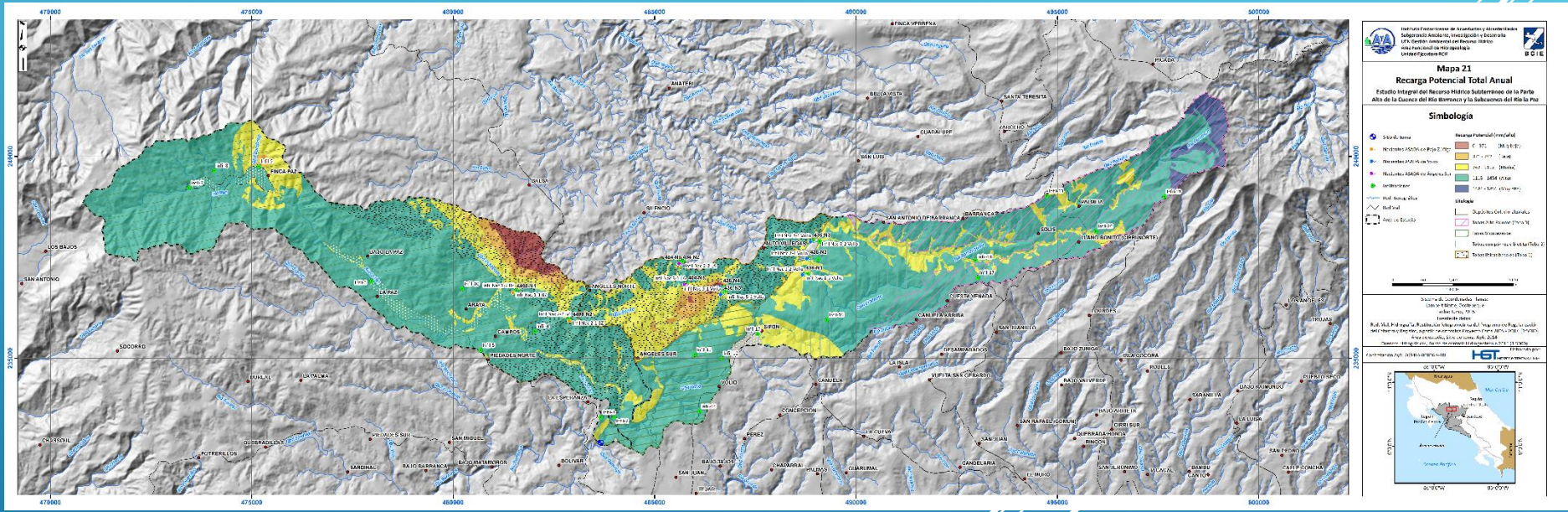
Anexo 14. Mapas de balance hídrico de suelos para las subcuencas Río La Paz y Barranca

Mapas de parámetros generales por geología

1. Mapa de Agua Útil
2. Mapa de Capacidad de Campo de suelos (CC)
3. Mapa de Coeficiente de Follaje (Cfo)
4. Mapa de Coeficiente de Infiltración (CI)
5. Mapa de Densidad Aparente (Da)
6. Mapa de Escorrentía Superficial Anual
7. Mapas de Evapotranspiración Potencial Anual
8. Mapas de Evapotranspiración Real Anual
9. Mapa de Infiltración básica del suelo (fc)
10. Mapa de fracción que infiltra (kfc)
11. Mapa de fracción que infiltra por efecto de la pendiente (kp)
12. Mapa de fracción que infiltra por efecto de la cobertura vegetal (kv)
13. Mapa de Punto de Marchitez Permanente del Suelo (PM)
14. Mapas de Precipitación Anual
15. Mapa de Profundidad en las Raíces
16. Mapas de Recarga Potencial Anual
17. Mapas de Retención de lluvia en el follaje Anual

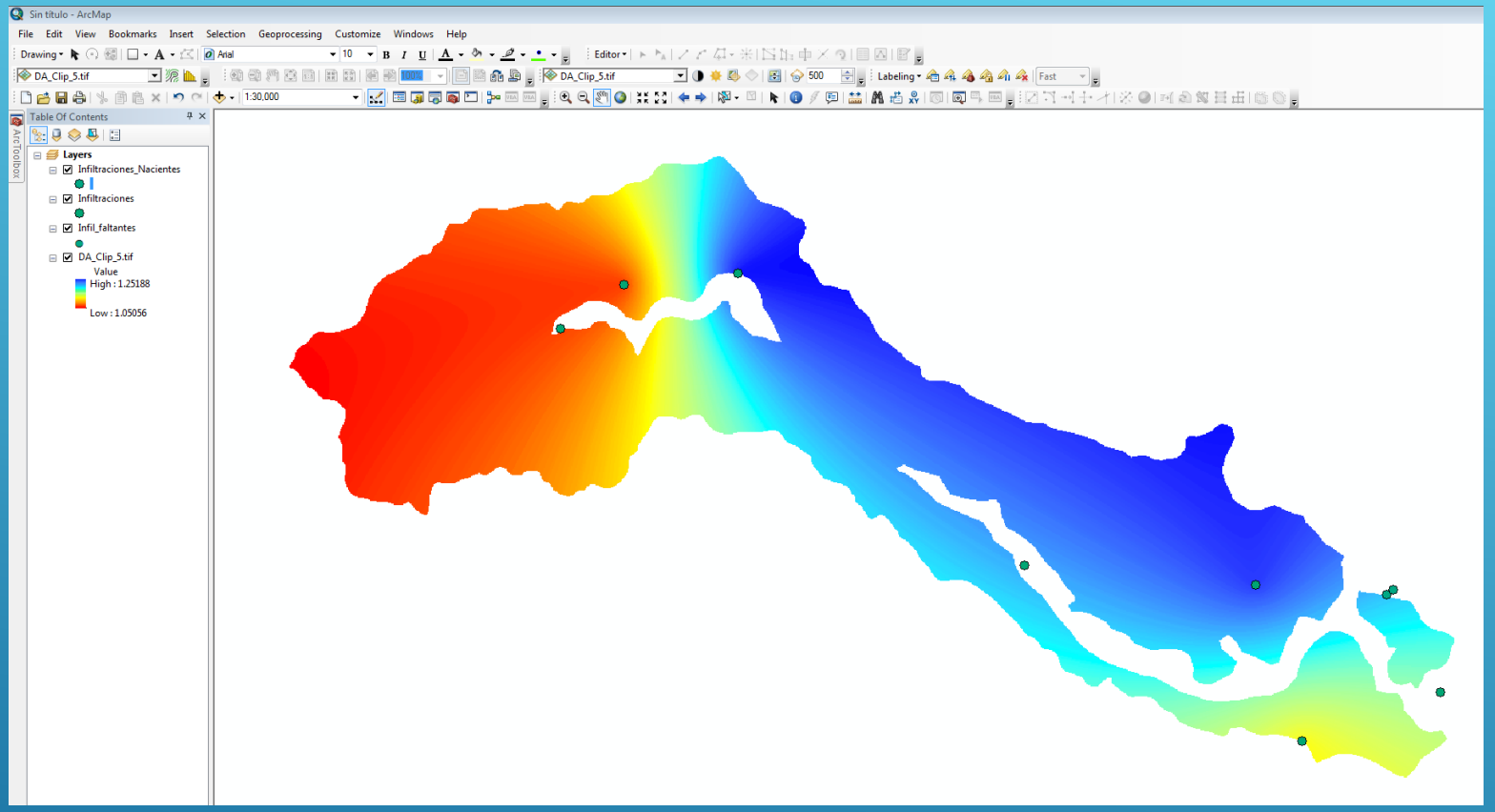
BHS – SIG (aplicación del método)

Recarga



BHS – SIG (prop. física de los suelos)

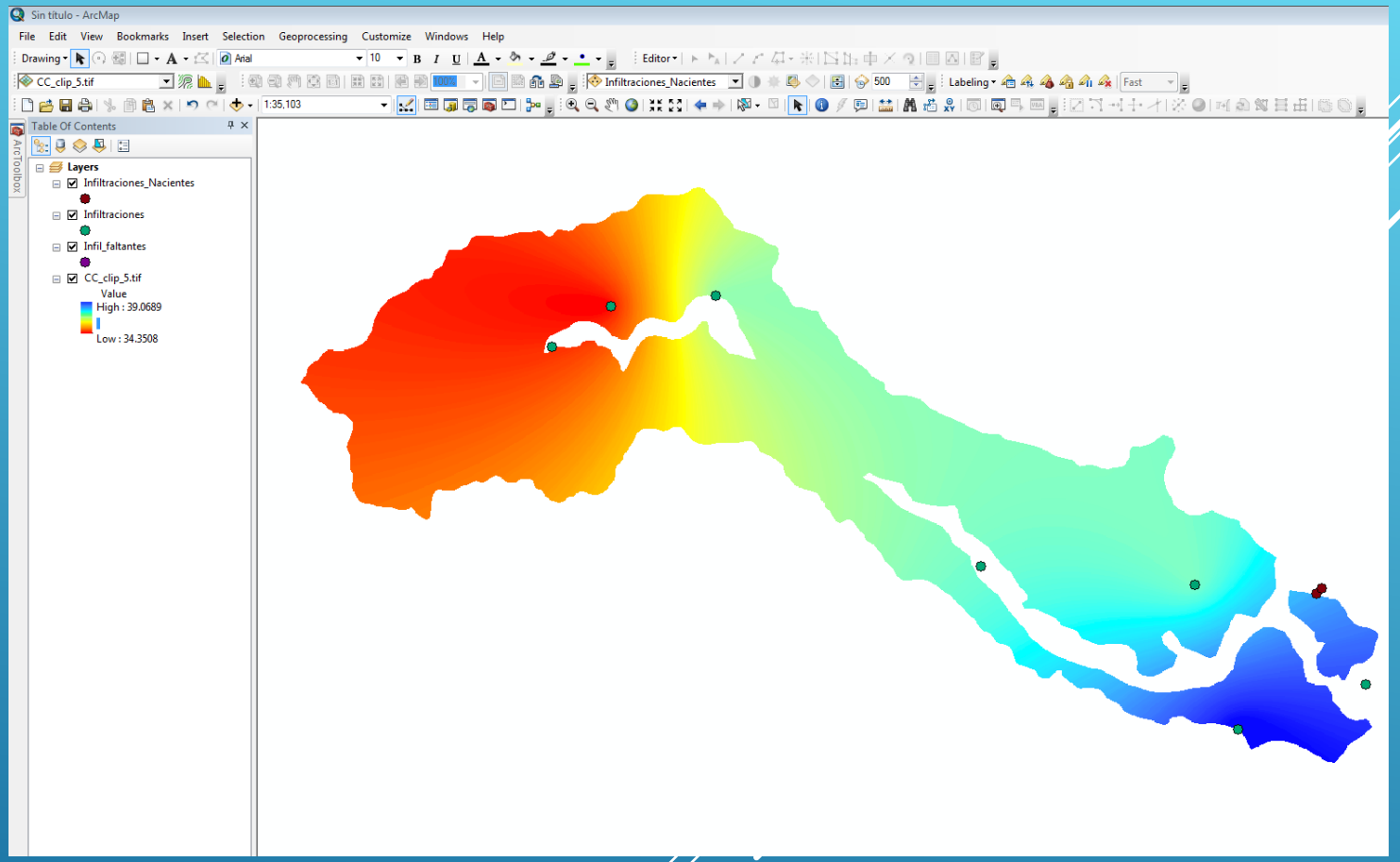
Densidad aparente (Da en g/cc)



Infil	X	Y	Uso	Infil	CC	PM	AU	DA
Infil-5	444155	1120773	Urbano	192	39.07	22.34	16.73	1.12
Infil-8	437543	1125228	Pastos con arboles dispersos	300	34.35	20.82	13.53	1.06
Infil-9	438655	1125334	Pastos	70	36.89	20.68	16.21	1.25
Infil-10	443701	1122295	Pastos	772	37.04	21.39	15.65	1.24

BHS – SIG (prop. física de los suelos)

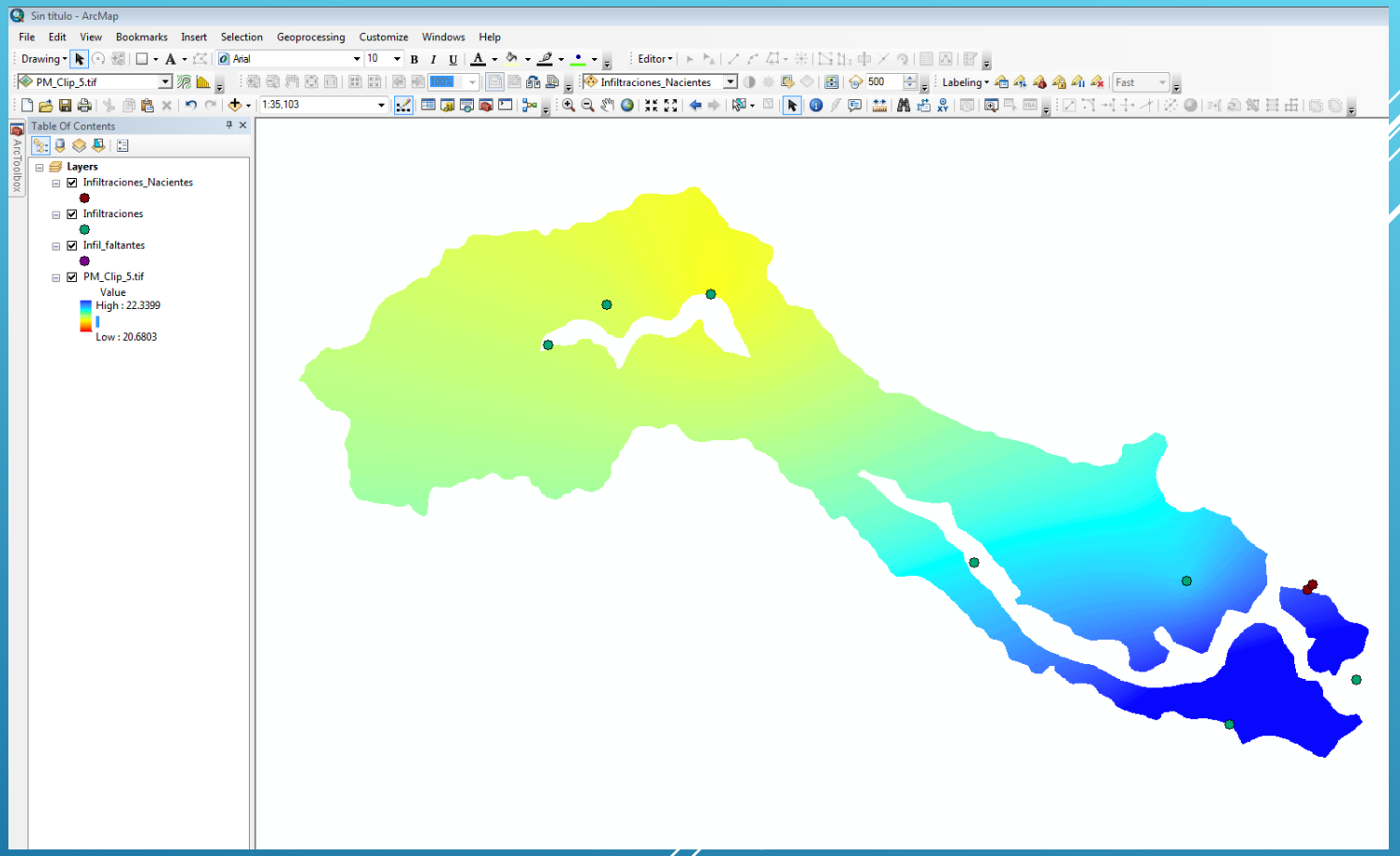
Capacidad de campo (CC en %)



Infil	X	Y	Uso	Infil	CC	PM	AU	DA
Infil-5	444155	1120773	Urbano	192	39.07	22.34	16.73	1.12
Infil-8	437543	1125228	Pastos con arboles dispersos	300	34.35	20.82	13.53	1.06
Infil-9	438655	1125334	Pastos	70	36.89	20.68	16.21	1.25
Infil-10	443701	1122295	Pastos	772	37.04	21.39	15.65	1.24

BHS – SIG (prop. física de los suelos)

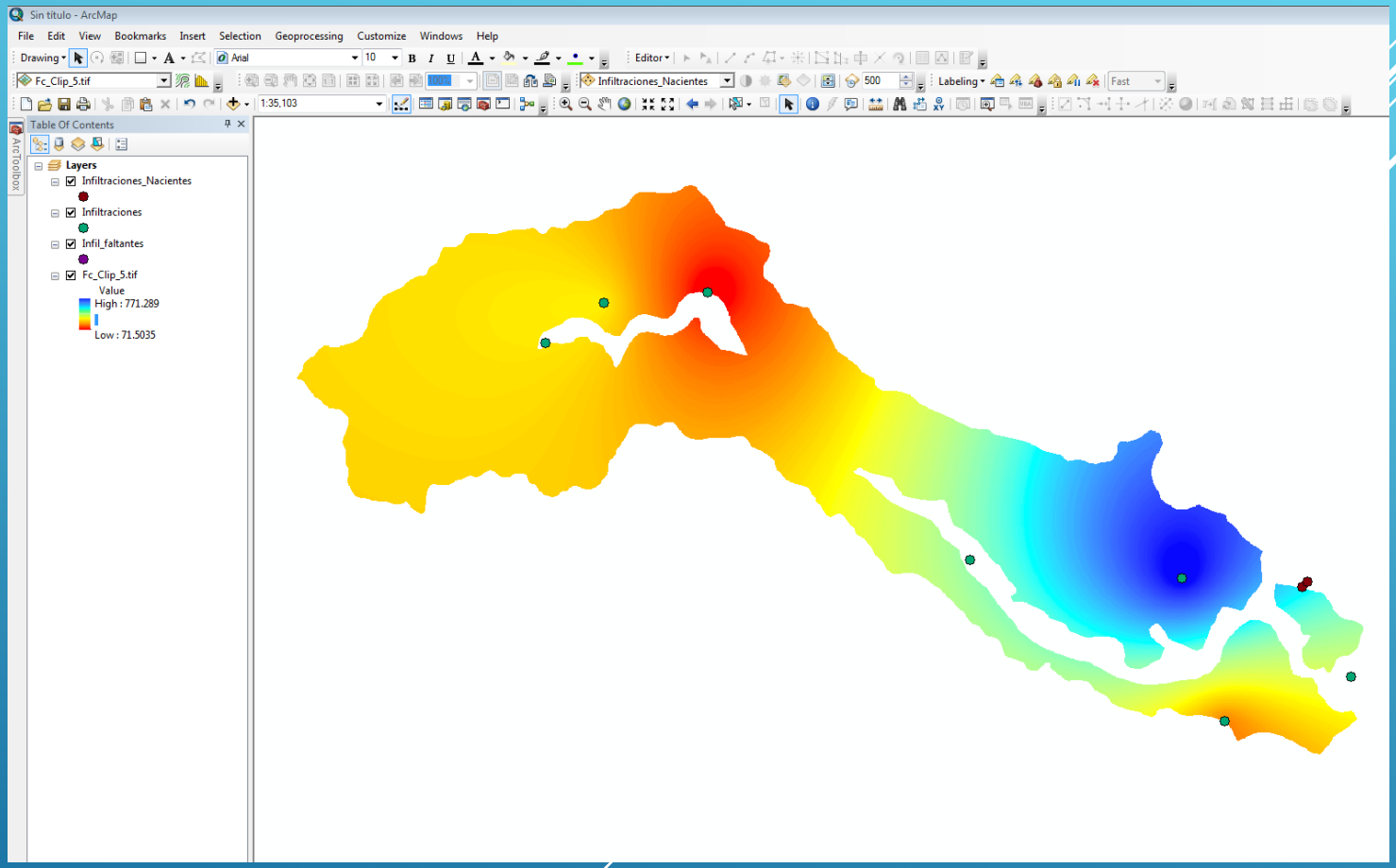
Punto de m (PM en %)



Infil	X	Y	Uso	Infil	CC	PM	AU	DA
Infil-5	444155	1120773	Urbano	192	39.07	22.34	16.73	1.12
Infil-8	437543	1125228	Pastos con arboles dispersos	300	34.35	20.82	13.53	1.06
Infil-9	438655	1125334	Pastos	70	36.89	20.68	16.21	1.25
Infil-10	443701	1122295	Pastos	772	37.04	21.39	15.65	1.24

BHS – SIG (prop. física de los suelos)

Infiltración básica del suelo (fc en mm/d)



Infil	X	Y	Uso	Infil	CC	PM	AU	DA
Infil-5	444155	1120773	Urbano	192	39.07	22.34	16.73	1.12
Infil-8	437543	1125228	Pastos con arboles dispersos	300	34.35	20.82	13.53	1.06
Infil-9	438655	1125334	Pastos	70	36.89	20.68	16.21	1.25
Infil-10	443701	1122295	Pastos	772	37.04	21.39	15.65	1.24

BHS – SIG (aplicación del método)

Agua útil

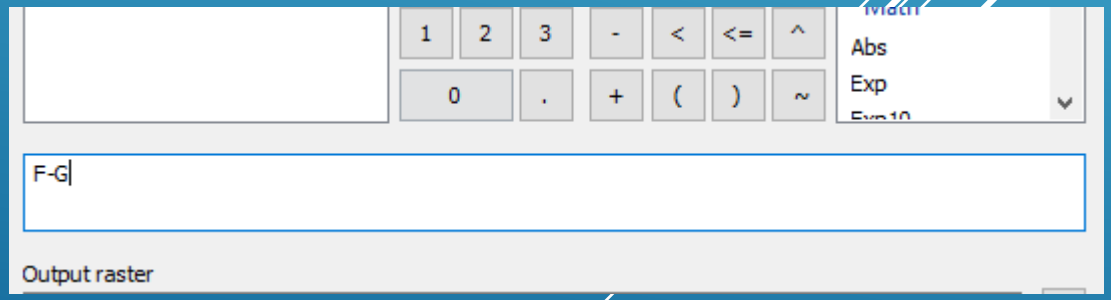
H = AU (F – G)

AU= Agua útil

CC= Capacidad de Campo

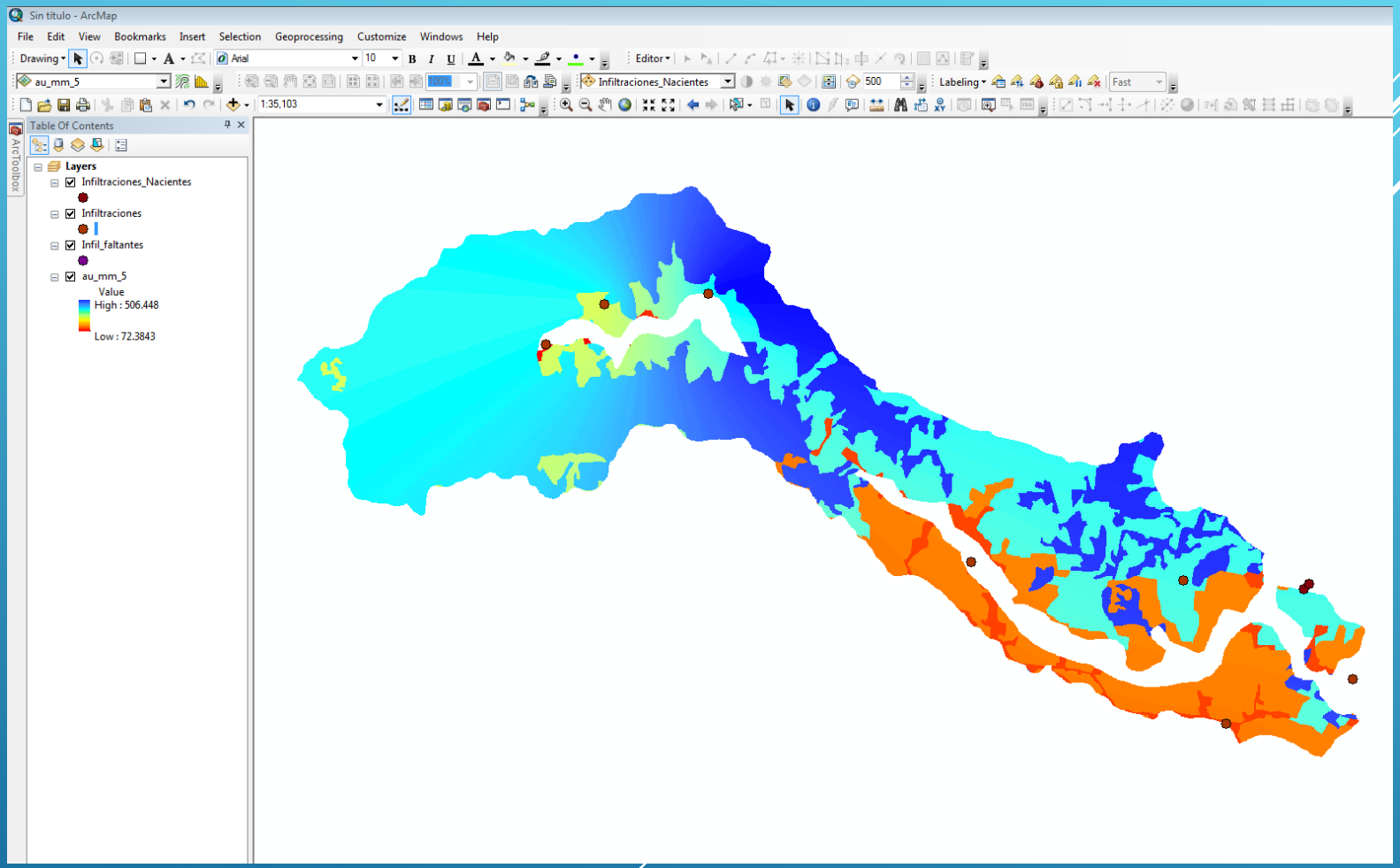
PM= Punto de Marchitez

H=Agua útil =AU= (CC-PM)



BHS – SIG (prop. física de los suelos)

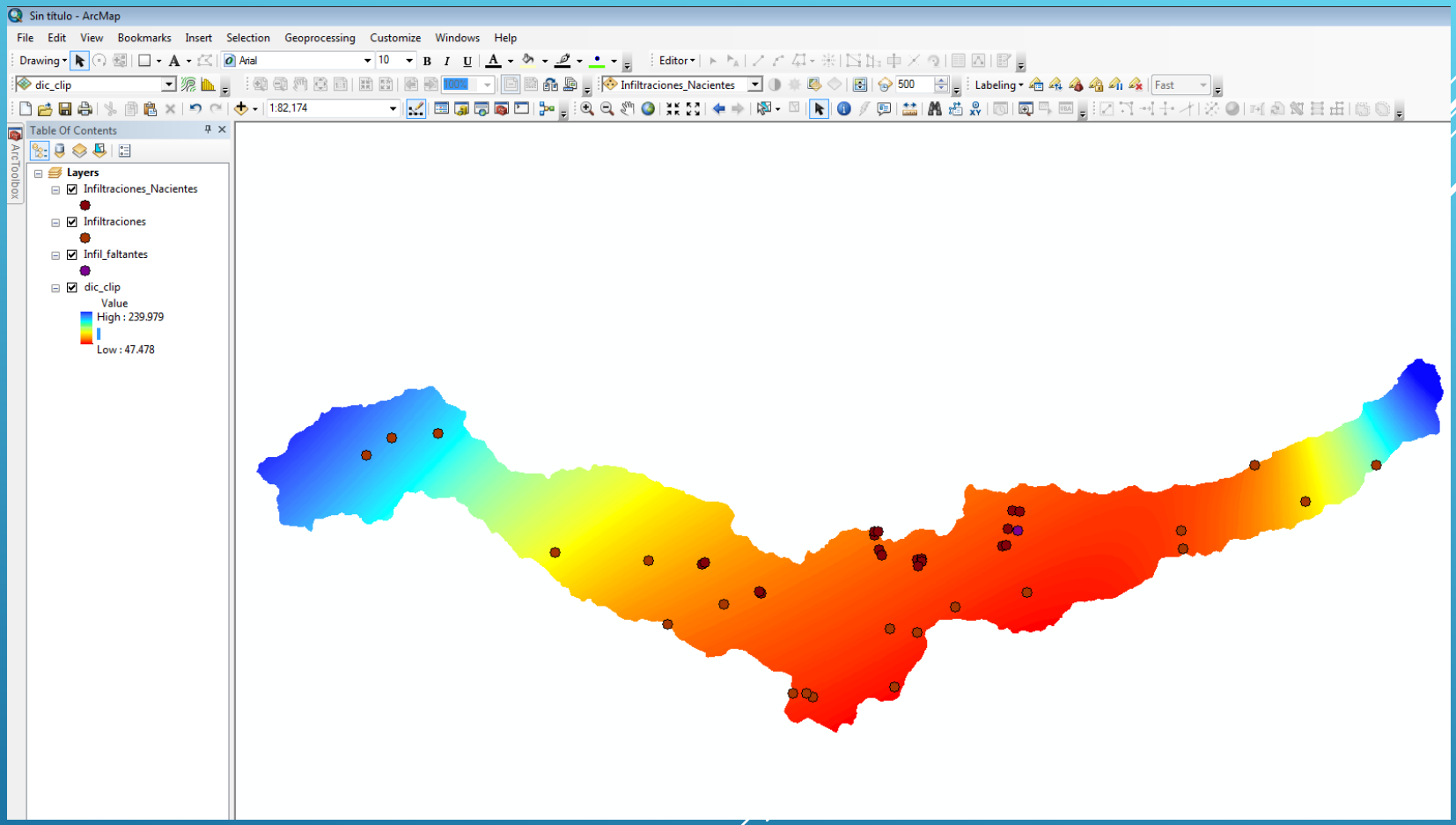
Agua útil (en mm)



Infil	X	Y	Uso	Infil	CC	PM	AU	DA
Infil-5	444155	1120773	Urbano	192	39.07	22.34	16.73	1.12
Infil-8	437543	1125228	Pastos con arboles dispersos	300	34.35	20.82	13.53	1.06
Infil-9	438655	1125334	Pastos	70	36.89	20.68	16.21	1.25
Infil-10	443701	1122295	Pastos	772	37.04	21.39	15.65	1.24

BHS – SIG (aplicación del método)

Precipitación media mensual (mm/mes)

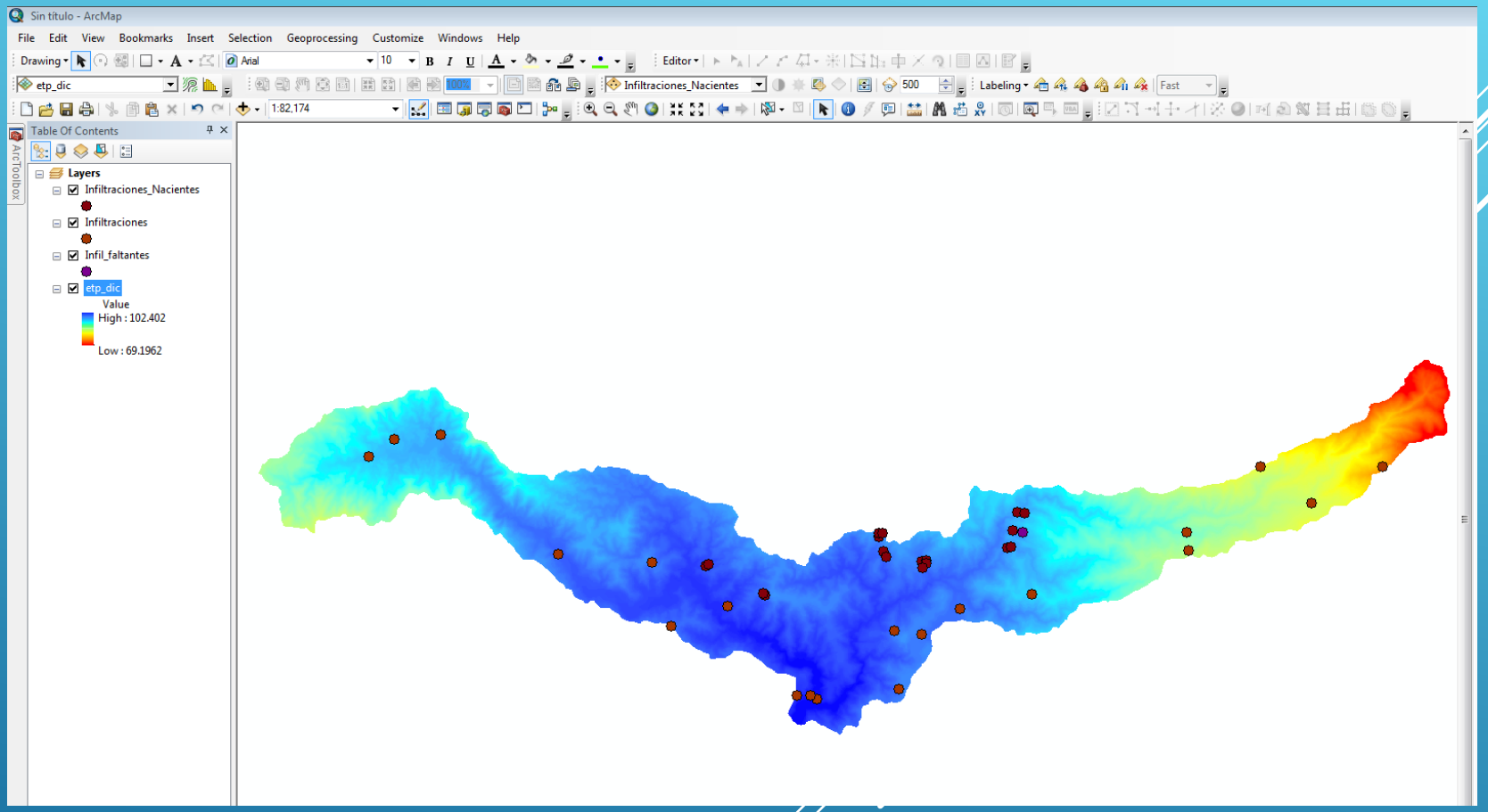


(diciembre)

Infil	X	Y	Uso	Infil	CC	PM	AU	DA
Infil-5	444155	1120773	Urbano	192	39.07	22.34	16.73	1.12
Infil-8	437543	1125228	Pastos con arboles dispersos	300	34.35	20.82	13.53	1.06
Infil-9	438655	1125334	Pastos	70	36.89	20.68	16.21	1.25
Infil-10	443701	1122295	Pastos	772	37.04	21.39	15.65	1.24

BHS – SIG (aplicación del método)

ETP media mensual (mm/mes)

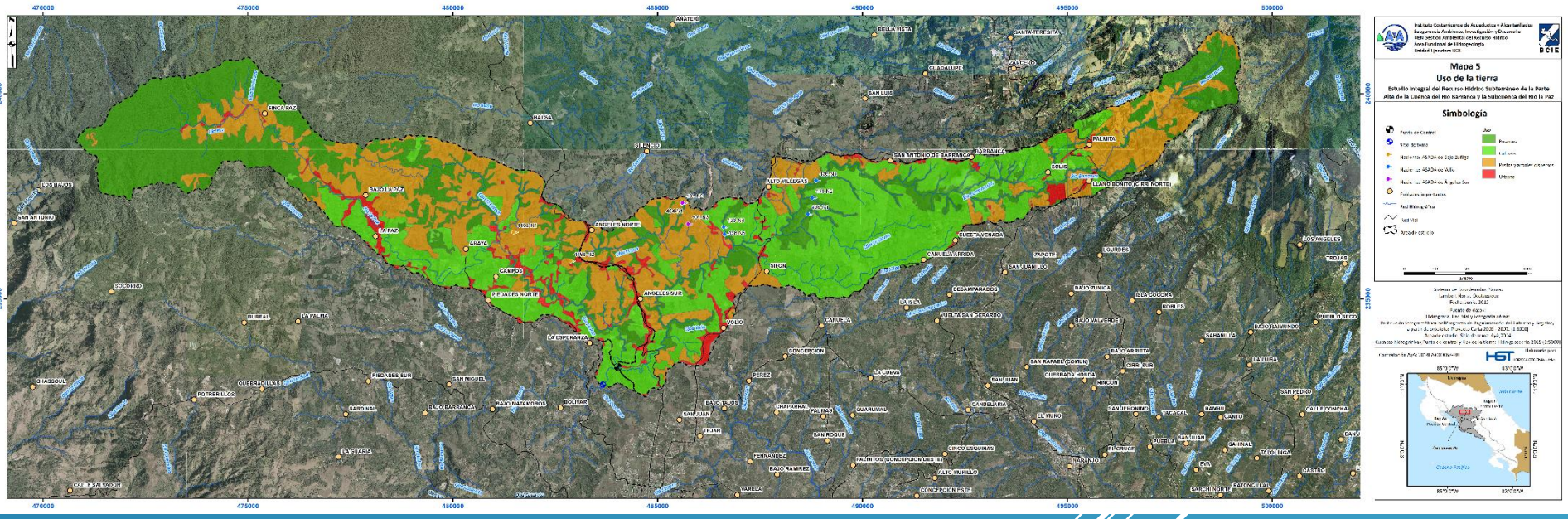


(diciembre)

Infil	X	Y	Uso	Infil	CC	PM	AU	DA
Infil-5	444155	1120773	Urbano	192	39.07	22.34	16.73	1.12
Infil-8	437543	1125228	Pastos con arboles dispersos	300	34.35	20.82	13.53	1.06
Infil-9	438655	1125334	Pastos	70	36.89	20.68	16.21	1.25
Infil-10	443701	1122295	Pastos	772	37.04	21.39	15.65	1.24

BHS – SIG (aplicación del método)

Uso de la tierra



Infil	X	Y	Uso	Infil	CC	PM	AU	DA
Infil-5	444155	1120773	Urbano	192	39.07	22.34	16.73	1.12
Infil-8	437543	1125228	Pastos con arboles dispersos	300	34.35	20.82	13.53	1.06
Infil-9	438655	1125334	Pastos	70	36.89	20.68	16.21	1.25
Infil-10	443701	1122295	Pastos	772	37.04	21.39	15.65	1.24

BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de infiltración del suelo (Ci)

Si Kp+Kv+Kfc es mayor de 1, Ci =1.
Si Kp+Kv+Kfc es menor o igual a 1, entonces Ci = Kp + Kv + Kfc.

$$Kfc = 0{,}267\ln(fc) - 0{,}000154fc - 0{,}723$$

Donde:
Kfc [adimensional] = Coeficiente de infiltración (fracción que infiltra por textura del suelo);
fc [mm/día] = Infiltración básica del suelo.

Componentes del coeficiente de infiltración (Schosinsky & Losilla, 2000).

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

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

BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de infiltración del suelo (Ci)

Si Kp+Kv+Kfc es mayor de 1, Ci =1.
Si Kp+Kv+Kfc es menor o igual a 1, entonces Ci = Kp + Kv + Kfc.

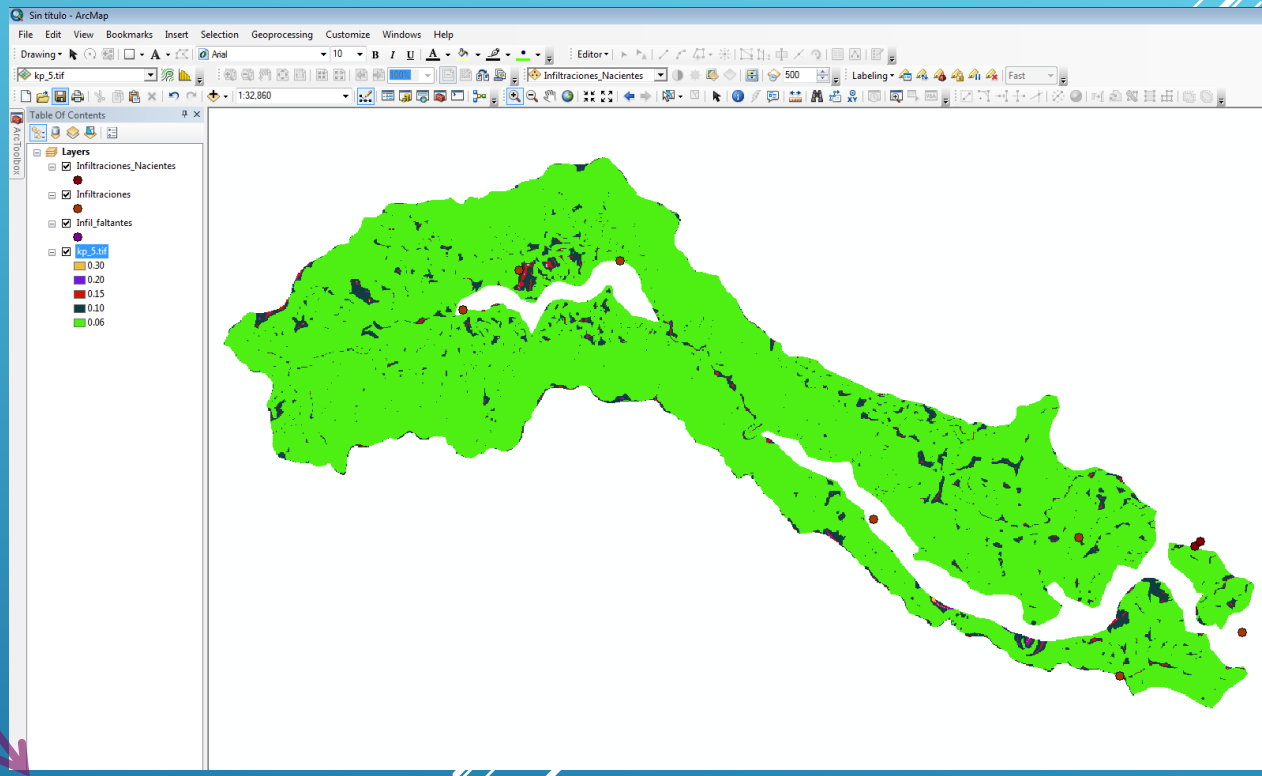
$$Kfc = 0{,}267\ln(fc) - 0{,}000154fc - 0{,}723$$

Donde:
Kfc [adimensional] = Coeficiente de infiltración (fracción que infiltra por textura del suelo);
fc [mm/día] = Infiltración básica del suelo.

Componentes del coeficiente de infiltración (Schosinsky & Losilla, 2000).

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

Kp



Para el cálculo de la pendiente en porcentaje se utilizó el geoprocesamiento llamado SLOPE, el cual requiere de insumo el modelo de elevación digital del terreno. Posteriormente se utilizó la herramienta de reclasificar, para signar los valores según Shosinsky & Losilla, 2000.

BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de infiltración del suelo (Ci)

Si Kp+Kv+Kfc es mayor de 1, Ci =1.
Si Kp+Kv+Kfc es menor o igual a 1, entonces Ci = Kp + Kv + Kfc.

$$Kfc = 0{,}267\ln(fc) - 0{,}000154fc - 0{,}723$$

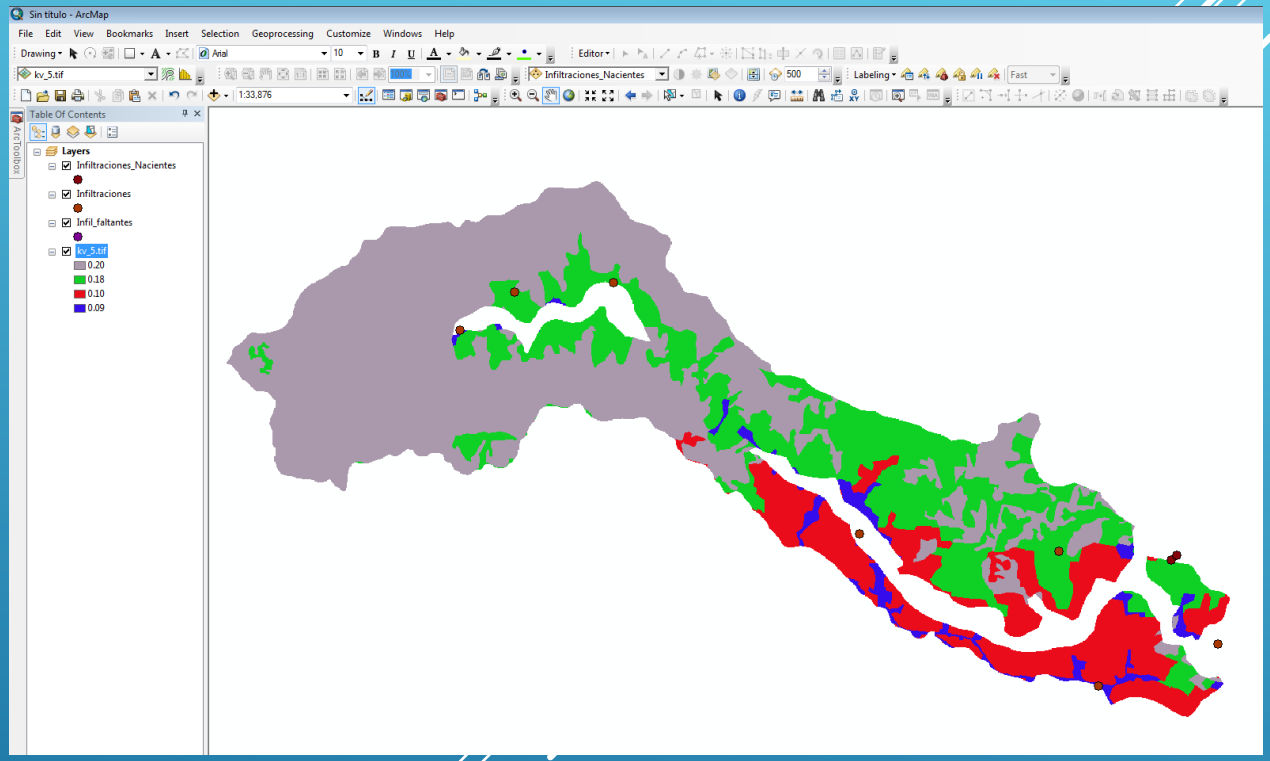
Donde:
Kfc [adimensional] = Coeficiente de infiltración (fracción que infiltra por textura del suelo);
fc [mm/día] = Infiltración básica del suelo.

Componentes del coeficiente de infiltración (Schosinsky & Losilla, 2000).

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

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

Kv



BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de infiltración del suelo (Ci)

Si Kp+Kv+Kfc es mayor de 1, Ci =1.
Si Kp+Kv+Kfc es menor o igual a 1, entonces
Ci = Kp + Kv + Kfc.

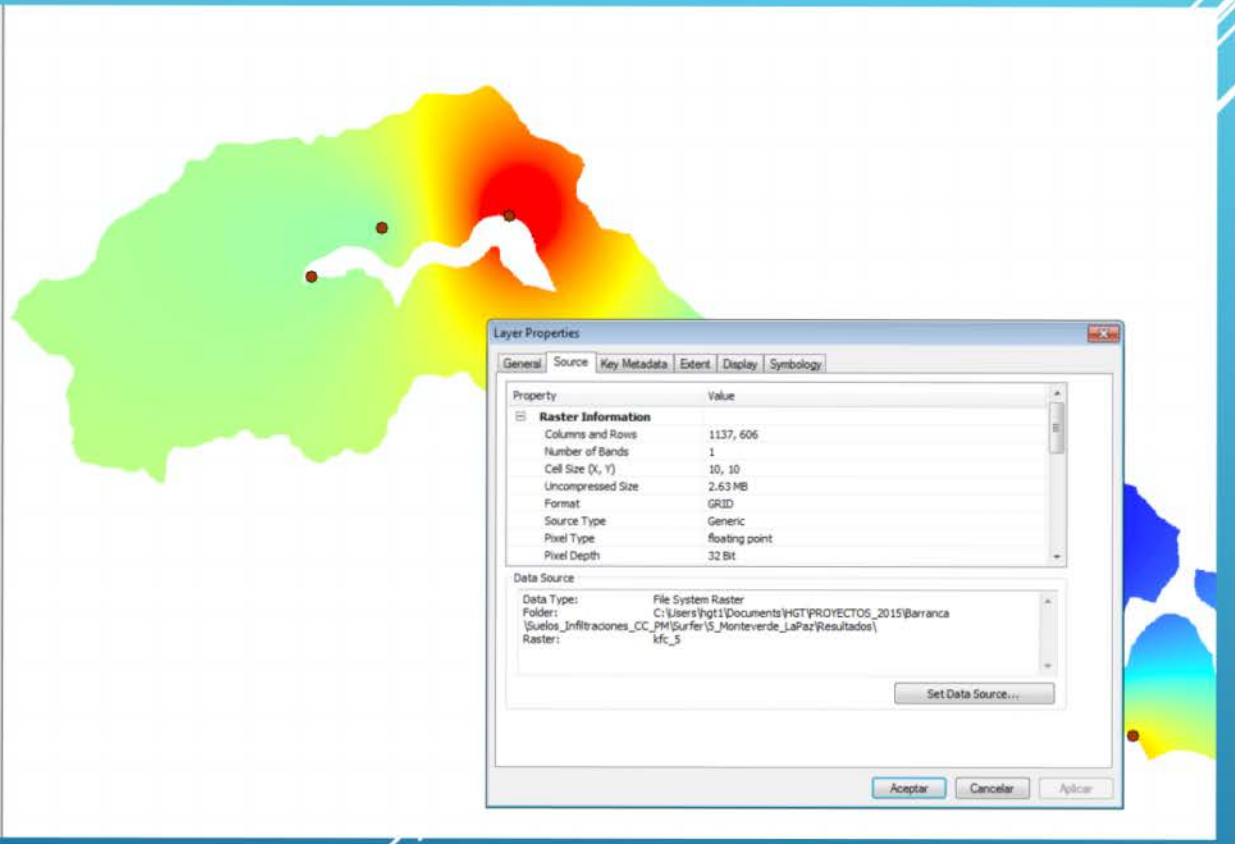
$$Kfc = 0{,}267\ln(fc) - 0{,}000154fc - 0{,}723$$

Donde:
Kfc [adimensional] = Coeficiente de infiltración (fracción que infiltra por textura del suelo);
fc [mm/día] = Infiltración básica del suelo.

Componentes del coeficiente de infiltración (Schosinsky & Losilla, 2000).

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

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



BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de infiltración del suelo (Ci)

Si Kp+Kv+Kfc es mayor de 1, Ci =1.
Si Kp+Kv+Kfc es menor o igual a 1, entonces Ci = Kp + Kv + Kfc.

$$Kfc = 0{,}267\ln(fc) - 0{,}000154fc - 0{,}723$$

Donde:
Kfc [adimensional] = Coeficiente de infiltración (fracción que infiltra por textura del suelo);
fc [mm/día] = Infiltración básica del suelo.

Componentes del coeficiente de infiltración (Schosinsky & Losilla, 2000).

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

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

A = Fc

B = Kfc

C = Kp

D = Kv

E = Ci

F = CC

G = PM

H = AU (F – G)

I = PP

J = ETP

K = Cfo

L = Ret

LL = Pi

M = Esc

N = Hsi

O = C1

P = C2

Q = HD

R = ETR

S = Hsf

T = Rec

BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de infiltración del suelo (Ci)

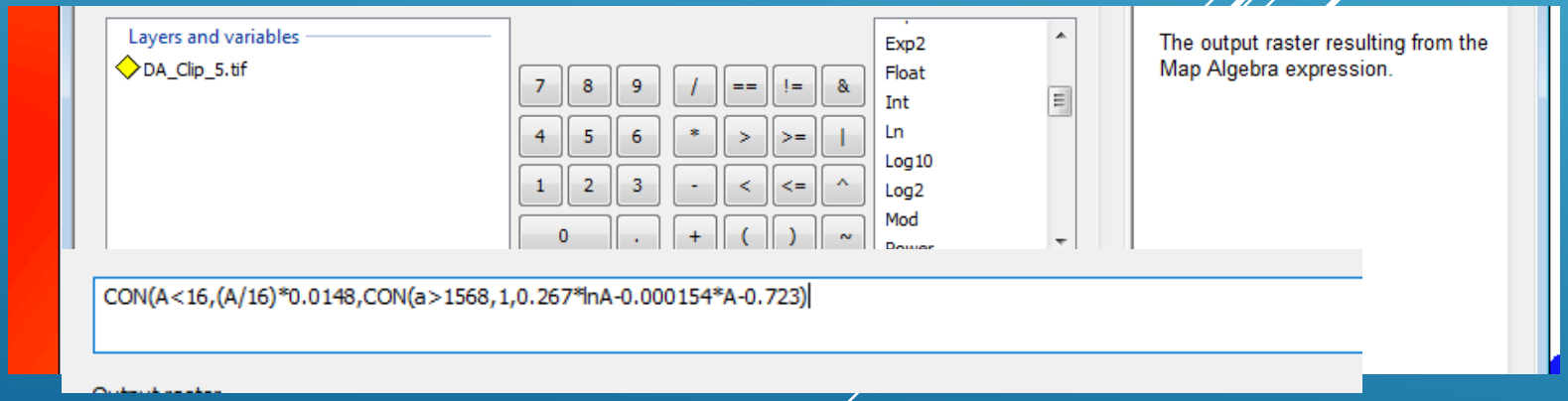
Si Kp+Kv+Kfc es mayor de 1, Ci =1.
Si Kp+Kv+Kfc es menor o igual a 1, entonces Ci = Kp + Kv + Kfc.

$$Kfc = 0{,}267\ln(fc) - 0{,}000154fc - 0{,}723$$

Donde:
Kfc [adimensional] = Coeficiente de infiltración (fracción que infiltra por textura del suelo);
fc [mm/día] = Infiltración básica del suelo.

Si fc se encuentra entre 16 y 1568 mm/día $Kfc = 0{,}267\ln(fc) - 0{,}000154fc - 0{,}723$
Si fc es menor a 16 mm/día $Kfc = 0{,}0148fc/16$
Si fc es mayor de 1568 mm/día $Kfc = 1$

Kfc



BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de infiltración del suelo (Ci)

Si Kp+Kv+Kfc es mayor de 1, Ci =1.
Si Kp+Kv+Kfc es menor o igual a 1, entonces Ci = Kp + Kv + Kfc.

$$Kfc = 0{,}267\ln(fc) - 0{,}000154fc - 0{,}723$$

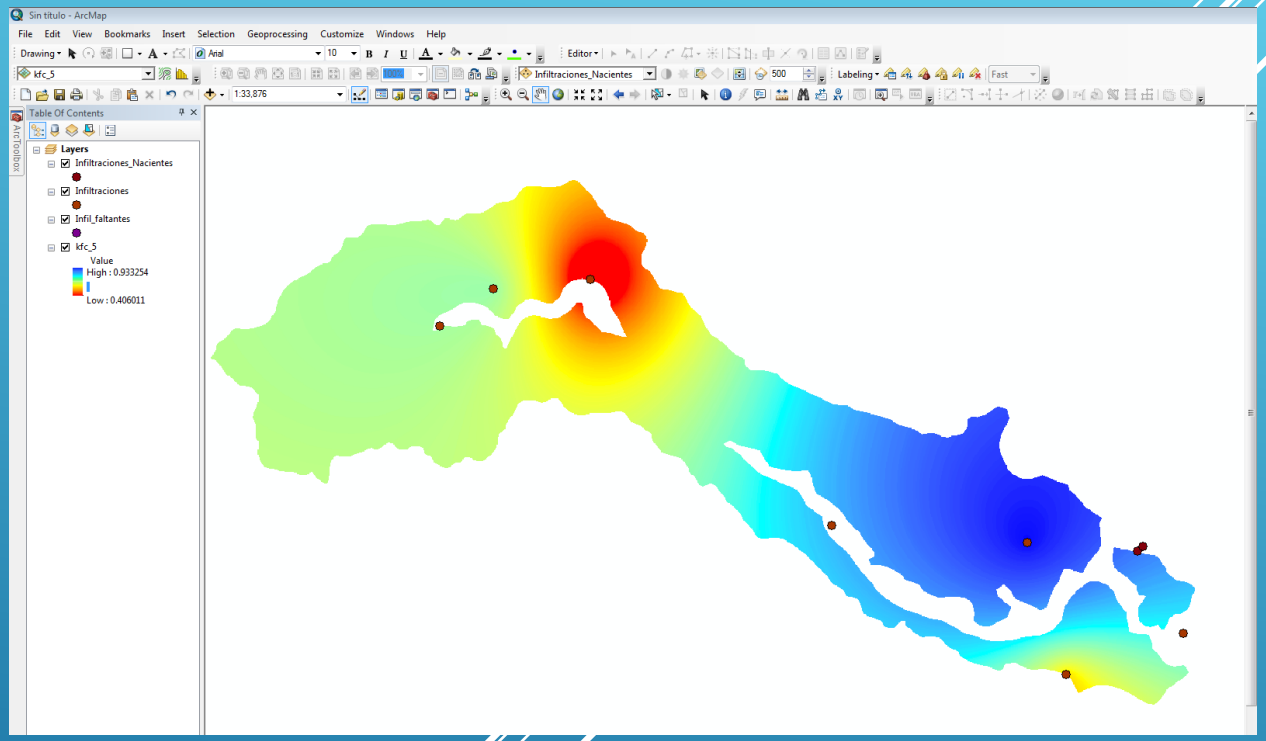
Donde:
Kfc [adimensional] = Coeficiente de infiltración (fracción que infiltra por textura del suelo);
fc [mm/día] = Infiltración básica del suelo.

Componentes del coeficiente de infiltración (Schosinsky & Losilla, 2000).

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

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

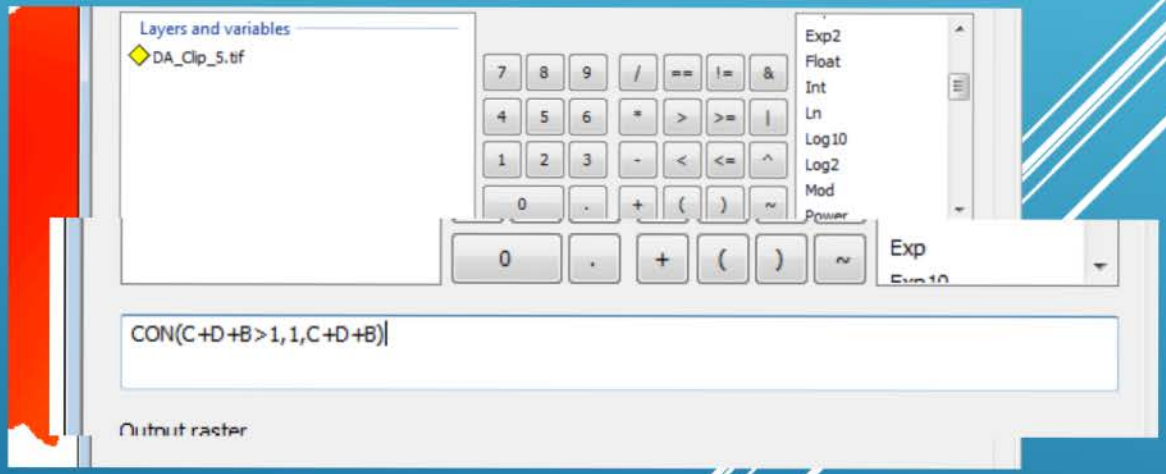
Kfc



BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de infiltración del suelo (Ci)

Si Kp+Kv+Kfc es mayor de 1, Ci =1.
Si Kp+Kv+Kfc es menor o igual a 1, entonces
Ci = Kp + Kv + Kfc.



BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de infiltración del suelo (Ci)

Si Kp+Kv+Kfc es mayor de 1, Ci =1.
Si Kp+Kv+Kfc es menor o igual a 1, entonces Ci = Kp + Kv + Kfc.

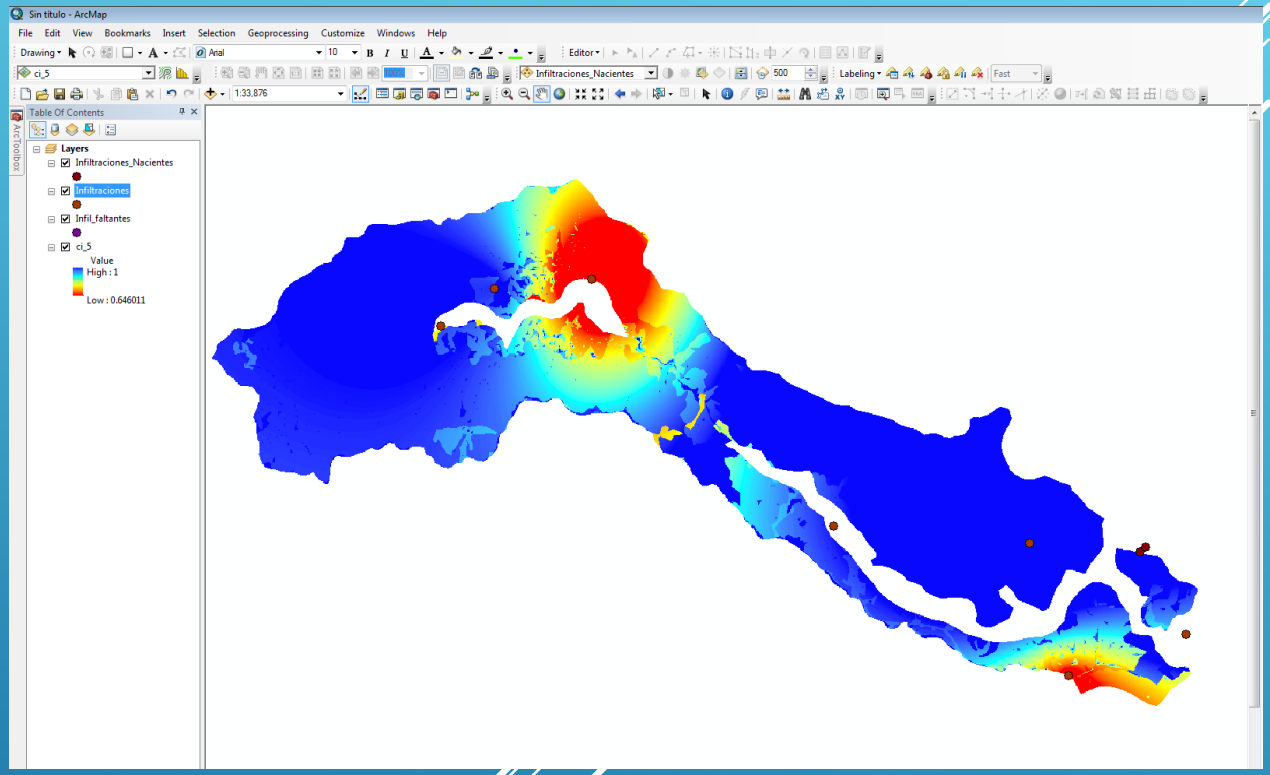
$$Kfc = 0{,}267\ln(fc) - 0{,}000154fc - 0{,}723$$

Donde:
Kfc [adimensional] = Coeficiente de infiltración (fracción que infiltra por textura del suelo);
fc [mm/día] = Infiltración básica del suelo.

Componentes del coeficiente de infiltración (Schosinsky & Losilla, 2000).

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

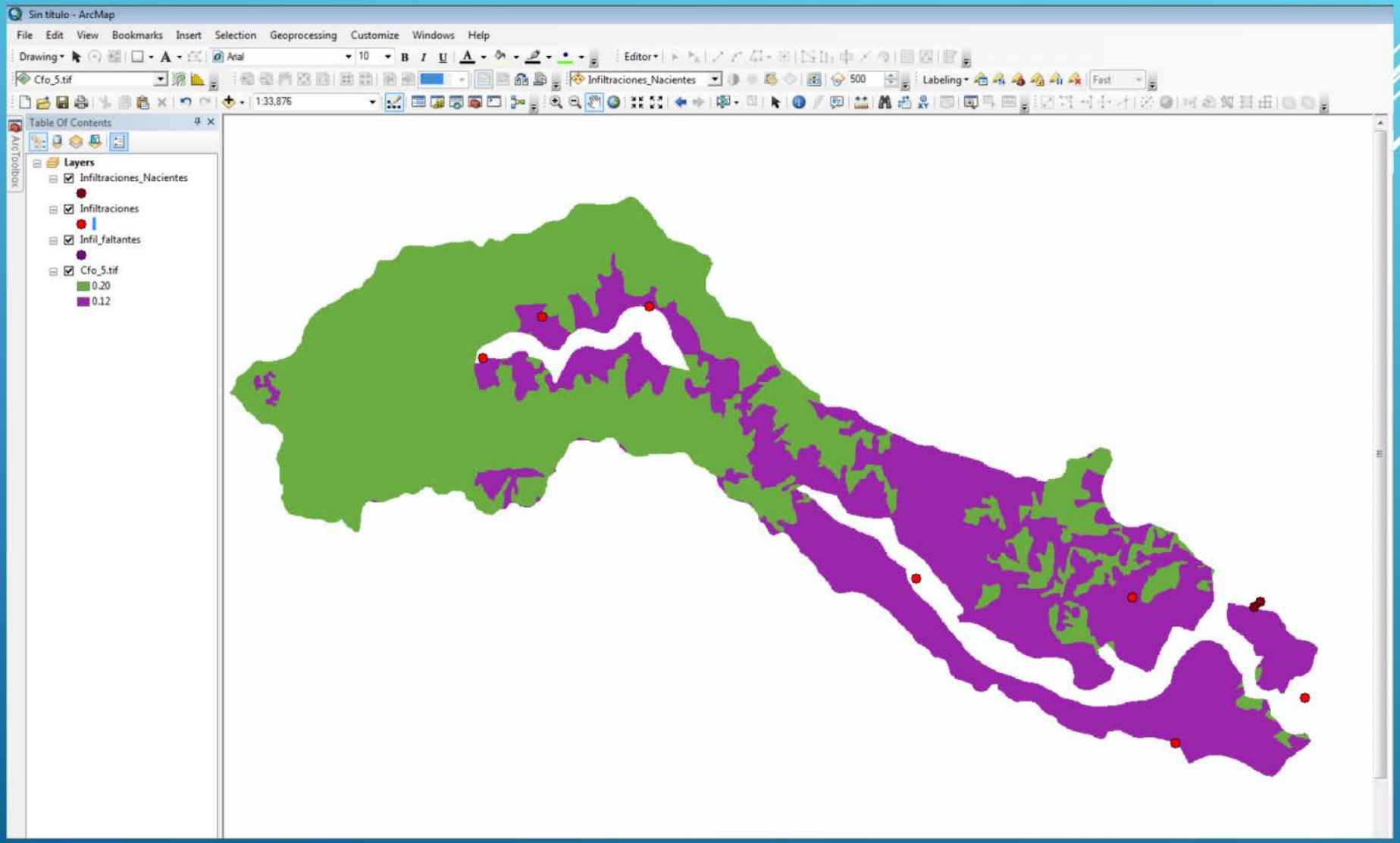
Por cobertura vegetal:	Kv
Cobertura con zacate menos del 50%	0,09
Terrenos cultivados	0,10
Cobertura con pastizal	0,18
Bosques	0,20
Cobertura con zacate más del 75%	0,21



Ci

BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de ret del follaje (Cfo)



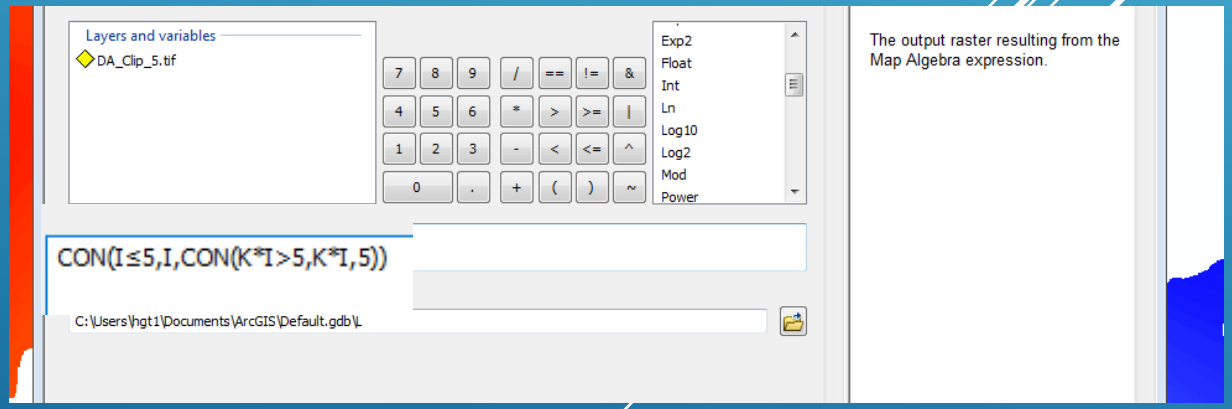
BHS – SIG (aplicación del método)

Retención de lluvia por follaje (RET)

Ecuación para el cálculo de la retención mensual de lluvia por follaje. (1)

Si P es menor o igual a 5 mm/mes, Ret = P.
Si el producto (P)(Cfo) es mayor o igual de 5 mm/mes, Ret = (P)(Cfo).
Si P es mayor de 5mm/mes y el producto (P)(Cfo) menor de 5, Ret = 5.

Donde:
P = Precipitación mensual del mes [mm/mes].
Ret = Retención de lluvia en el follaje [mm/mes].
Cfo = Coeficiente de retención del follaje, para bosques muy densos Cfo = 0,20, otros Cfo = 0,12 [adimensional].



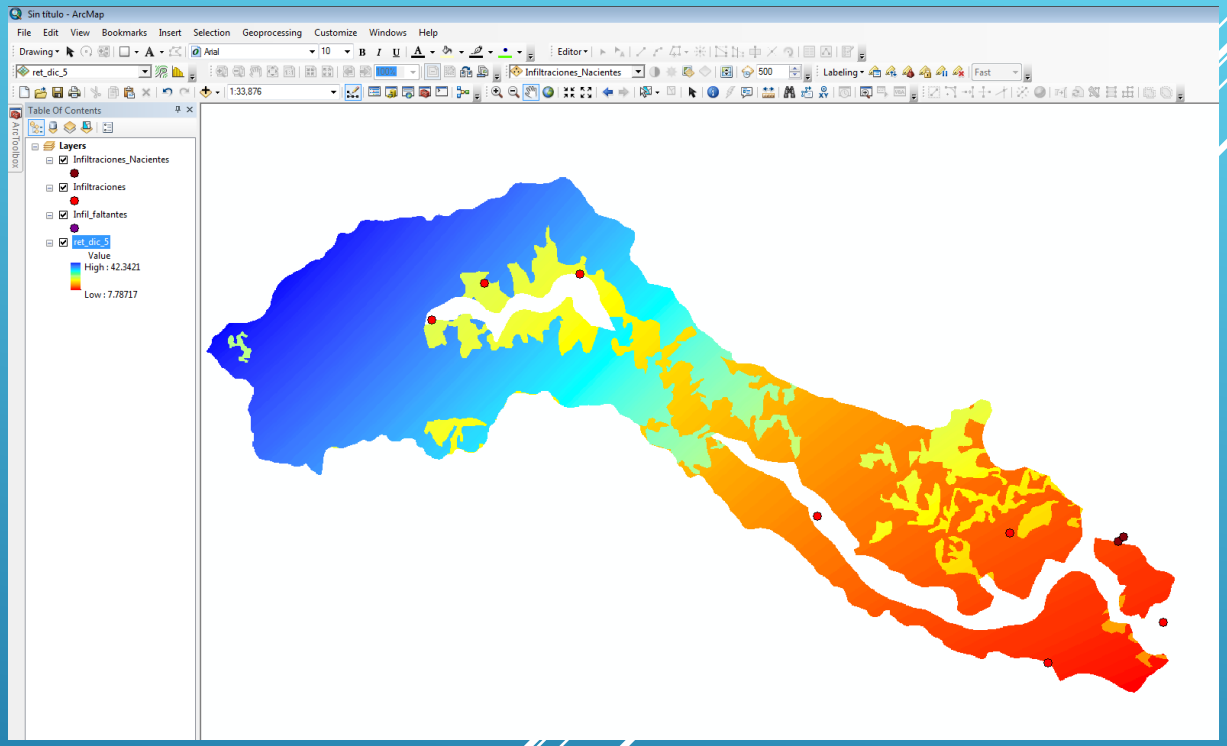
BHS – SIG (aplicación del método)

Retención de lluvia por follaje (RET)

Ecuación para el cálculo de la retención mensual de lluvia por follaje. (1)

Si P es menor o igual a 5 mm/mes, Ret = P.
Si el producto (P)(Cfo) es mayor o igual de 5 mm/mes, Ret = (P)(Cfo).
Si P es mayor de 5mm/mes y el producto (P)(Cfo) menor de 5, Ret = 5.

Donde:
P = Precipitación mensual del mes [mm/mes].
Ret = Retención de lluvia en el follaje [mm/mes].
Cfo = Coeficiente de retención del follaje, para bosques muy densos Cfo = 0,20, otros Cfo = 0,12 [adimensional].



RET dic

BHS – SIG (aplicación del método)

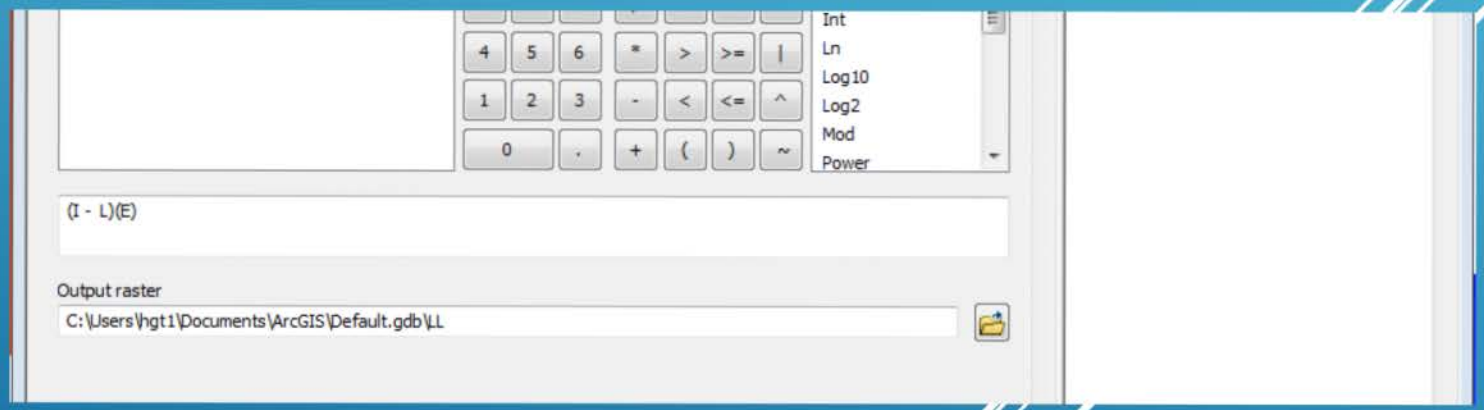
Precipitación que infiltra al suelo (Pi)

$$Pi = (Ci)(P\text{-}Ret) \qquad (4)$$

Donde:

Pi = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en [mm/mes].

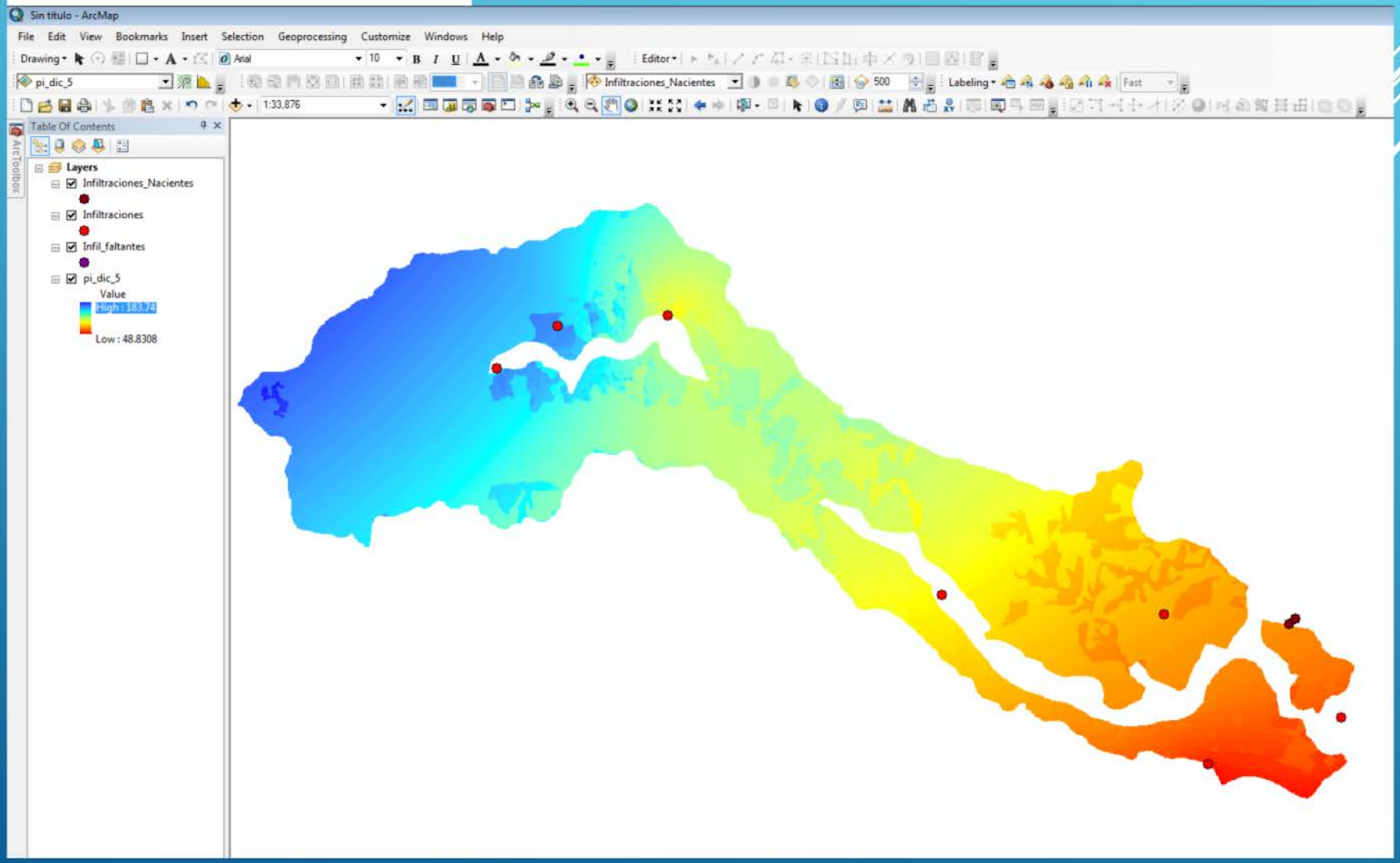
Ci = Coeficiente de infiltración [adimensional] (ecuación 3)



BHS – SIG (aplicación del método)

Precipitación que infiltra al suelo (Pi)

$$Pi = (Ci)(P\text{-}Ret) \qquad (4)$$



BHS – SIG (aplicación del método)

Escorrentía superficial (ESC)

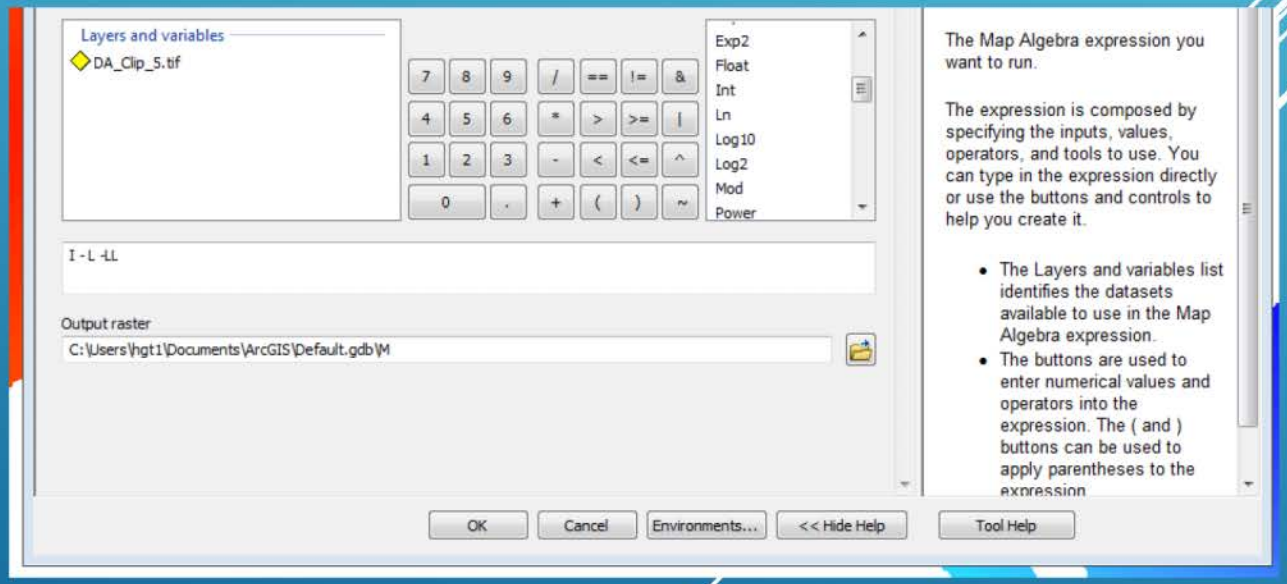
$$ESC = P - Ret - Pi \qquad (5)$$

ESC = Escorrentía superficial en mm/mes.

P = Precipitación en mm/mes (dato meteorológico).

Ret = Retención de lluvia mensual por follaje en mm/mes (ecuación 1).

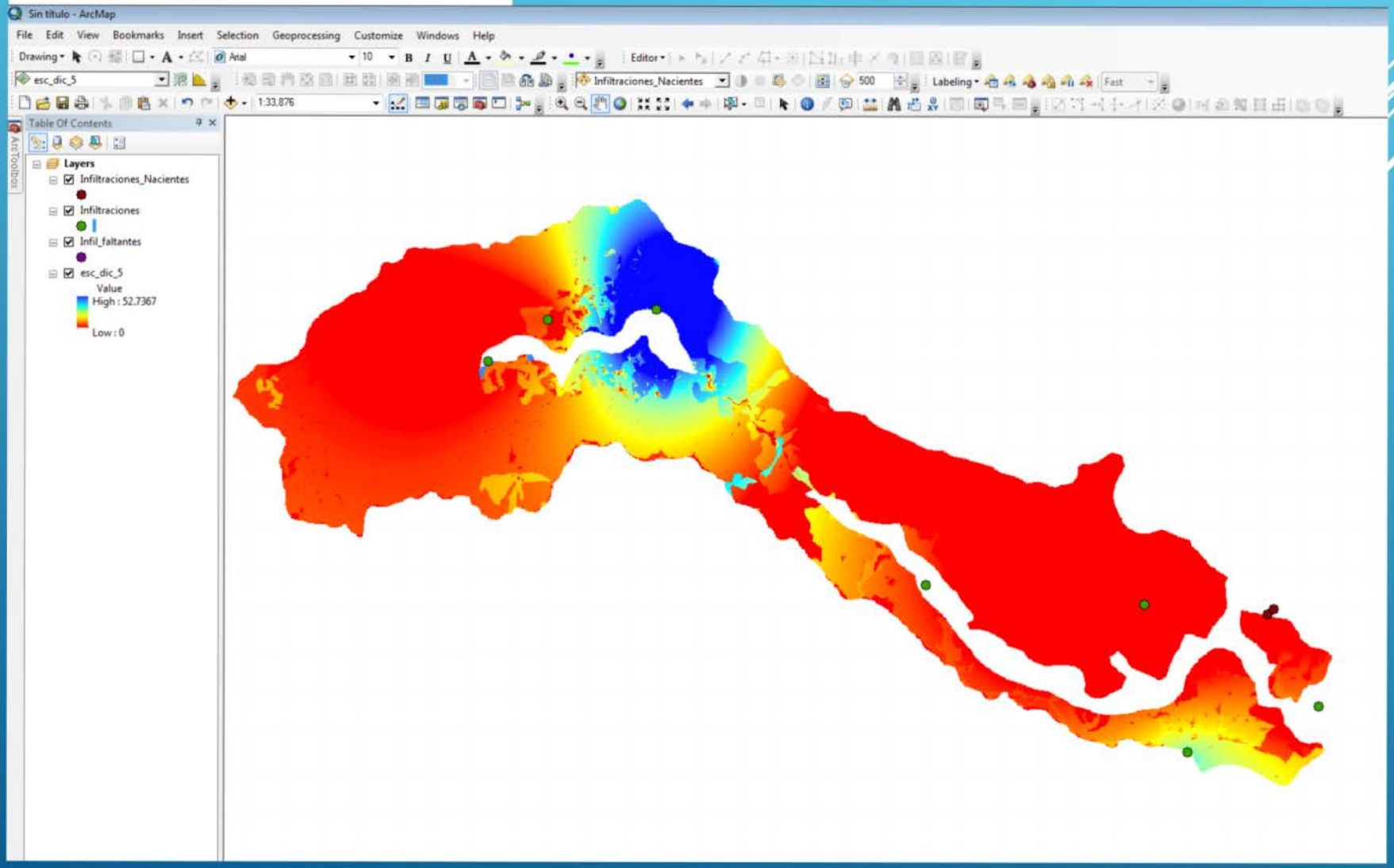
Pi = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en mm/mes (ecuación 4).



BHS – SIG (aplicación del método)

Escorrentía superficial (ESC)

$$ESC = P - Ret - Pi \qquad (5)$$



BHS – SIG (aplicación del método)

Humedad del suelo inicial (Hsi)

Tomar igual a la capacidad de campo (CC) cuando Pi < ETP, previo a dos meses consecutivos en condición contraria. (pág 23, Schosinsky 2006).

Para los demás meses se toma el valor humedad final del mes anterior.

Mes	P. infiltra suelo		ETP
	(mm/mes)		(mm/mes)
Enero	39.26		92.13
Febrero	27.45		84.95
Marzo	19.30		96.93
Abril	40.65		96.59
Mayo	237.87		99.81
Junio	296.08		94.73
Julio	223.85		95.97
Agosto	273.32		95.97
Septiembre	366.42		92.87
Octubre	399.72		95.01
Noviembre	211.42		91.94
Diciembre	76.40		93.09

dad inicial (HSi). La humedad inicial de un mes dado es la siguiente:

HSi = Es igual a la humedad de suelo final del mes anterior (HSf de ecuación 15) (16)

HSi = Humedad del suelo inicial (inicio de mes) [mm].

HSf = Humedad del suelo final (final de mes) [mm].

Tomar el mes de diciembre como mes de humedad inicial del suelo para proceder con el desarrollo del balance hídrico.

BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de humedad al inicio del mes antes de la ETP (C1)

$$C1 = (HSi - PM + Pi) / (CC-PM) \qquad (10)$$

Donde:

C1 = Coeficiente de humedad al final del mes antes de que ocurra la evapotranspiración.

Hsi = Humedad al inicio del mes, humedad de suelo inicial en [mm].

PM = Punto de marchitez en [mm].

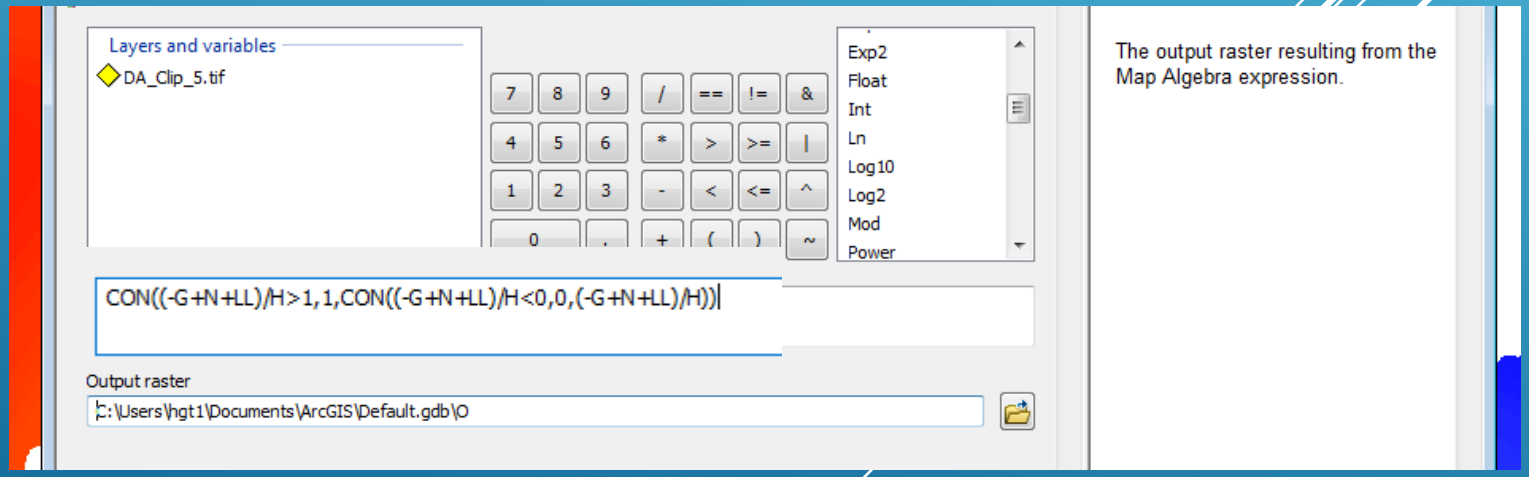
Pi = Precipitación que infiltra en [mm/mes].

CC = Capacidad de campo en [mm].

Ninguno de los coeficientes de humedad, C1 y C2, pueden ser superiores a 1, ni menores a 0. En caso que C1 o C2, sea mayor de 1, se tomará igual a 1. Si C1 o C2 son negativos se tomarán con valor de 0.

H = AU (F – G)

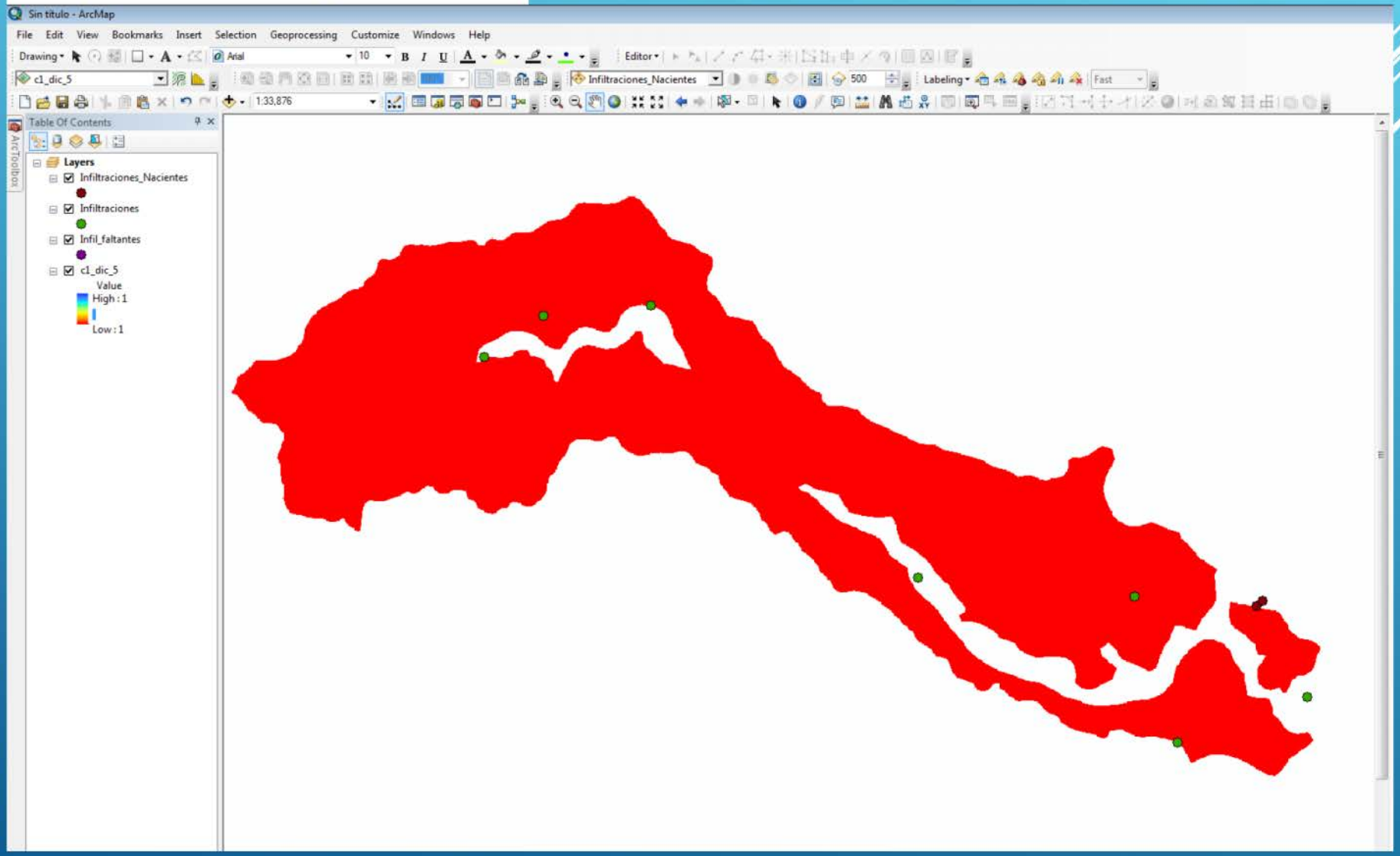
H=Agua útil =AU= (CC-PM)



BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de humedad al inicio del mes antes de la ETP (C1)

$$C1 = (HSi - PM + Pi) / (CC\text{-}PM) \qquad (10)$$



BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de humedad al final del mes después de la ETP (C2)

$$C2 = (HSi - PM + Pi - ETR1) / (CC\text{-}PM) \quad (11)$$

$$ETR1 = (C1)(ETP)$$

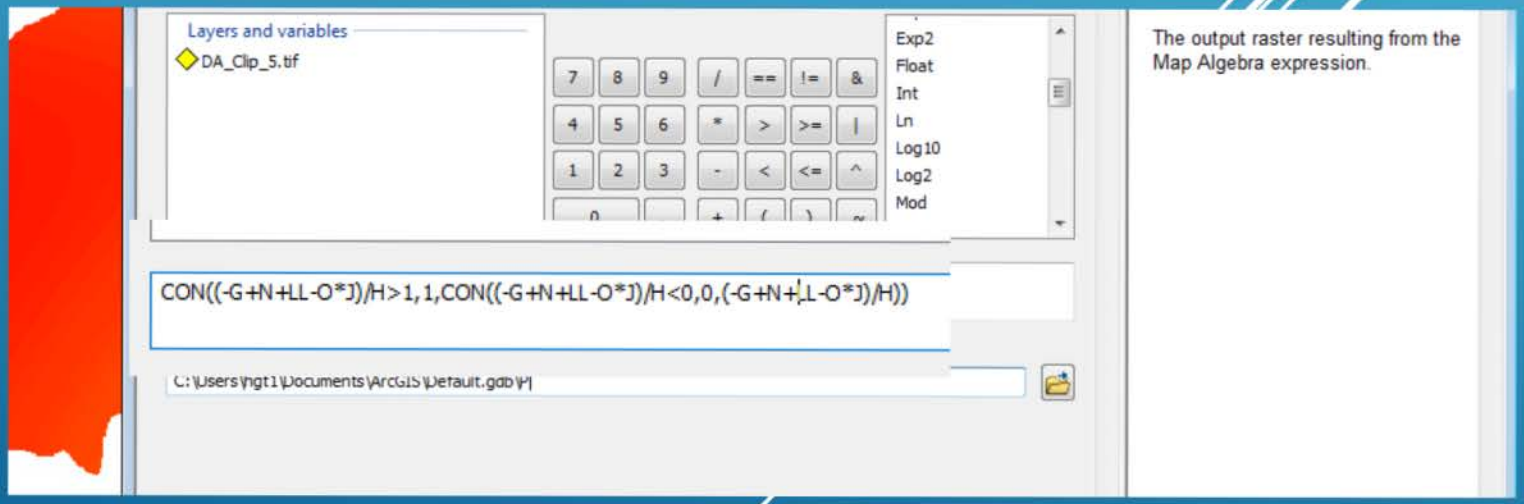
Donde:

C2 = Coeficiente de humedad al final del mes, después de que ocurra la evapotranspiración.

ETR1 = Evapotranspiración potencial real [mm/mes], considera la humedad correspondiente al coeficiente C1.

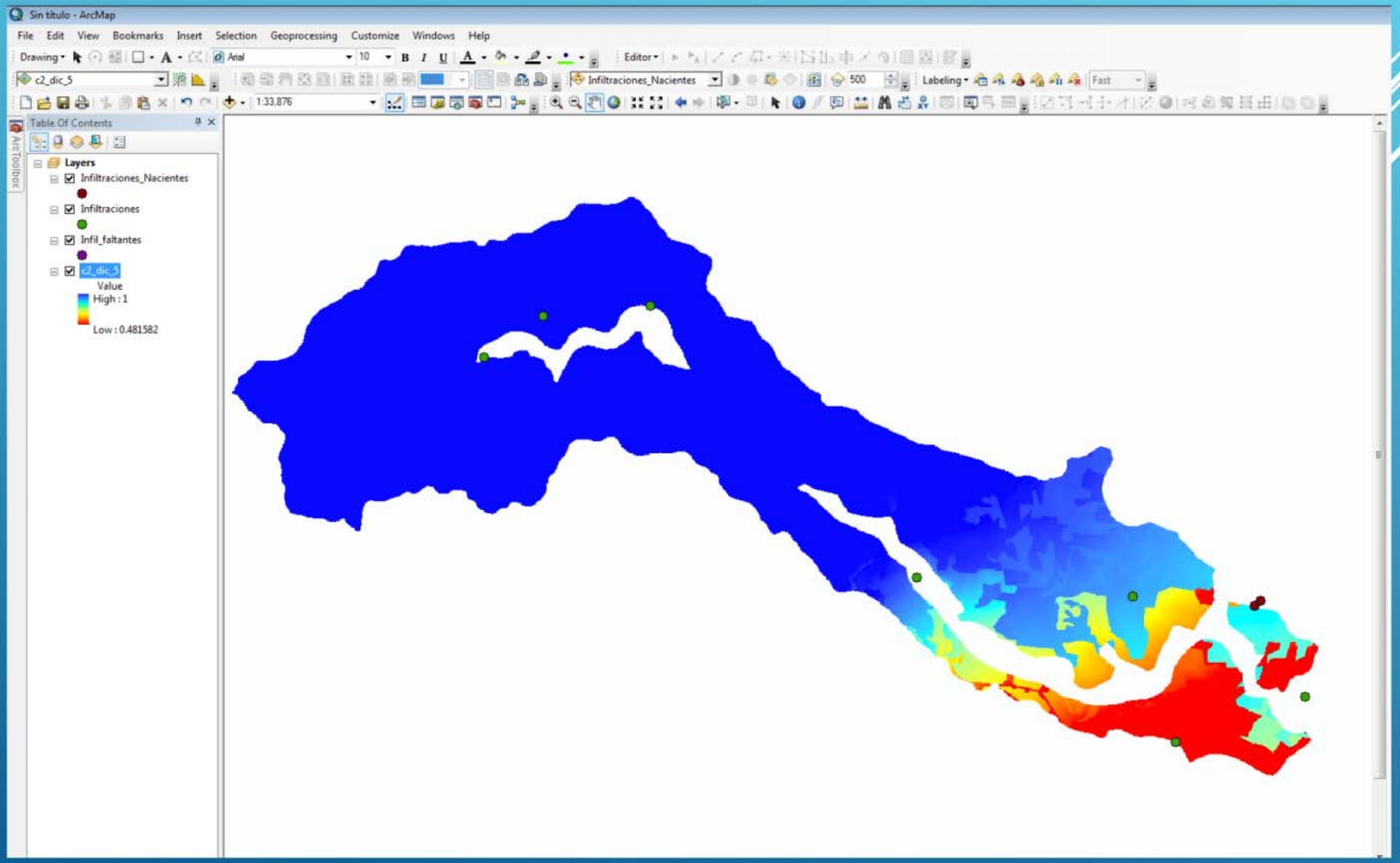
ETP = Evapotranspiración potencial [mm/mes].

Ninguno de los coeficientes de humedad, C1 y C2, pueden ser superiores a 1, ni menores a 0. En caso que C1 o C2, sea mayor de 1, se tomará igual a 1. Si C1 o C2 son negativos se tomarán con valor de 0.



BHS – SIG (aplicación del método)

Coeficiente de humedad al final del mes después de la ETP (C2)



BHS – SIG (aplicación del método)

Humedad disponible (HD)

Definiremos como humedad disponible (HD), aquella humedad que pueden tomar las raíces de las plantas, para poder evapotranspirar. La humedad disponible está dada por la siguiente ecuación:

$$HD\ (mm/mes) = HSi + Pi - PM \quad (13)$$

Donde:

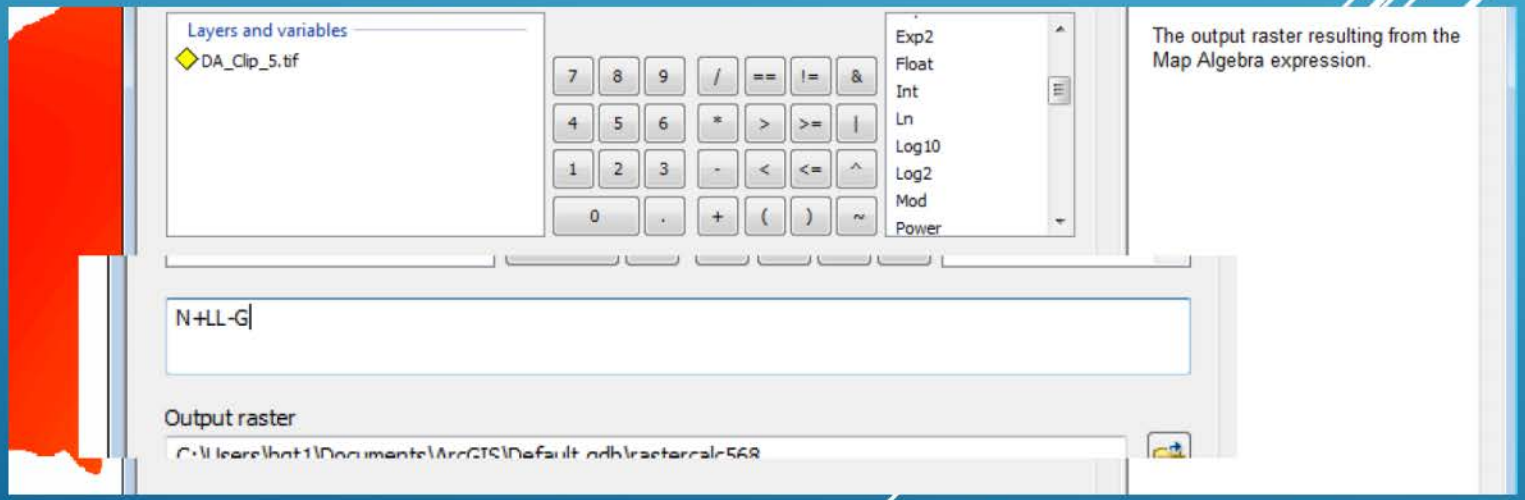
HD = Humedad disponible [mm/mes].

Hsi = Humedad de suelo inicial (al inicio del mes) [mm].

Pi = Precipitación que infiltra [mm/mes].

PM = Punto de marchitez [mm].

Si la humedad disponible es menor que la ETPR de la ecuación (12), la planta no podrá evapotranspirar dicha cantidad, sino que evapotranspirará únicamente la humedad disponible, debido a que no hay suficiente humedad para evapotranspirar la cantidad de agua indicada en la ecuación

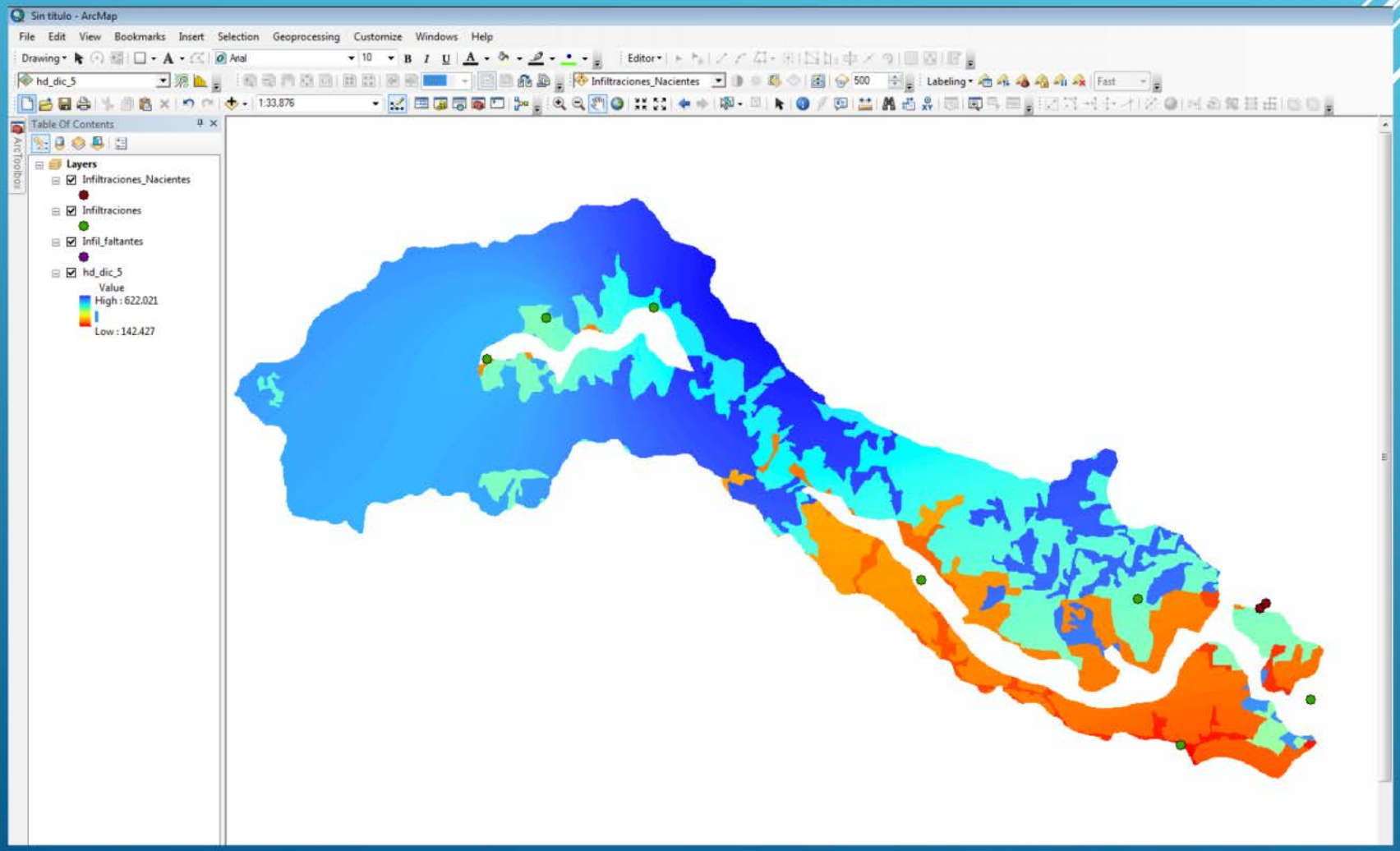


BHS – SIG (aplicación del método)

Humedad disponible (HD)

Definiremos como humedad disponible (HD), aquella humedad que pueden tomar las raíces de las plantas, para poder evapotranspirar. La humedad disponible está dada por la siguiente ecuación:

$$HD\ (mm/mes) = HSi + Pi - PM \quad (13)$$



BHS – SIG (aplicación del método)

Evapotranspiración real (ETR)

ETPR (mm/mes) = ((C1+C2)/2) ETP (12)

Donde:

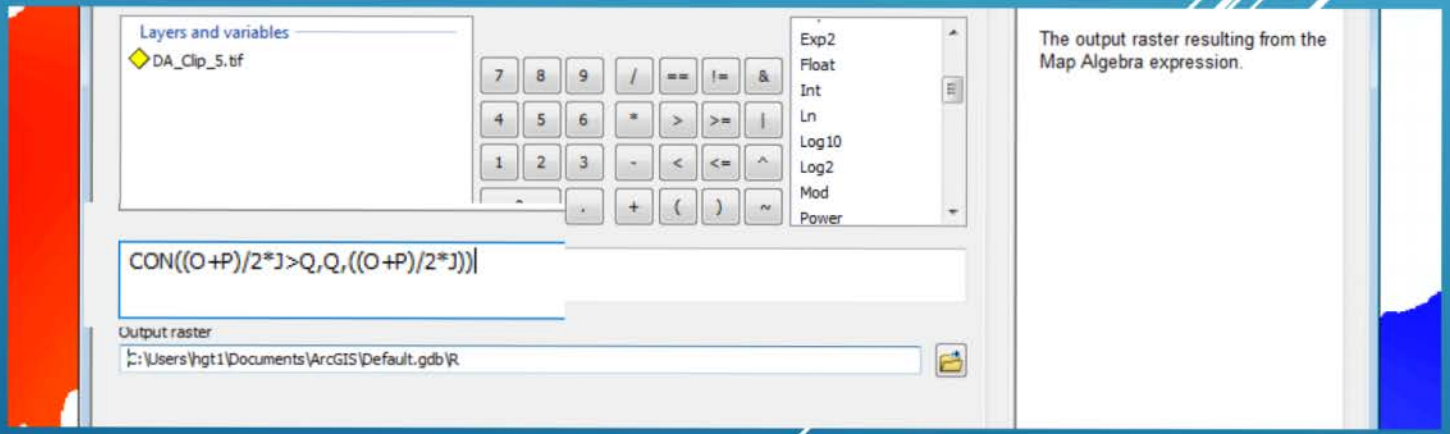
ETPR= Evapotranspiración real tentativa promedio, en una zona, ocurrida durante el mes [mm/mes]

C1 = Coeficiente de humedad máximo, sin considerar la evapotranspiración.

C2 = Coeficiente de humedad mínimo considerando evapotranspiración calculada con C1.

ETP = Evapotranspiración potencial [mm/mes]

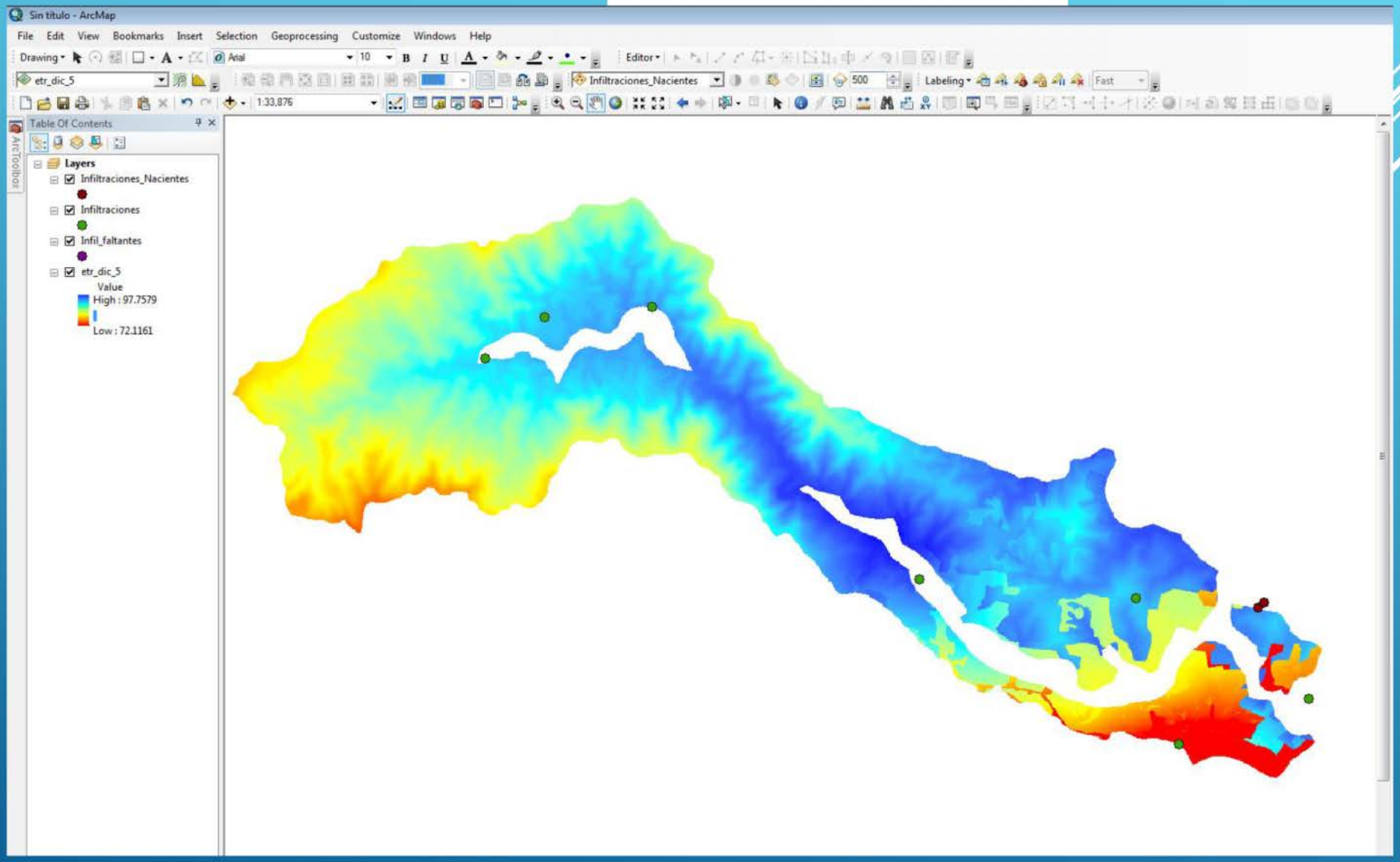
ETR (mm/mes) = ((C1+C2)/2)ETP
Si ((C1+C2)/2)ETP es mayor que HD,
ETR (mm/mes) = HD



BHS – SIG (aplicación del método)

Evapotranspiración real (ETR)

$$ETPR\ (mm/mes) = ((C1+C2)/2)\ ETP \qquad (12)$$



BHS – SIG (aplicación del método)

Humedad del suelo final (HSf)

Ecuación para el cálculo de HSf (15)

Si (HD + PM – ETR) es menor que la capacidad de campo, HSf = HD + PM – ETR

Si (HD + PM – ETR) es mayor o igual que la capacidad de campo, HSf = CC

La HSf en ningún momento puede ser mayor a la CC.

Donde:

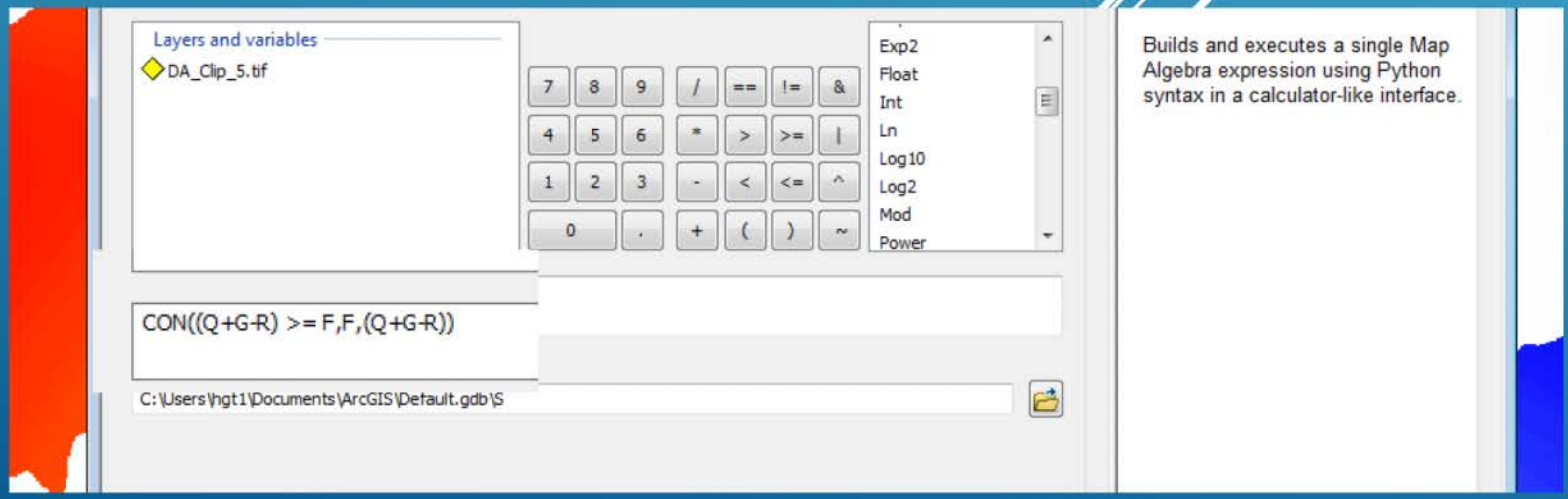
HSf = Humedad del suelo final (final de mes) [mm].
HD = Humedad disponible [mm/mes].
PM = Punto de marchitez [mm].
ETR= Evapotranspiración real [mm/mes].
CC = Capacidad de campo [mm].

Además del cálculo de la ecuación para la humedad del suelo al final del mes, es necesario la humedad de suelo al inicio del mes, o sea, humedad inicial (HSi). La humedad inicial de un mes dado es la siguiente:

HSi = Es igual a la humedad de suelo final del mes anterior (HSf de ecuación 15) (16)

HSi = Humedad del suelo inicial (inicio de mes) [mm].

HSf = Humedad del suelo final (final de mes) [mm].

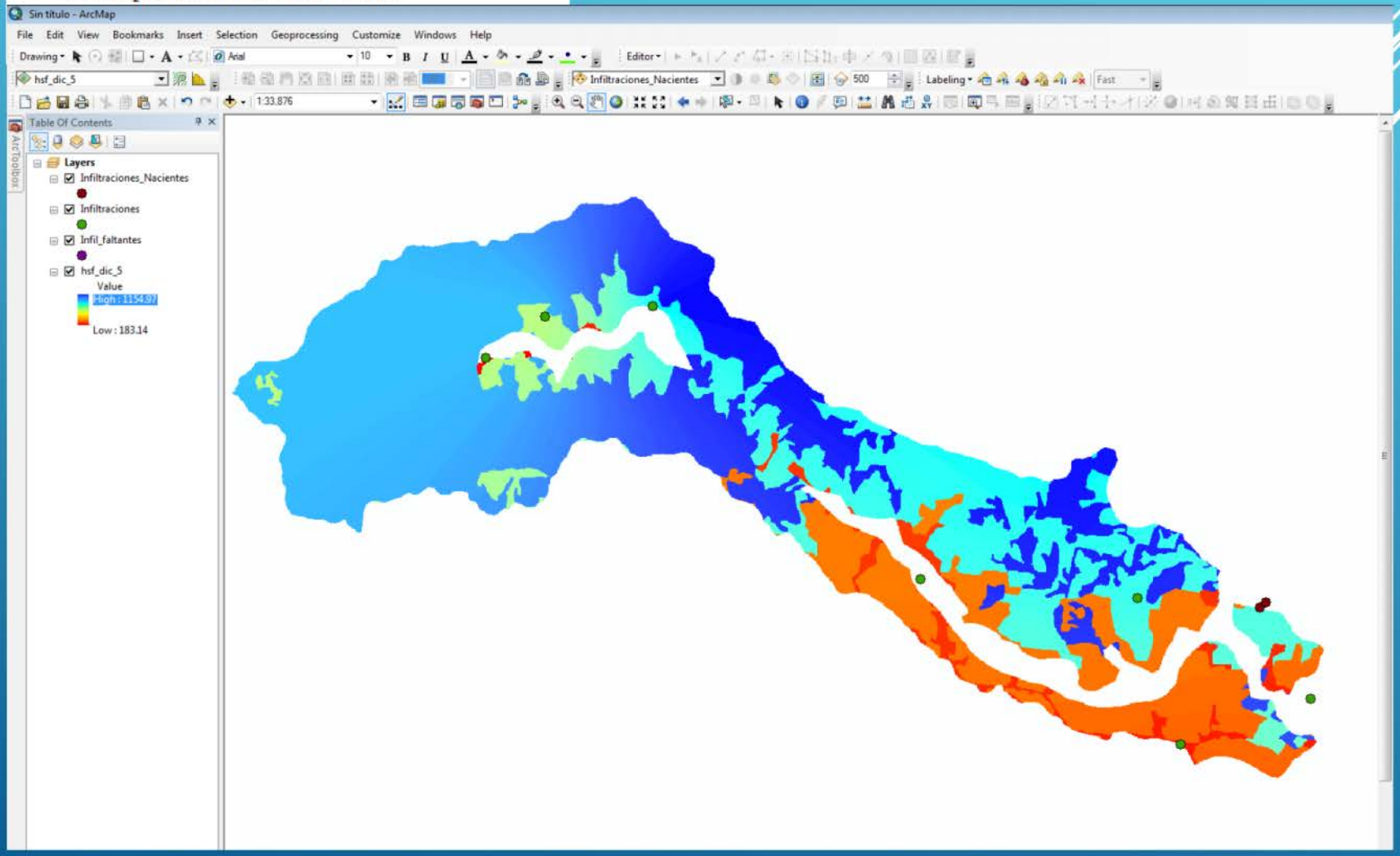


BHS – SIG (aplicación del método)

Humedad del suelo final (HSf)

Ecuación para el cálculo de HSf (15)

Si (HD + PM – ETR) es menor que la capacidad de campo, HSf = HD + PM – ETR



BHS – SIG (aplicación del método)

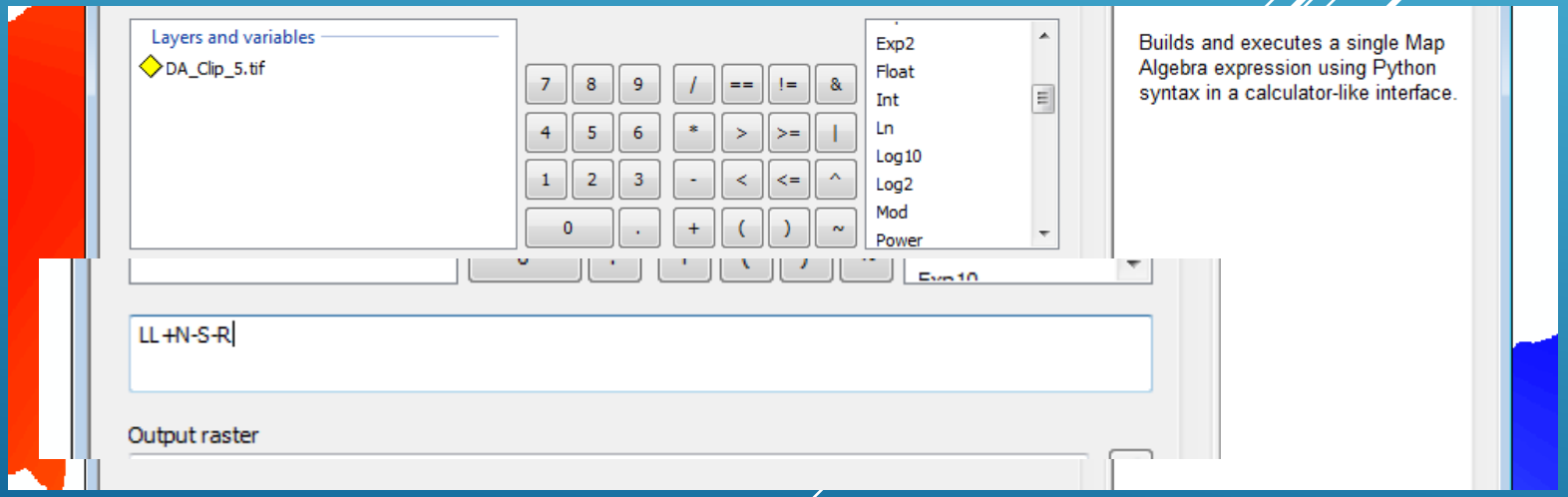
Recarga potencial al acuífero (REC)

El agua sobrante, una vez satisfecha la capacidad de campo y la evapotranspiración, es la que recarga al acuífero, la que se calcula con la siguiente ecuación.

$$Rp = Pi + HSi - HSf - ETR \qquad (17)$$

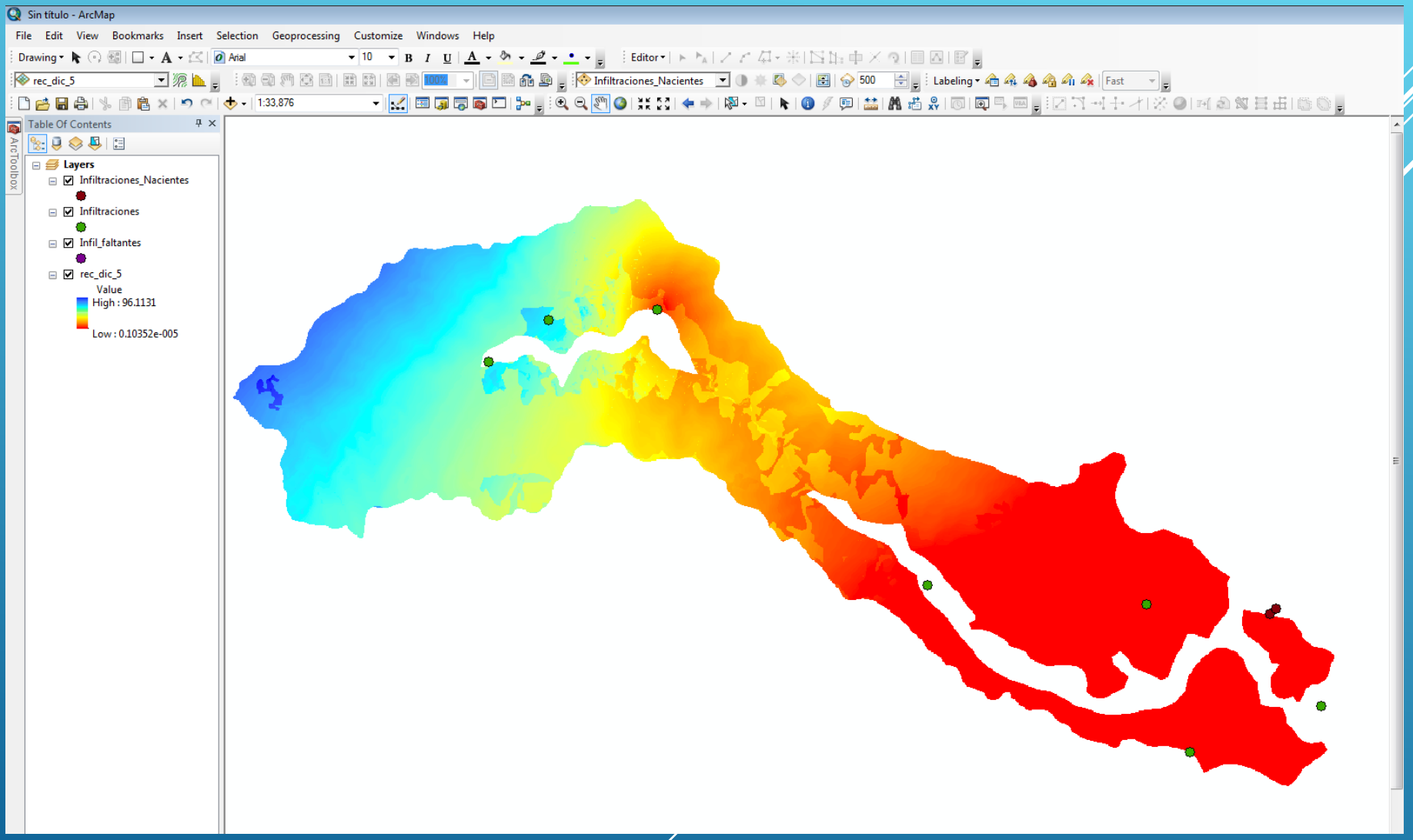
Donde:

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.



BHS – SIG (aplicación del método)

Recarga potencial al acuífero (REC)



BHS – SIG (aplicación del método)

Resumen resultados recarga potencial al acuífero Subcuenca La Paz y Barranca

Mes	Unidades Litológicas								Recarga Potencial Total Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	(mm/año)	(mm/año)	(mm/año)	(mm/año)	(mm/año)	(mm/año)	(mm/año)	(mm/año)	(mm/año)
Enero	8.631	0	0	0	5.948	0.664	0	9.7E-08	1.91
Febrero	0.916	0	0	0	0	0	0	0	0.11
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Mayo	44.608	28.773	56.303	8.529	43.796	34.661	21.508	21.772	32.49
Junio	190.793	179.318	214.214	126.28	199.531	179.998	155.435	180.621	178.27
Julio	138.994	117.361	130.156	106.985	142.289	118.866	110.003	106.234	121.36
Agosto	182.962	172.392	193.069	160.262	185.944	166.563	160.186	163.376	173.09
Septiembre	264.803	277.815	316.703	262.422	272.665	261.482	259.489	276.818	274.02
Octubre	283.424	303.934	356.788	291.65	309.529	298.233	295.038	315.33	306.74
Noviembre	119.082	92.633	116.183	91.838	151.843	121.75	106.736	97.257	112.17
Diciembre	22.564	0	0	0	27.392	10.017	0.881	0	7.61
RECARGA TOTAL SUBCUENCA LA PAZ Y BARRANCA									**1207.78**

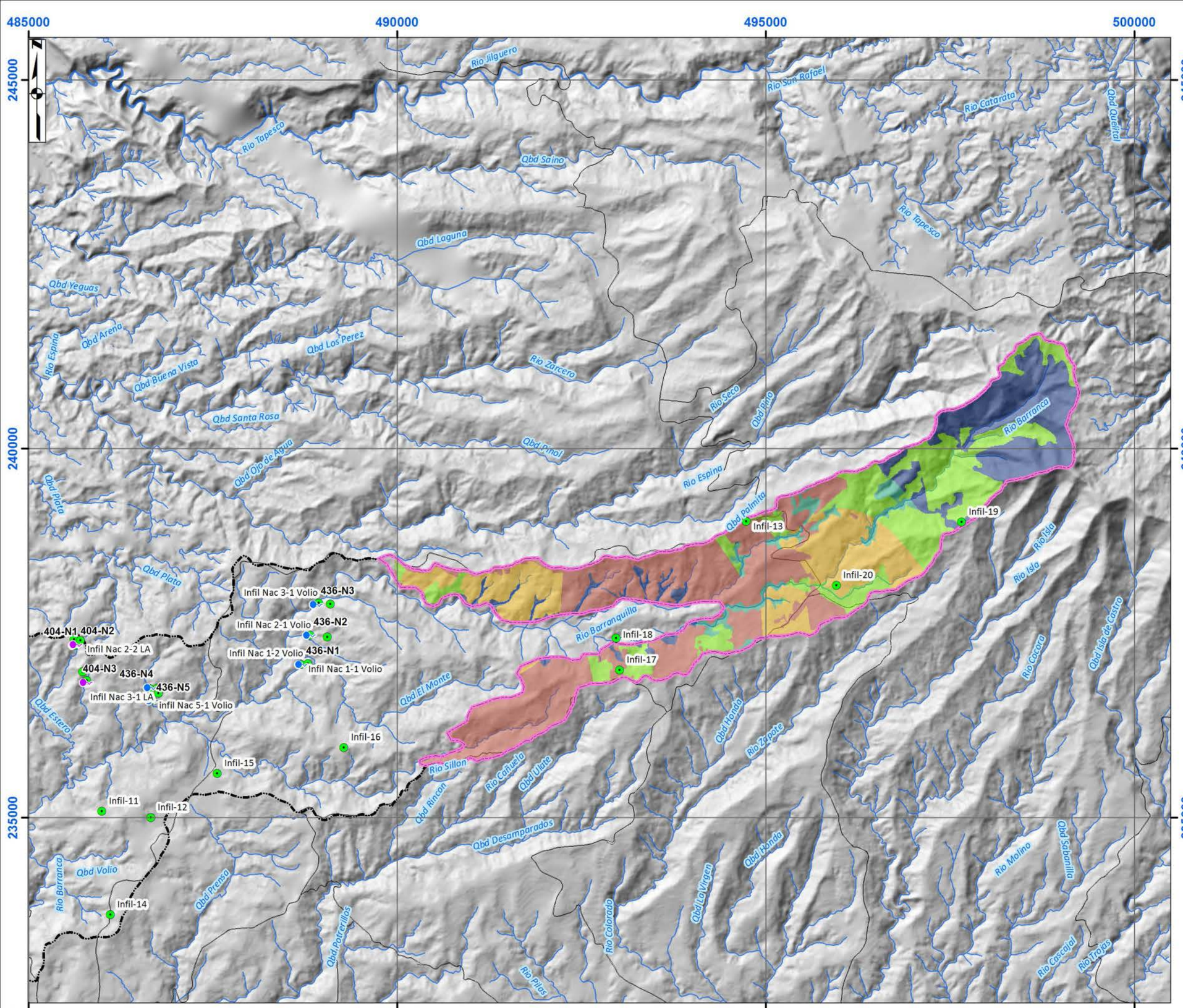
BHS – SIG (aplicación del método)

Resumen resultados recarga potencial al acuífero Subcuenca La Paz y Barranca, desarrollado para ambas subcuencas sin considerar las unidades geológicas

Mes	Recarga potencial (mm/mes)
Enero	3.08
Febrero	0.17
Marzo	0.00
Abril	0.00
Mayo	31.41
Junio	182.85
Julio	127.75
Agosto	177.30
Septiembre	273.51
Octubre	304.67
Noviembre	119.46
Diciembre	11.06
TOTAL	**1231.27**

Conclusión: El método de Schosinsky puede ser aplicado a cualquier área de análisis, independientemente de sus formaciones geológicas, áreas de drenaje, fronteras naturales, artificiales, etc.

Así, por ejemplo, el BHS aplicado a cada geología y aplicado a la totalidad de las subcuencas presenta resultados finales muy similares, siendo la recarga total en el primer método de 1207.78 mm/año, mientras que en el segundo, la recarga potencial al acuífero es de 1231.27 mm/año; es decir, una diferencia de 1.91%



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Agua útil en suelos
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Alto Palomo
- cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Agua útil (mm)

- 70 - 140
- 140 - 300
- 300 - 385
- 385 - 450
- 450 - 501

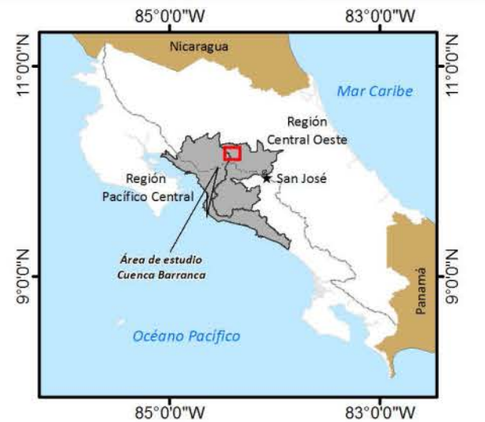
0 750 1,500 3,000 m

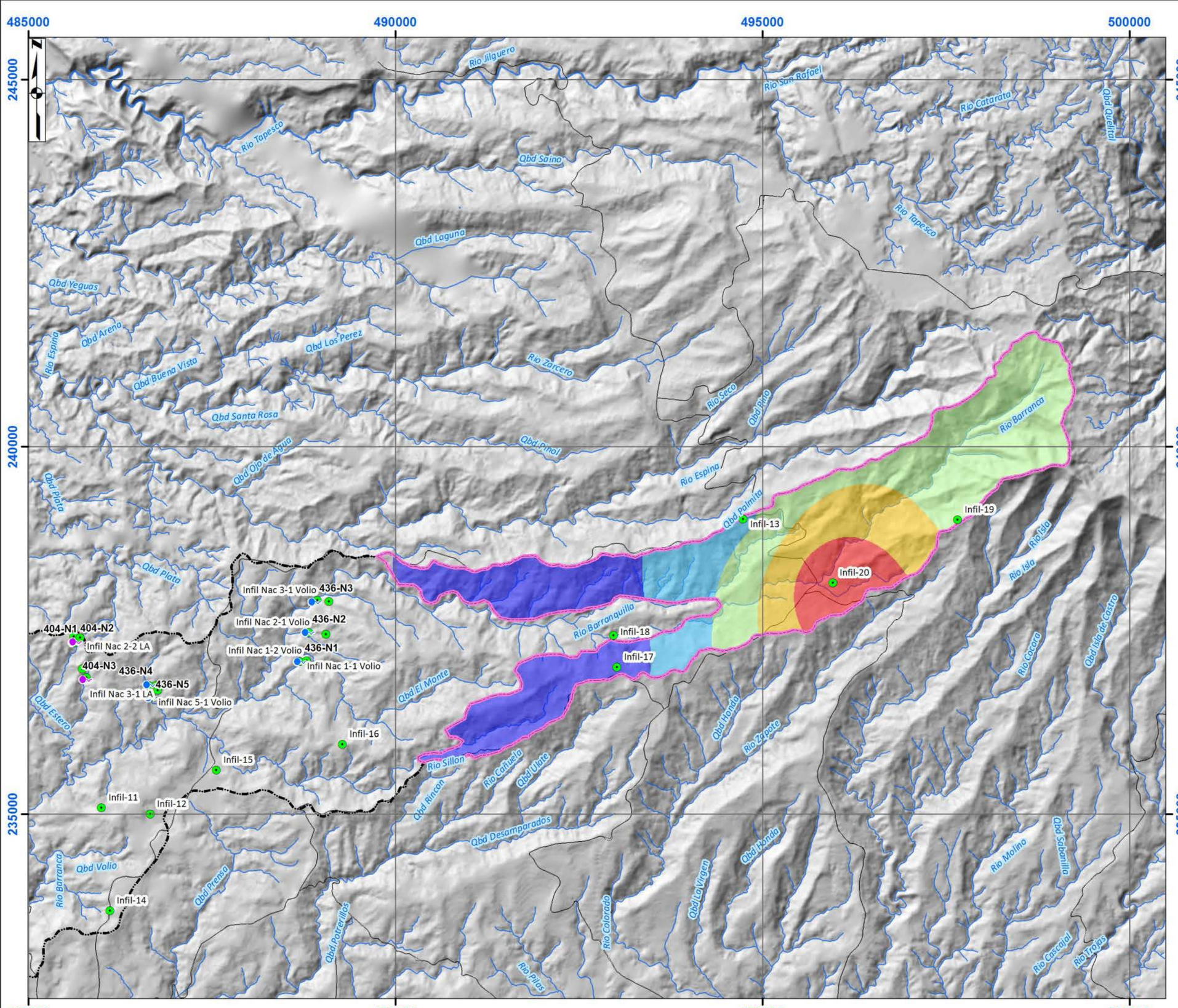
1:50000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Capacidad de Campo de suelos
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

Capacidad de Campo (%)

- 32.3 - 33.9
- 34 - 35.3
- 35.4 - 36.7
- 36.8 - 38.3
- 38.4 - 39.5

0 750 1,500 3,000 m

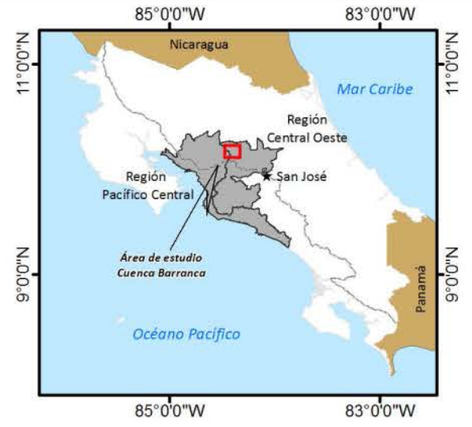
1:50000

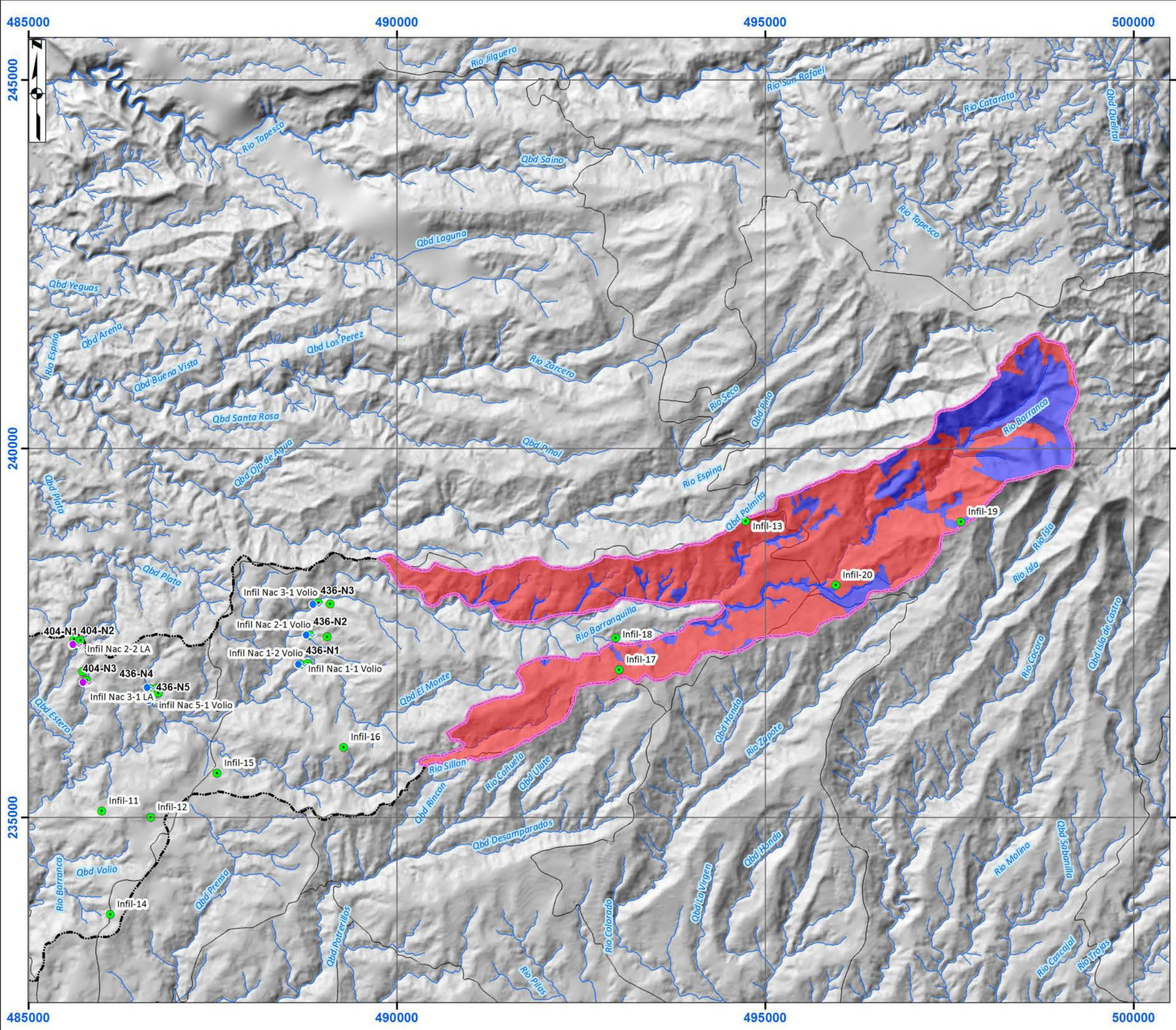
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Capacidad Campo, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de Follaje
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

Cfo

- 0.12
- 0.12 - 0.2

0 750 1,500 3,000 m

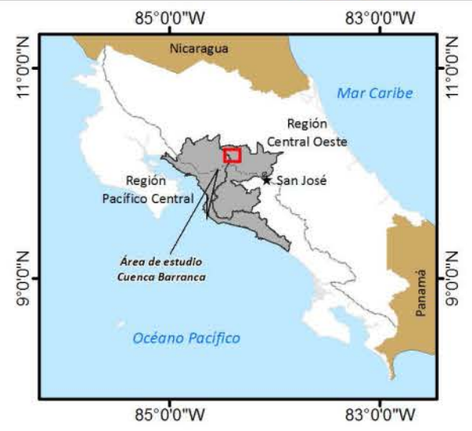
1:50000

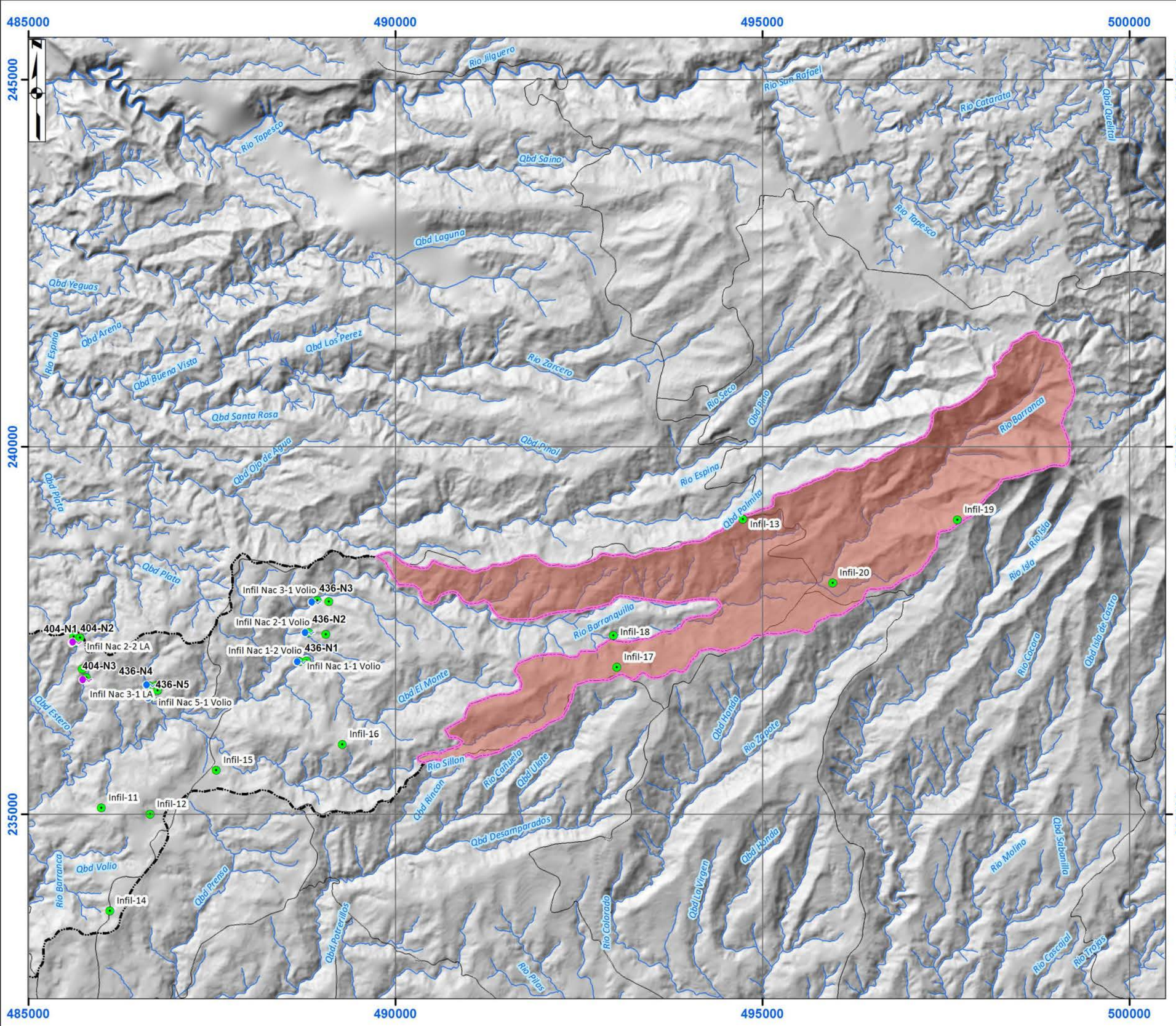
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Coeficiente de Follaje, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de Infiltración
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

Coeficiente de Infiltración

- 1

0 750 1,500 3,000 m

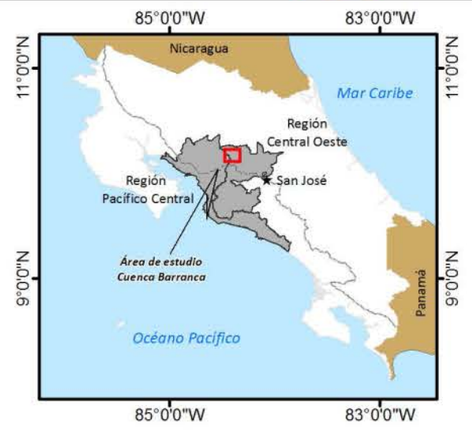
1:50000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Coeficiente Infiltración, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



485000 490000 495000 500000

245000 240000 235000

Rio Jilguero
Rio San Rafael
Rio Catarata
Qbd Cuerital
Rio Tapesco
Qbd Saino
Qbd Laguna
Rio Tapesco
Qbd Yeguas
Qbd Arena
Rio Espina
Qbd Los Perez
Qbd Buena Vista
Rio Zarcero
Rio Seco
Qbd Pinol
Qbd Santa Rosa
Qbd Ojo de Agua
Qbd.Pinol
Rio Barranca
Rio Espina
Qbd Palmira
Infil-13
Infil-19
Infil-20
Rio Isla
Qbd Plata
Infil Nac 3-1 Volio 436-N3
Infil Nac 2-1 Volio 436-N2
Infil Nac 1-2 Volio 436-N1
Infil Nac 1-1 Volio
404-N1 404-N2
Infil Nac 2-2 LA
404-N3 436-N4
436-N5
Infil Nac 3-1 LA
infil Nac 5-1 Volio
Rio Barranquilla
Infil-18
Infil-17
Qbd El Monte
Rio Caccara
Qbd Isla de Castro
Qbd Estero
Infil-16
Infil-15
Rio Sillon
Rio Cañuela
Qbd Ulate
Qbd Rincon
Qbd Hondo
Rio Zapote
Infil-11
Infil-12
Qbd Desamparados
Qbd Volio
Rio Barranca
Qbd Prensa
Infil-14
Qbd Potrerillos
Rio Colorado
Qbd La Virgen
Qbd Panda
Rio Molino
Qbd Sabanilla
Rio Cascajal
Rio Trojas
Rio Pilas

Mapa
Densidad Aparente de suelos
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

Densidad Aparente (g/cc)

- 1.27

0 750 1,500 3,000 m

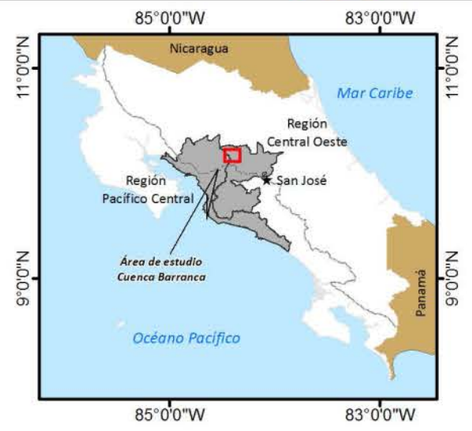
1:50000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

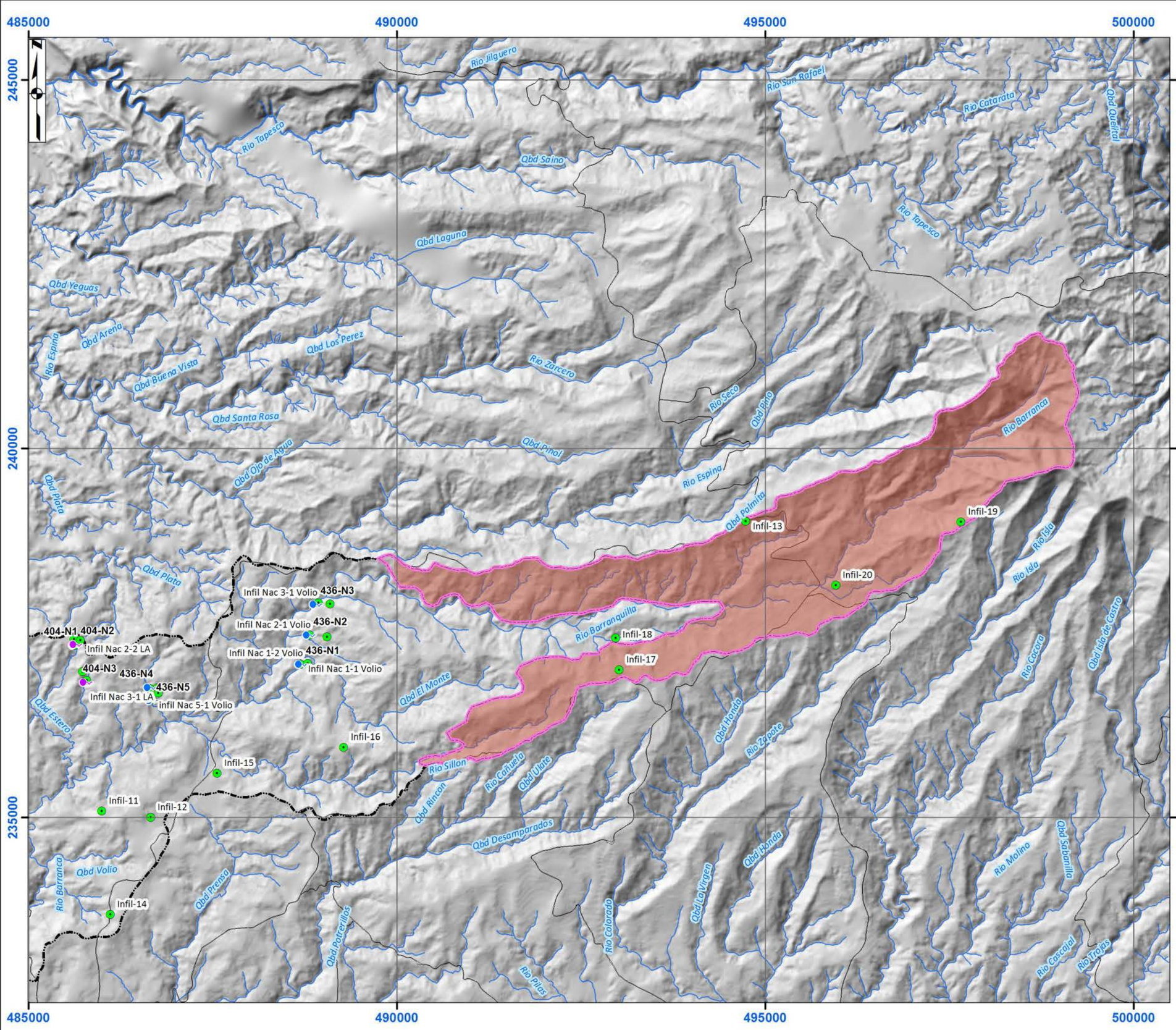
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Densidad Aparente, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Escorrentía Superficial Total Anual
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

Esc (mm/año)

- 0

0 750 1,500 3,000 m

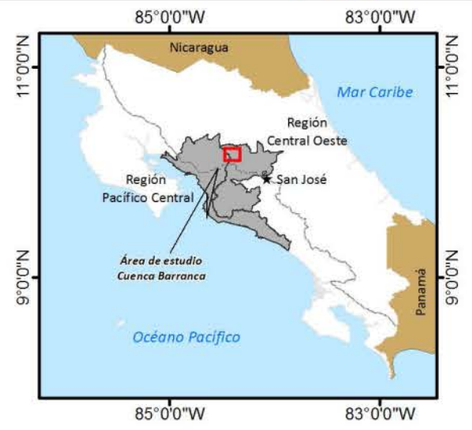
1:50000

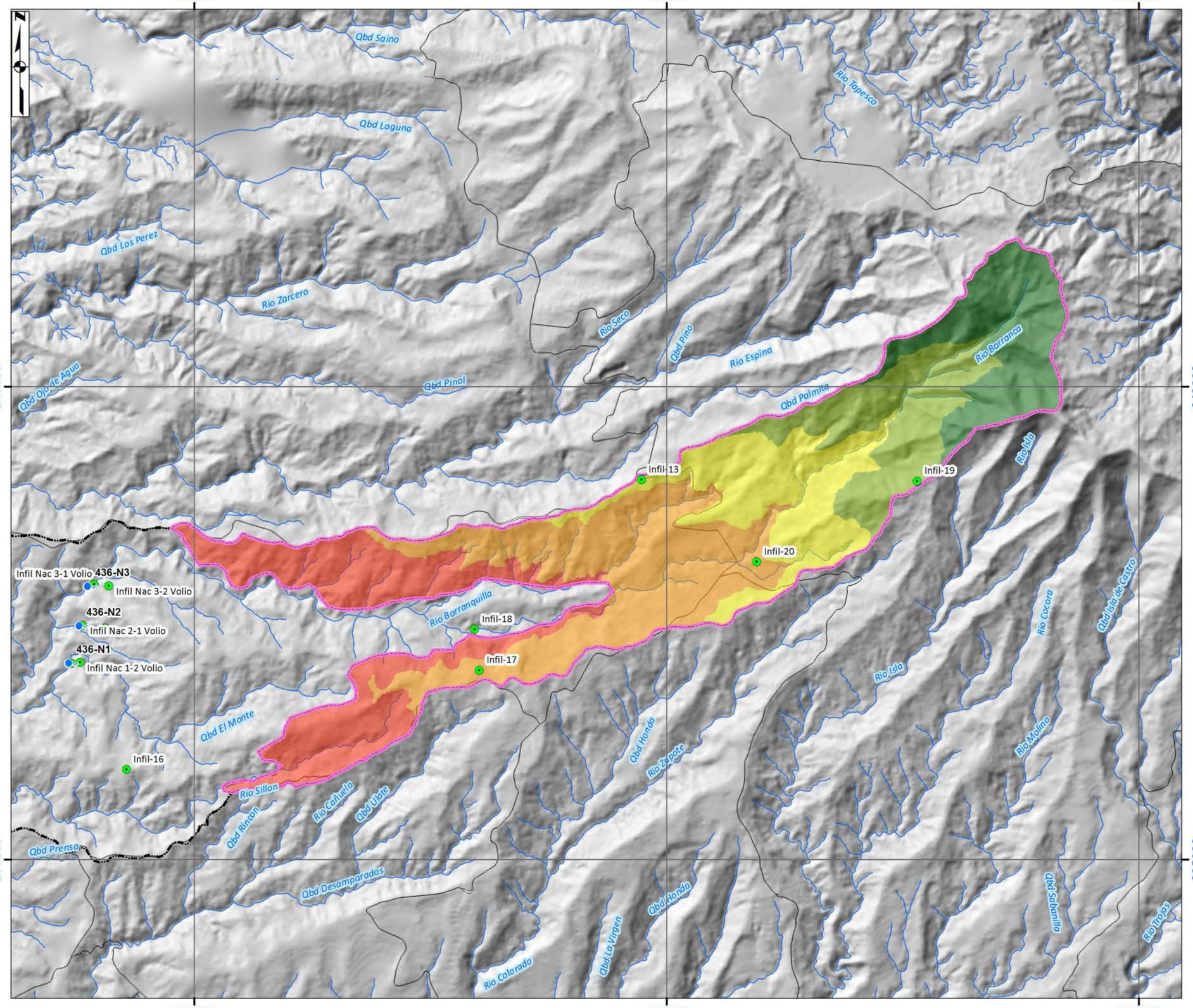
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Escorrentía, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Evapotranspiración Potencial Anual
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

Evapotranspiración Anual mm/mes

- 840 - 920
- 921 - 980
- 981 - 1020
- 1021 - 1060
- 1061 - 1131

0 600 1,200 2,400 m

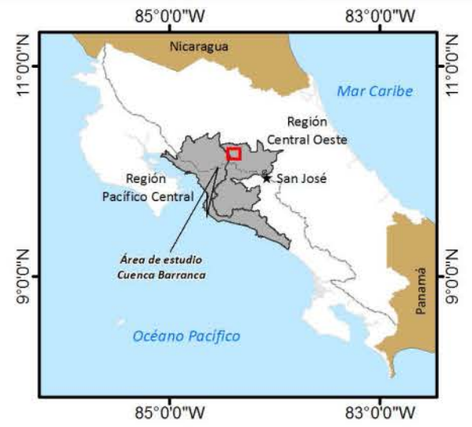
1:40000

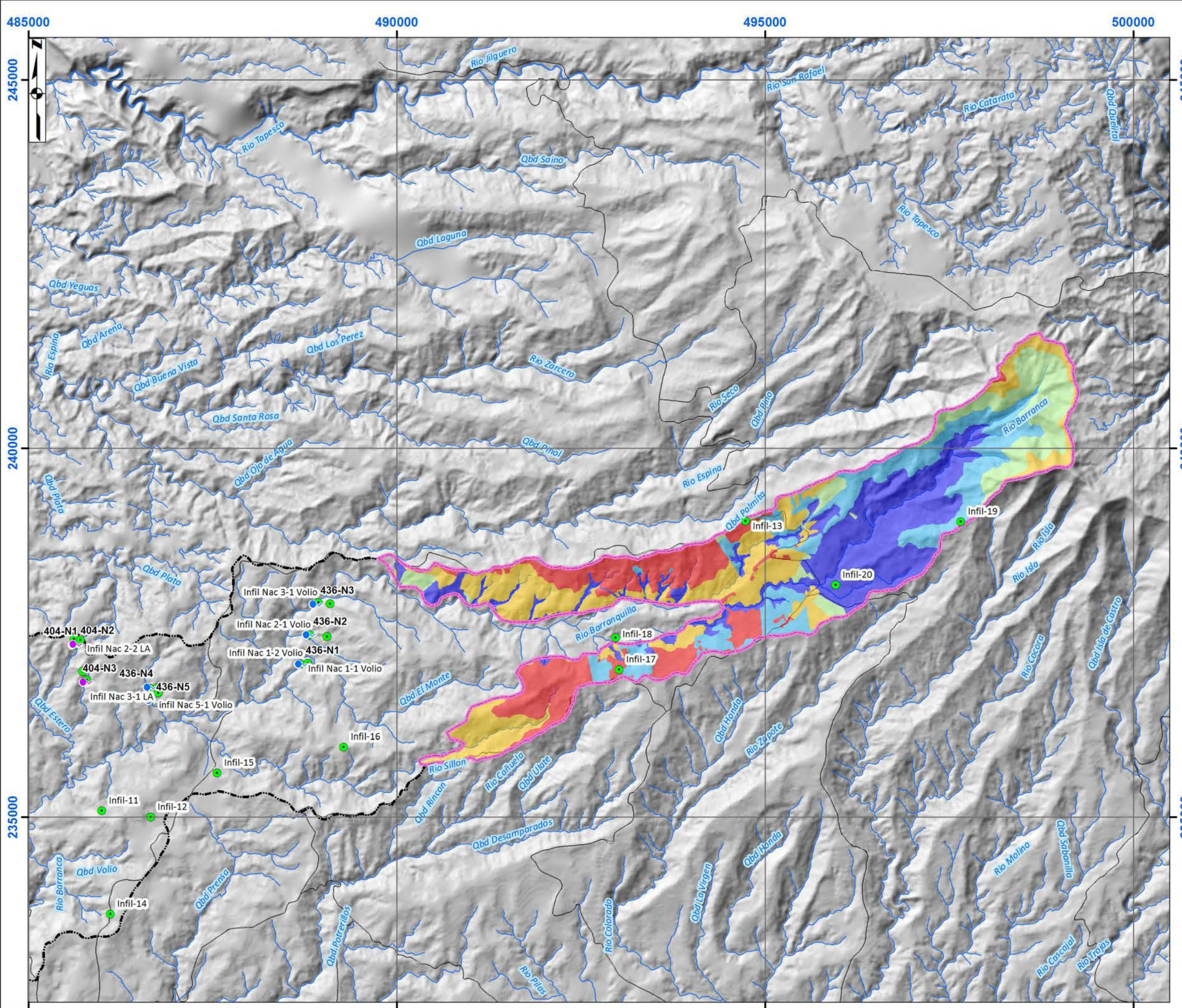
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Precipitación, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Evapotranspiración Real Total Anual
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

Evapotranspiración Real (mm/año)

- 789 - 840
- 840 - 870
- 870 - 900
- 900 - 935
- 935 - 1,000

0 750 1,500 3,000 m

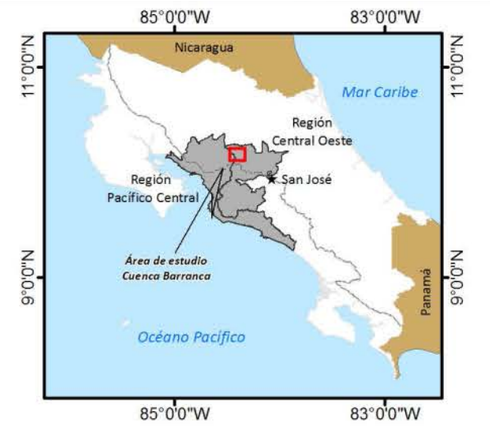
1:50000

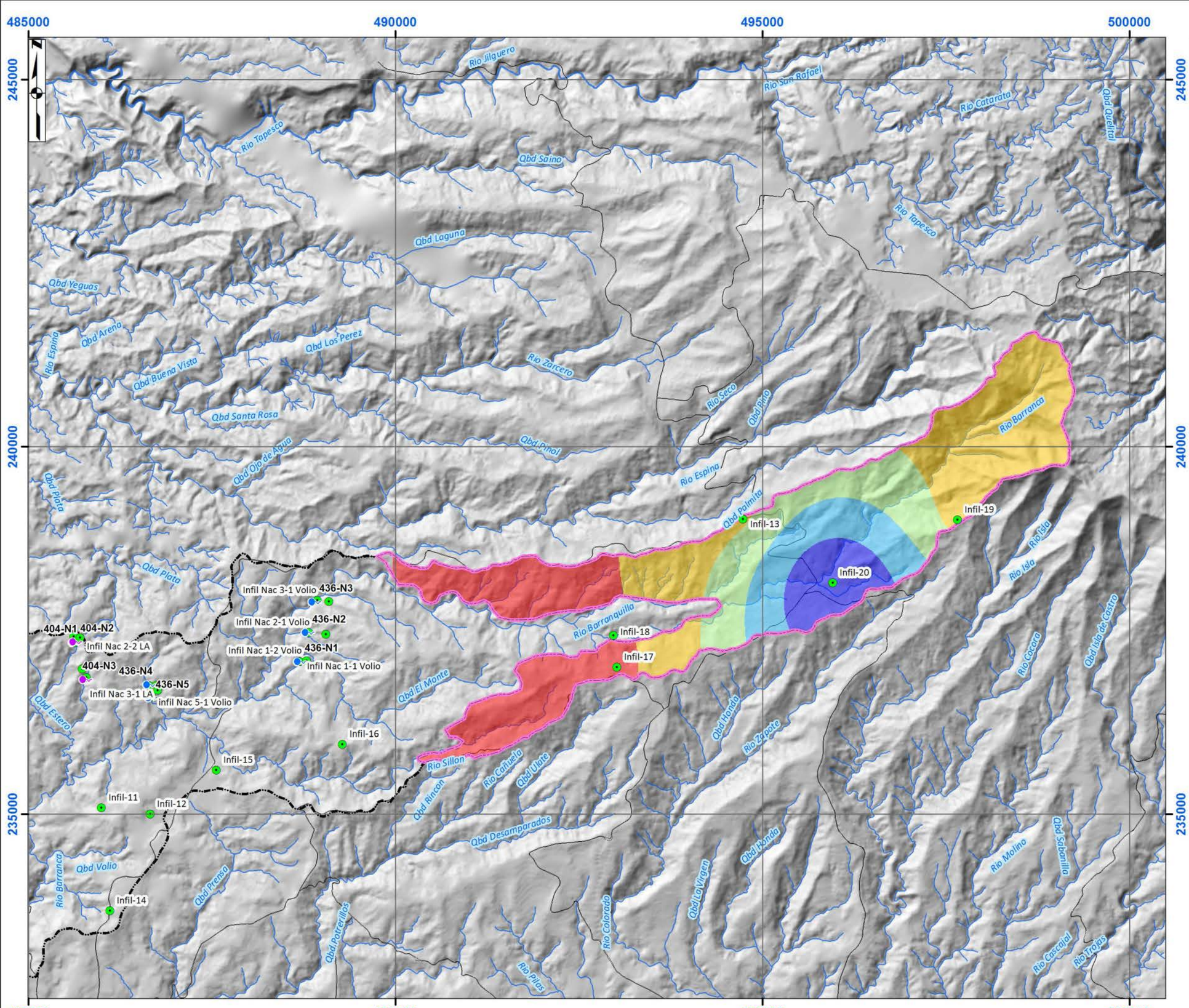
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Evapotranspiración, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Infiltración básica del suelo
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

fc (mm/día)

- 610 - 900
- 900 - 1,395
- 1,395 - 1,790
- 1,790 - 2,200
- 2,200 - 2,805

0 750 1,500 3,000 m

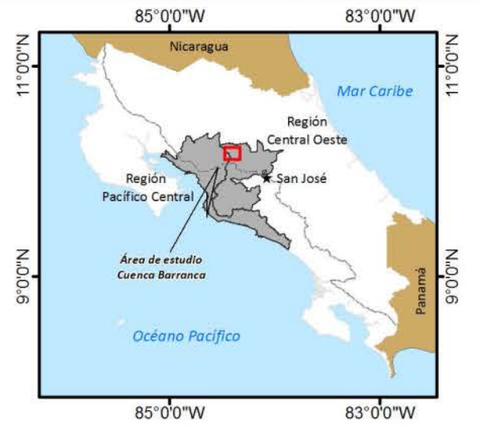
1:50000

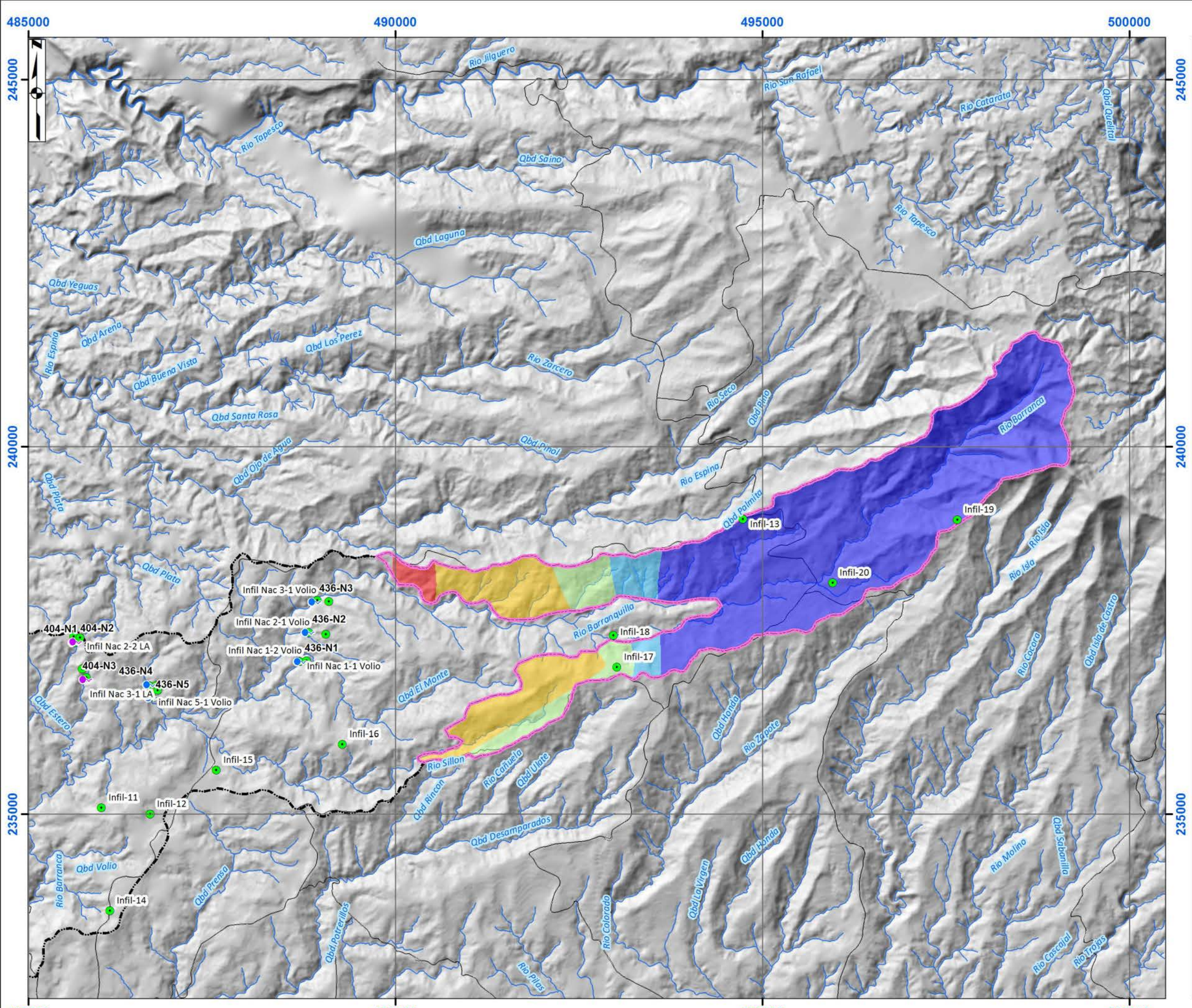
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Infiltración básica, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por textura del suelo
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

kfc

- 0.895 - 0.9
- 0.901 - 0.925
- 0.926 - 0.95
- 0.951 - 0.975
- 0.976 - 1

0 750 1,500 3,000 m

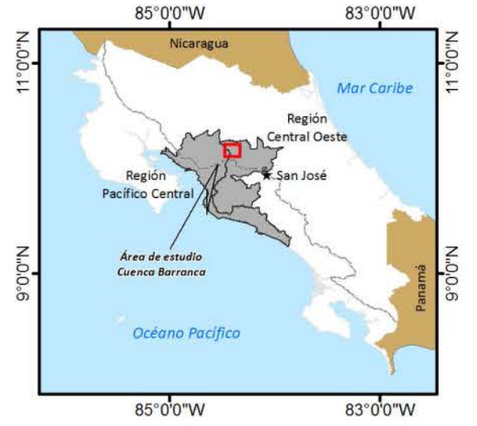
1:50000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, kfc, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



485000 490000 495000 500000

245000 240000 235000

Rio Jilguero
Rio San Rafael
Rio Catarata
Qbd Cuellital
Rio Tapesco
Qbd Saino
Qbd Laguna
Rio Tapesco
Qbd Yeguas
Qbd Arena
Rio Espina
Qbd Los Perez
Qbd Buena Vista
Rio Zarcero
Qbd Santa Rosa
Rio Seco
Qbd Pino
Qbd Ojo de Agua
Qbd.Pinol
Rio Barranca
Rio Espina
Qbd Palmira
Infil-13
Infil-19
Infil-20
Qbd Plata
Rio Isla
Infil Nac 3-1 Volio 436-N3
Infil Nac 2-1 Volio 436-N2
404-N1 404-N2
Infil Nac 2-2 LA
Infil Nac 1-2 Volio 436-N1
Infil Nac 1-1 Volio
404-N3 436-N4
436-N5
Infil Nac 3-1 LA
infil Nac 5-1 Volio
Rio Barranquilla
Infil-18
Infil-17
Rio Caccara
Qbd Isla de Castro
Qbd El Monte
Qbd Estero
Infil-16
Infil-15
Rio Sillon
Rio Cañuela
Qbd Ulate
Qbd Rincon
Qbd Hondo
Rio Zapote
Infil-11
Infil-12
Qbd Desamparados
Qbd Volio
Rio Barranca
Qbd Prensa
Infil-14
Qbd Potrerillos
Rio Colorado
Qbd La Virgen
Qbd Panda
Rio Molino
Qbd Sabanilla
Rio Pilas
Rio Cascajal
Rio Trojas

485000 490000 495000 500000

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por efecto de la pendiente
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

kp

- Mayor a 7% (0,06)
- 2% - 7% (0,10)
- 1% - 2% (0,15)
- 0,3% - 0,4% (0,20)
- 0,02% - 0,06% (0,30)

0 750 1,500 3,000 m

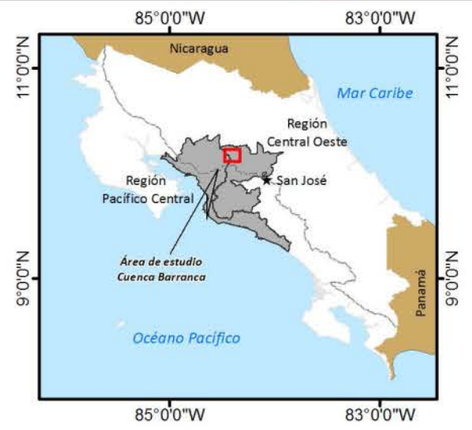
1:50000

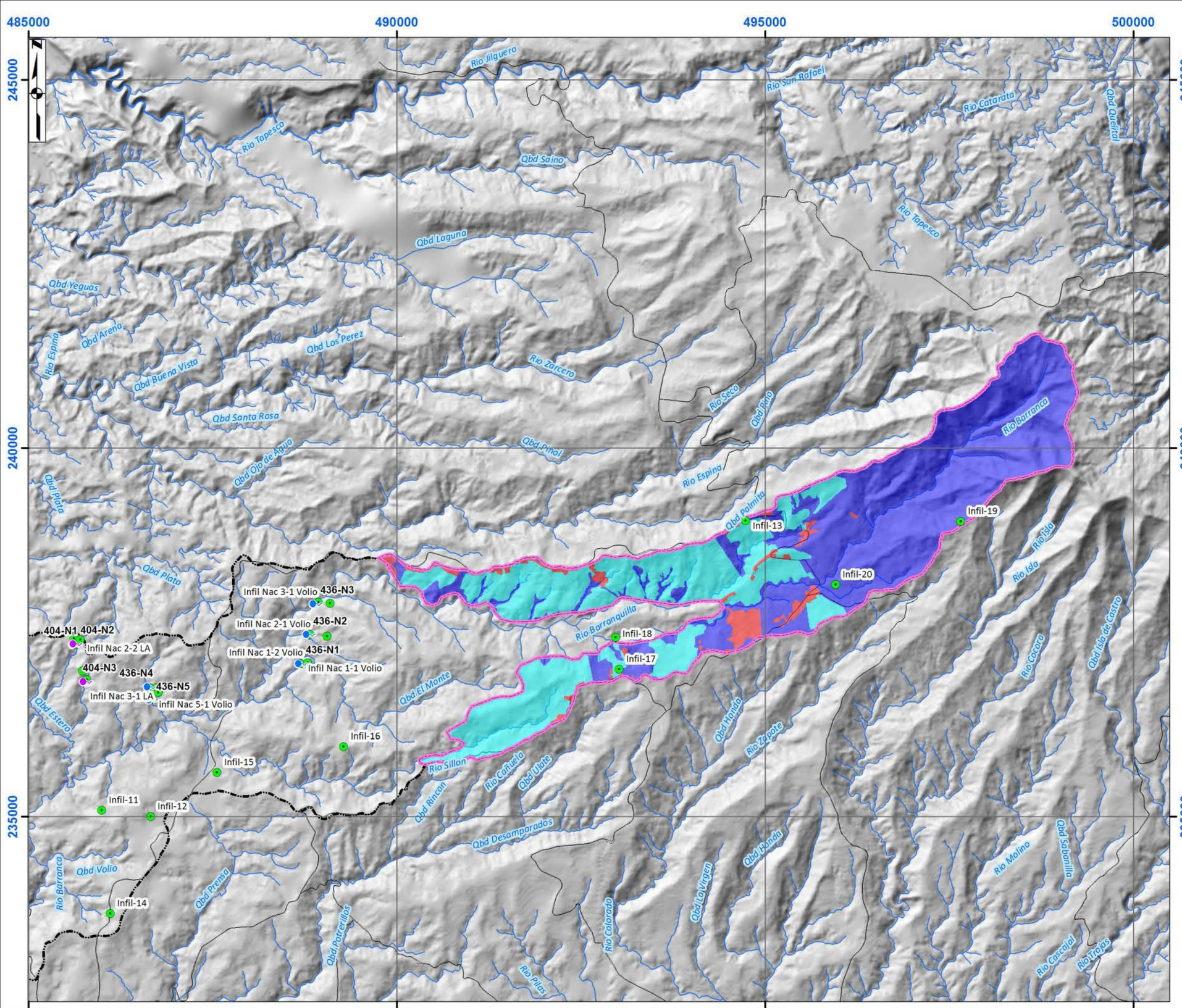
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, kp, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por efecto de la cobertura vegetal
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

Kv

- Suelos descubiertos, urbanos y pastos con árboles dispersos (0.09)
- Cultivos
- Pastos
- Bosques

0 750 1,500 3,000 m

1:50000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, kv, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Punto de marchitez permanente del suelo.
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

PM (%)

- 20.43 - 20.7
- 20.7 - 21.01
- 21.01 - 21.41
- 21.41 - 21.78
- 21.78 - 22.11

0 750 1,500 3,000 m

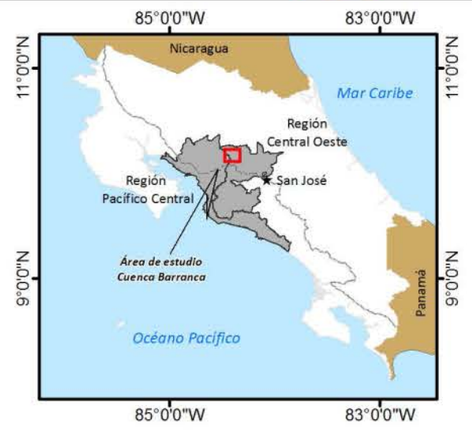
1:50000

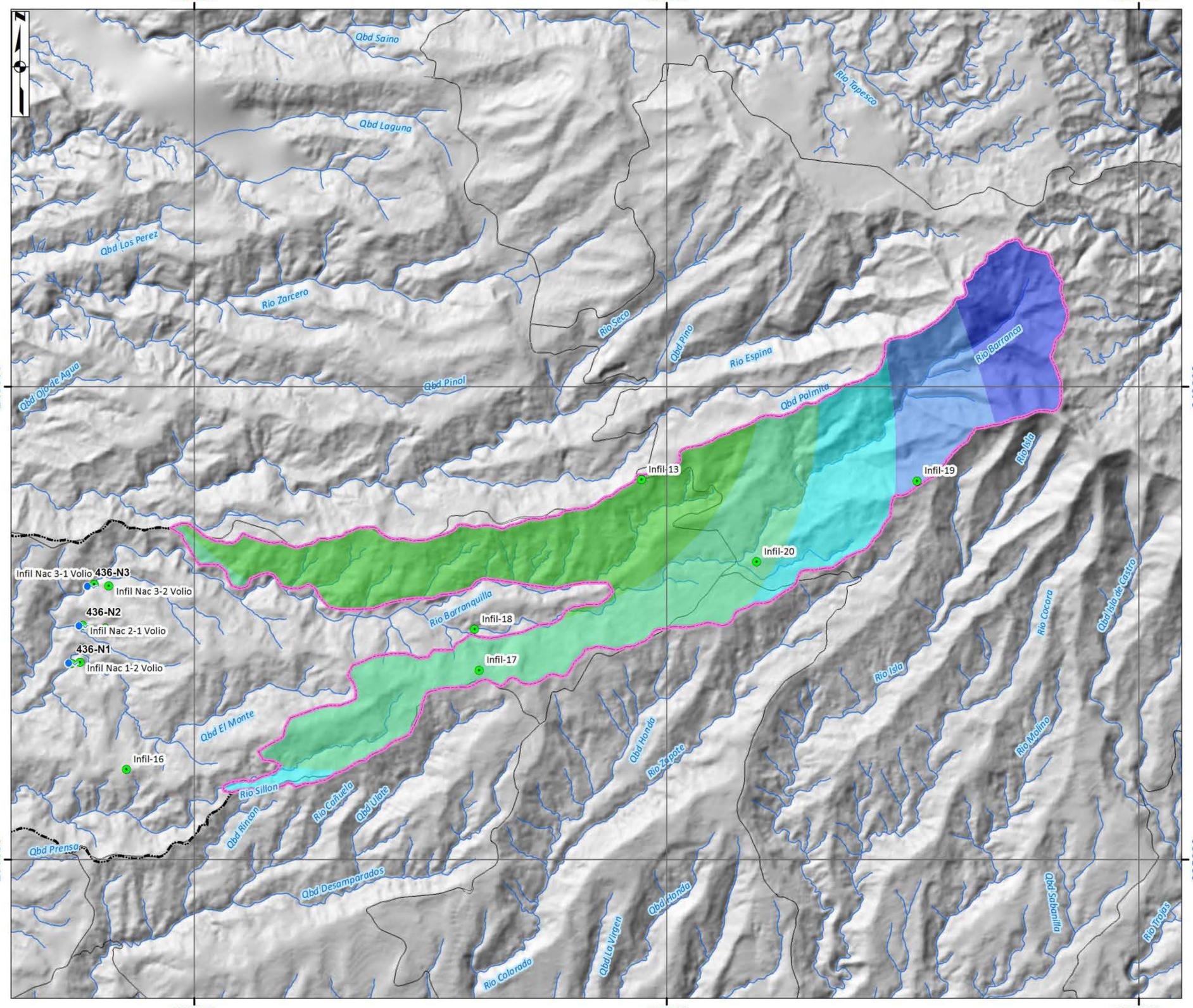
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Punto de marchitez, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Precipitación Anual
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

Precipitación anual mm / mes

- 2222 - 2367
- 2367 - 2502
- 2502 - 2663
- 2663 - 2852
- 2852 - 3081

0 600 1,200 2,400 m

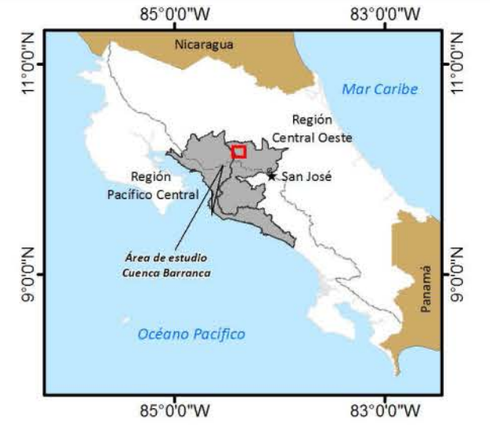
1:40000

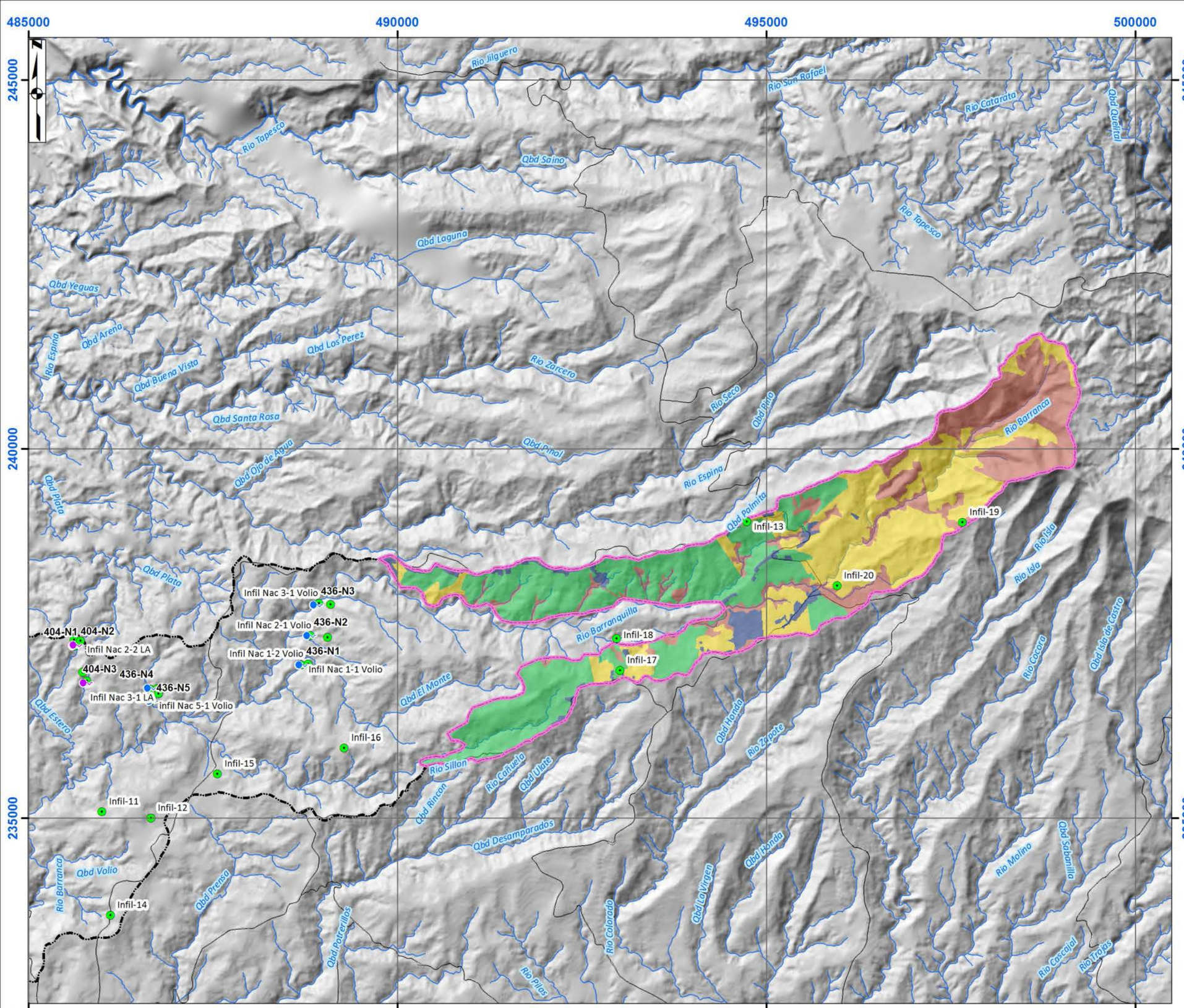
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Precipitación, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Profundidad en las raíces
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

Profundidad de las raíces (mm)

- Suelo urbano y pastos (500)
- Cultivos (700)
- Pastos con árboles dispersos (1800)
- Bosques (2500)

0 750 1,500 3,000 m

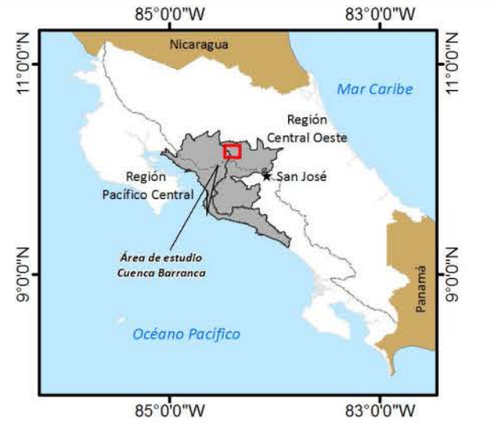
1:50000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Profundidad raíces, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



485000 490000 495000 500000

245000 240000 235000

Rio Jilguero
Rio San Rafael
Rio Catarata
Qbd Cuerital
Rio Tapesco
Qbd Saino
Qbd Laguna
Rio Tapesco
Qbd Yeguas
Qbd Arena
Rio Espina
Qbd Los Perez
Qbd Buena Vista
Rio Zarcero
Rio Seco
Qbd Pinto
Qbd Santa Rosa
Qbd Pinol
Qbd Ojo de Agua
Rio Barranca
Qbd Plata
Rio Espina
Qbd Palmita
Infil-13
Infil-19
Rio Isla
Infil-20
Qbd Plata
Infil Nac 3-1 Volio 436-N3
Infil Nac 2-1 Volio 436-N2
Infil Nac 1-2 Volio 436-N1
Infil Nac 1-1 Volio
404-N1 404-N2
Infil Nac 2-2 LA
404-N3 436-N4
436-N5
Infil Nac 3-1 LA
infil Nac 5-1 Volio
Rio Barranquilla
Infil-18
Infil-17
Rio Cacara
Qbd Isla de Castro
Qbd Estero
Qbd El Monte
Infil-16
Infil-15
Rio Sillon
Rio Cañuela
Qbd Ulate
Qbd Honda
Rio Zapote
Infil-11
Infil-12
Qbd Rincon
Qbd Desamparados
Qbd Volio
Rio Barranca
Qbd Prensa
Infil-14
Qbd Potrerillos
Rio Colorado
Qbd La Virgen
Qbd Ponda
Rio Molino
Qbd Sabanilla
Rio Cascajal
Rio Trojas
Rio Pilas

485000 490000 495000 500000

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

BCIE

Mapa
Recarga Potencial Total Anual
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

Recarga Potencial (mm/año)

- 870 - 1060
- 1060 - 1240
- 1240 - 1390
- 1390 - 1600
- 1600 - 1852

0 750 1,500 3,000 m

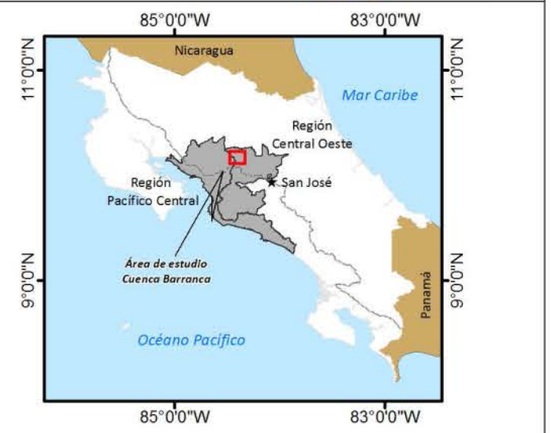
1:50000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Recarga, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.



485000 490000 495000 500000

245000 240000 235000

Rio Jilguero
Rio San Rafael
Rio Catarata
Qbd Cuellital
Rio Tapesco
Qbd Saino
Qbd Laguna
Qbd Yeguas
Qbd Arena
Rio Espina
Qbd Buena Vista
Qbd Los Perez
Rio Zarcero
Qbd Santa Rosa
Rio Seco
Qbd Pino
Qbd Ojo de Agua
Qbd.Pinol
Qbd Plata
Rio Espina
Qbd Palmita
Infil-13
Infil-19
Infil-20
Rio Barranca
Rio Isla
Qbd Plata
Infil Nac 3-1 Volio 436-N3
Infil Nac 2-1 Volio 436-N2
404-N1 404-N2
Infil Nac 2-2 LA
Infil Nac 1-2 Volio 436-N1
Infil Nac 1-1 Volio
404-N3 436-N4
436-N5
Infil Nac 3-1 LA
infil Nac 5-1 Volio
Rio Barranquilla
Infil-18
Infil-17
Qbd El Monte
Rio Cocora
Qbd Isla de Castro
Qbd Estero
Infil-16
Infil-15
Rio Sillon
Qbd Rincon
Rio Cañuela
Qbd Ulate
Qbd Honda
Rio Zapote
Infil-11
Infil-12
Qbd Desamparados
Qbd Volio
Rio Barranca
Qbd Prensa
Infil-14
Qbd.Potrerillos
Rio Colorado
Qbd La Virgen
Qbd Honda
Rio Molino
Qbd Sabanilla
Rio Pilas
Rio Cascajal
Rio Trojas

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

BCIE

Mapa
Retención de lluvia en el follaje total Anual
Unidad geológica Alto Palomo, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Red Hidrográfica
- Red Vial
- Litología Alto Palomo
- Área de Estudio

Retención Potencial (mm/año)

- 274 - 306
- 307 - 368
- 368 - 515
- 515 - 567
- 567 - 611

0 750 1,500 3,000 m

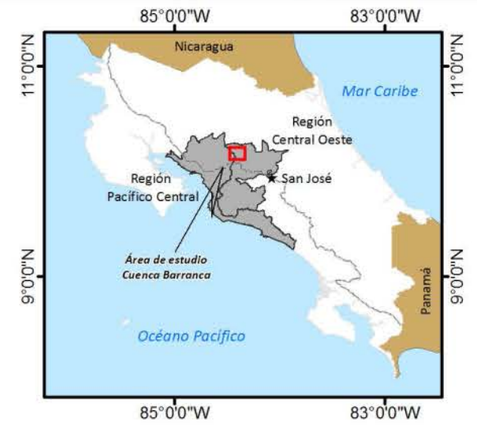
1:50000

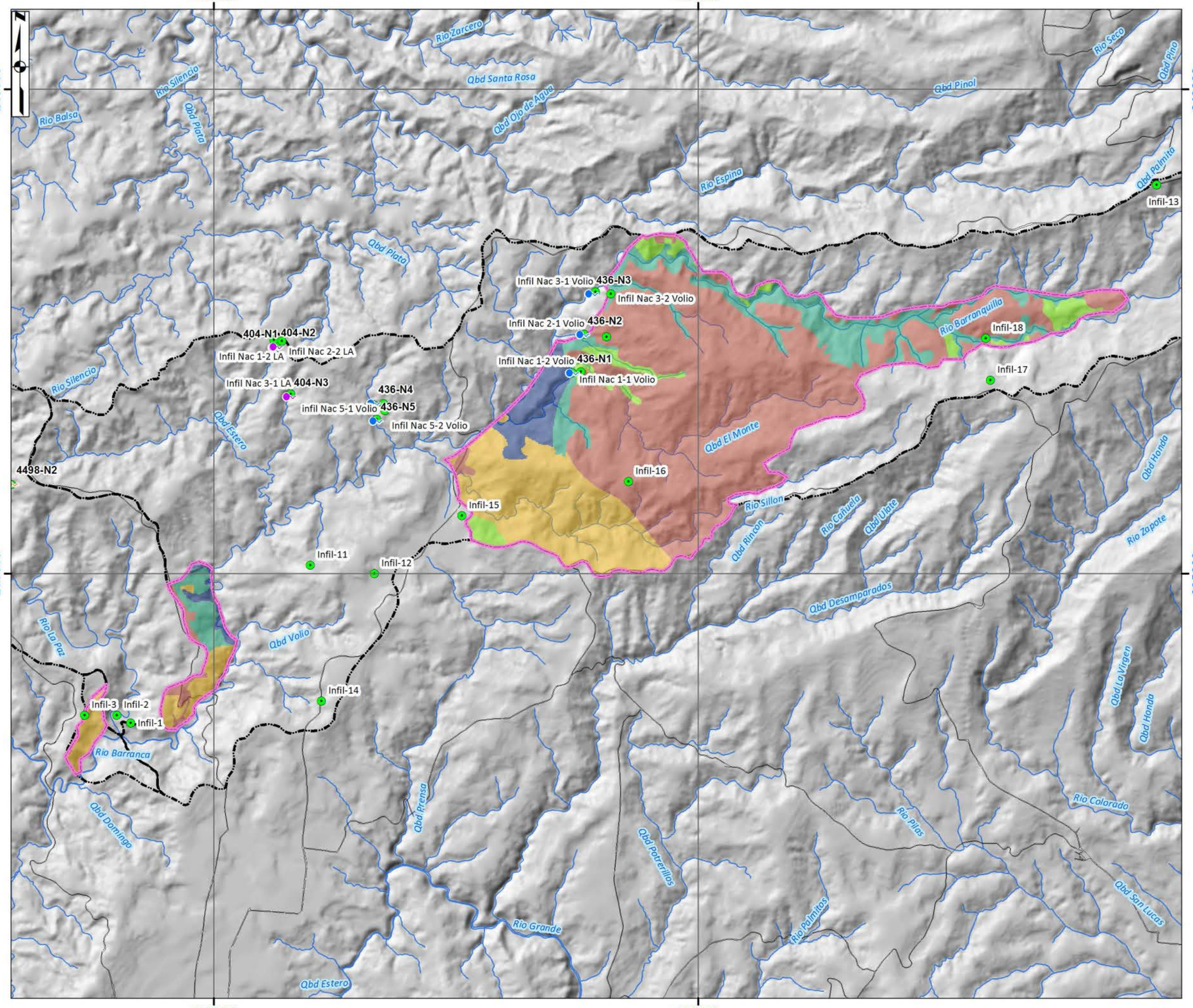
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Retención, unidad geológica y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Agua útil en suelos
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Agua útil (mm)

- 60 - 135
- 135 - 250
- 250 - 405
- 405 - 500
- 500 - 596

0 600 1,200 2,400 m

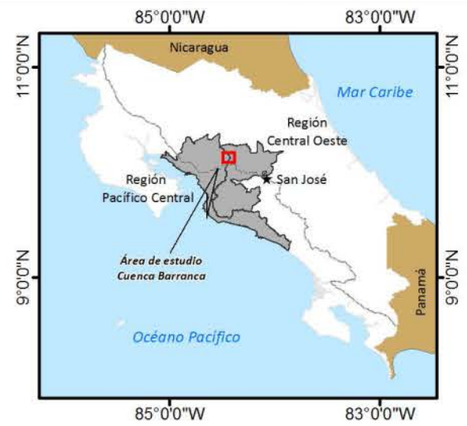
1:39000

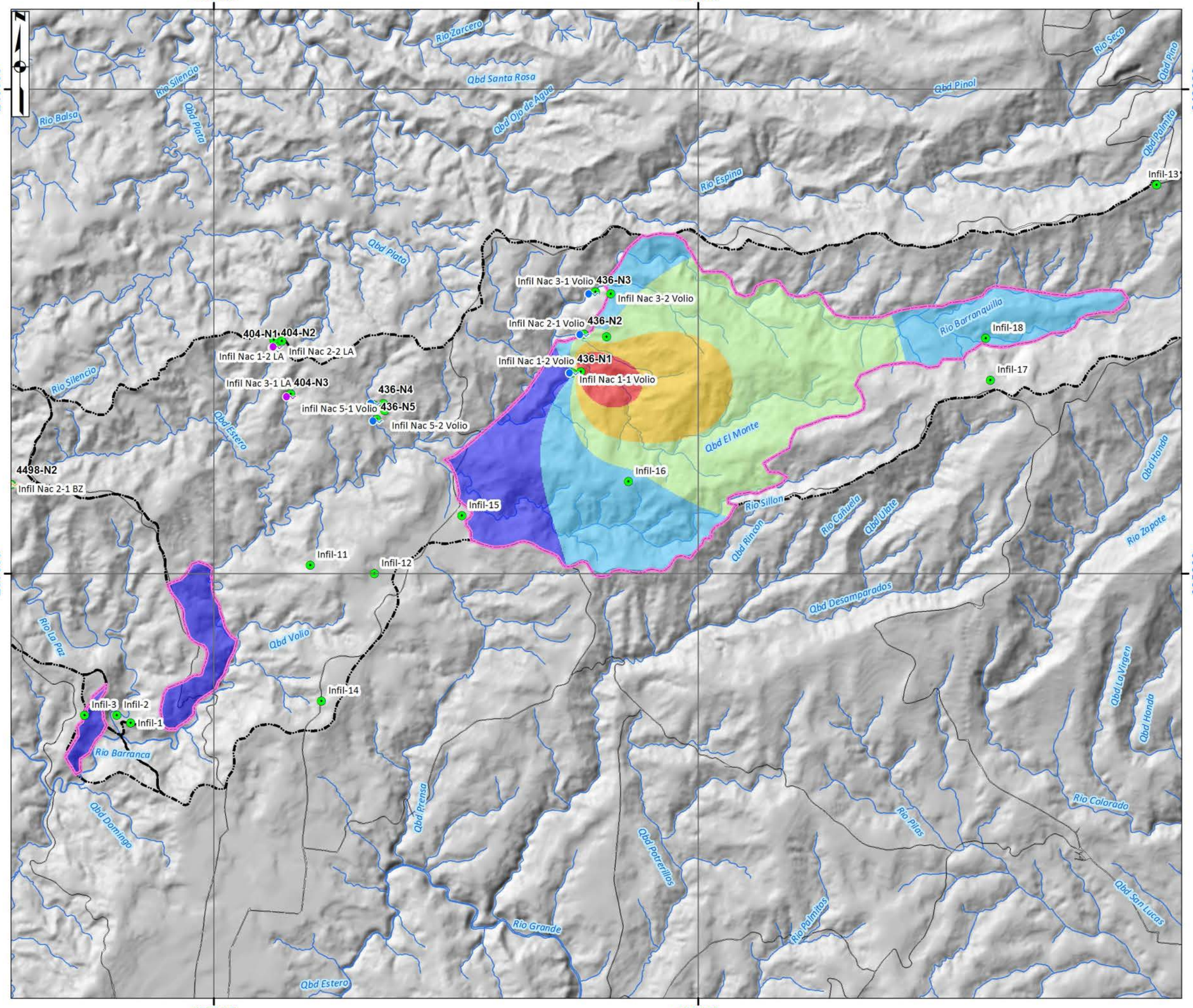
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Capacidad de campo de suelos
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Capacidad de campo (%)

- 29.4 - 35
- 35.1 - 37
- 37.1 - 38.4
- 38.5 - 40.6
- 40.7 - 43.2

0 600 1,200 2,400 m

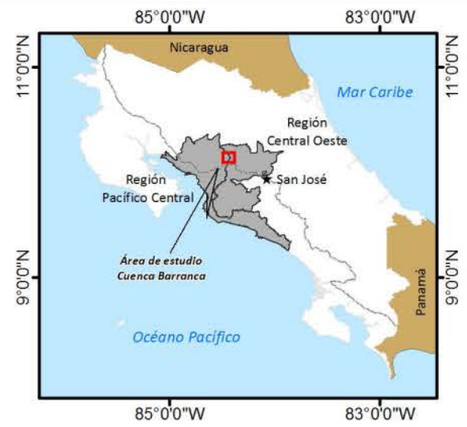
1:39000

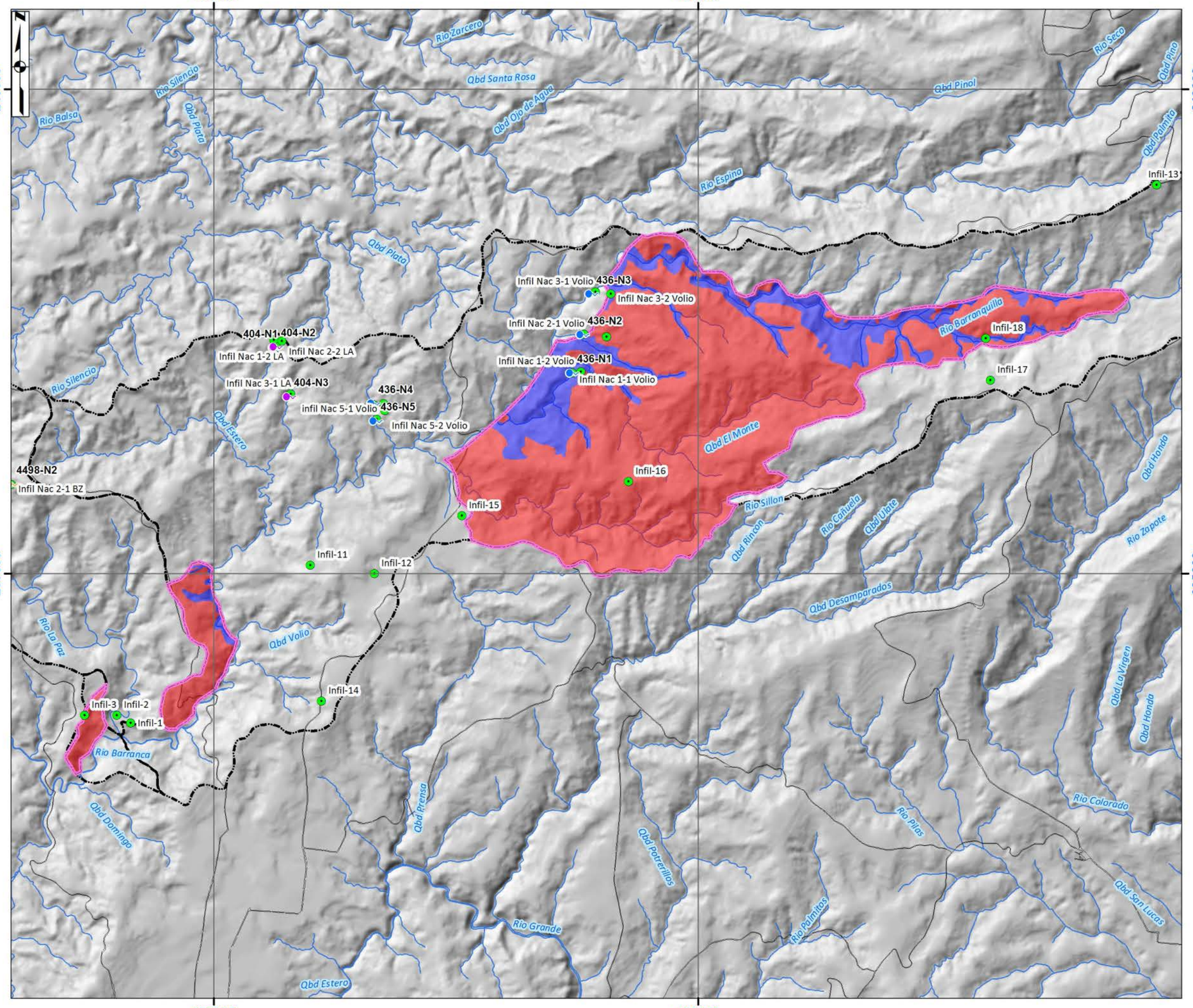
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de follaje
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

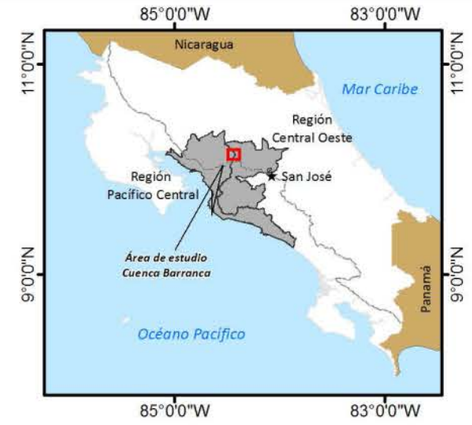
Cfo
- 0.12
- 0.12 - 0.2

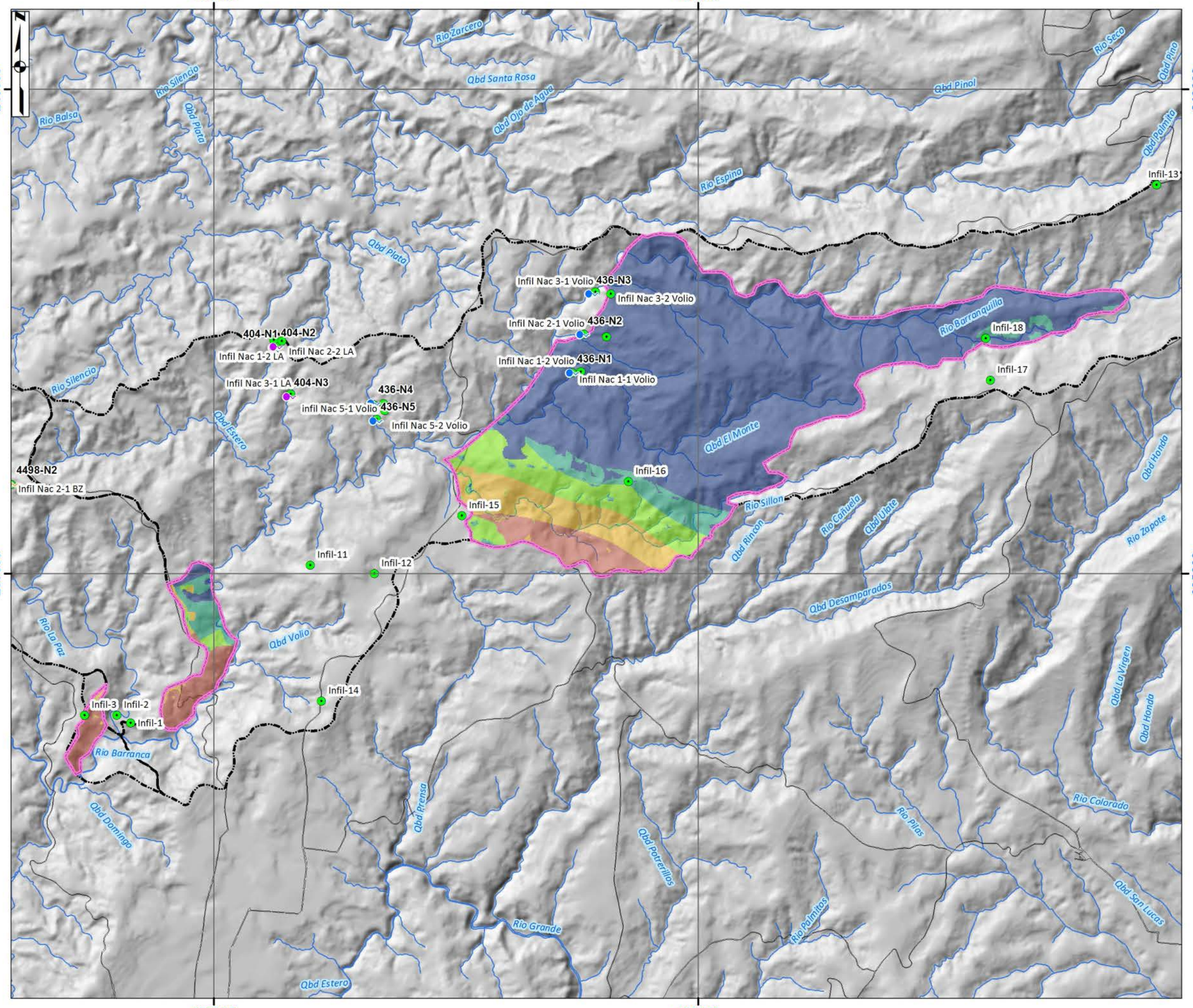
0 600 1,200 2,400 m
1:39000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de Infiltración
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Coeficiente de infiltración

- 0.8 - 0.85
- 0.85 - 0.9
- 0.90 - 0.94
- 0.94 - 0.98
- 0.98 - 1

0 600 1,200 2,400 m

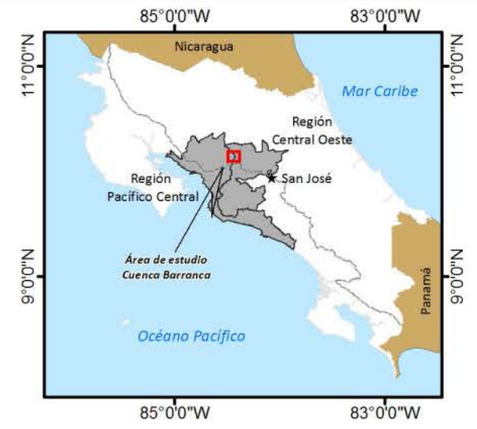
1:39000

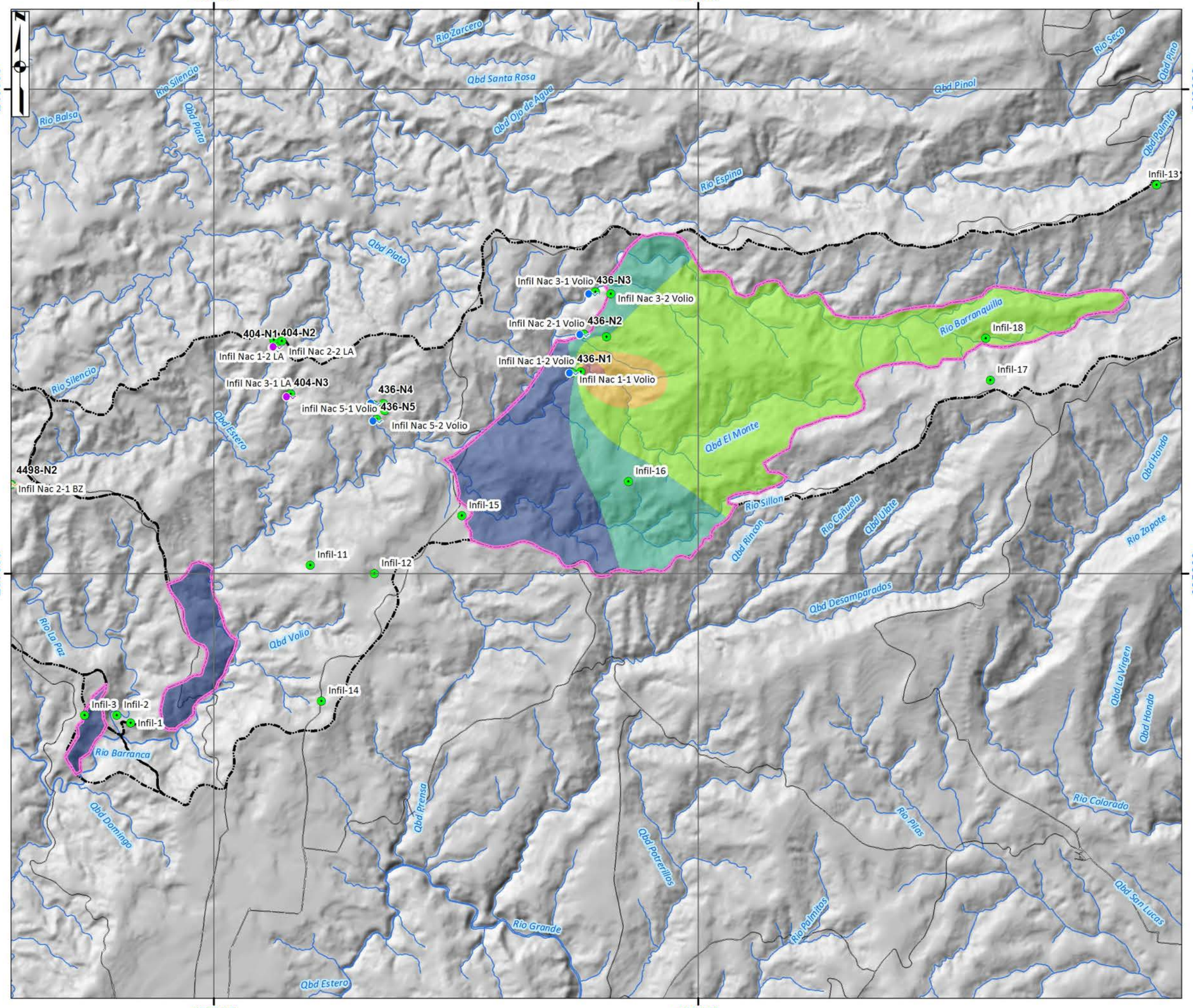
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Densidad Aparente de suelos
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Densidad Aparente (g/cc)

- 0.95 - 1
- 1 - 1.03
- 1.03 - 1.07
- 1.07 - 1.11
- 1.11 - 1.19

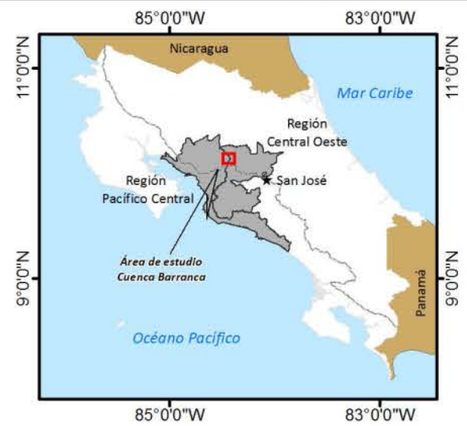
0 600 1,200 2,400 m

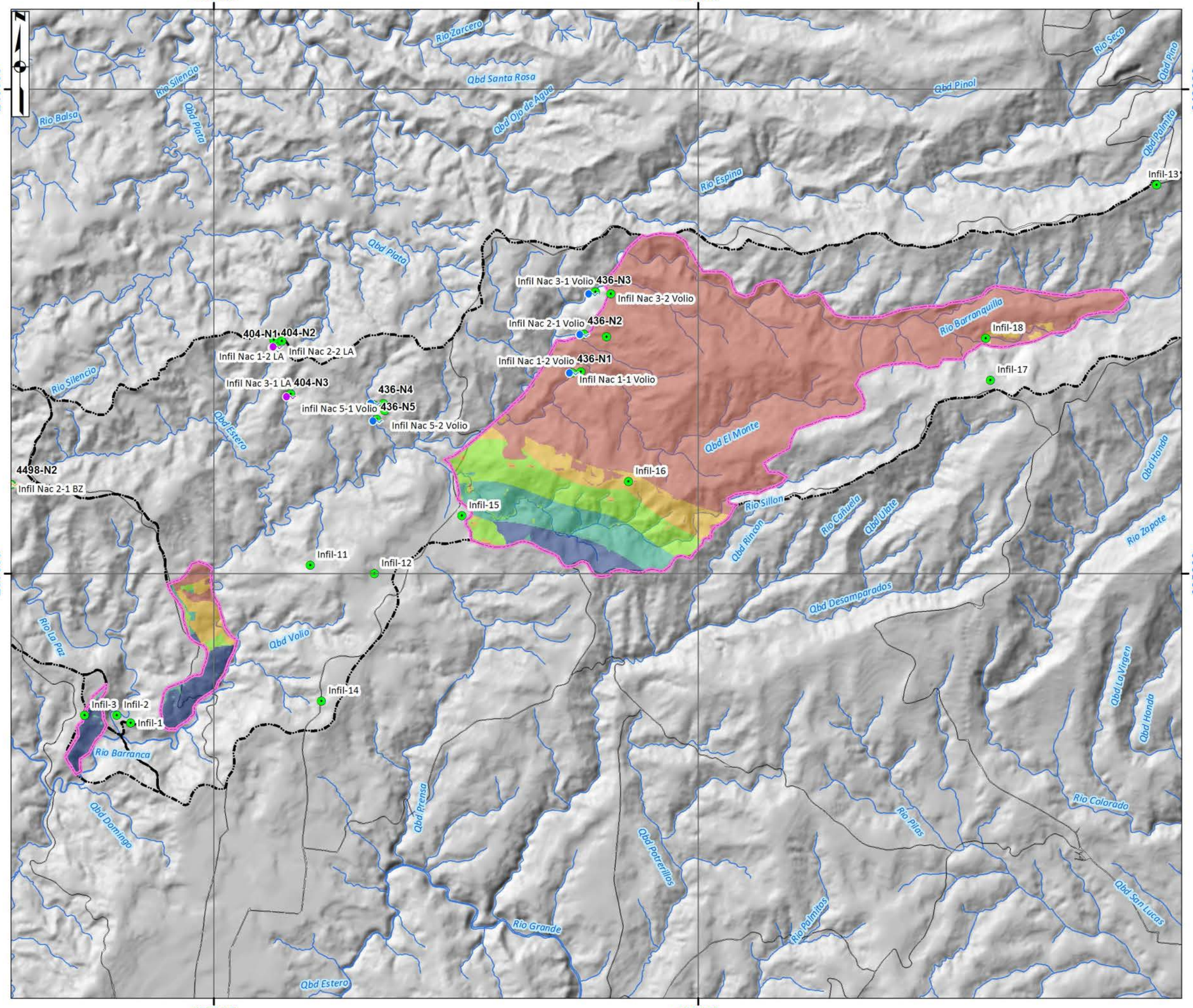
1:39000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Escorrentía Superficial Total Anual
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Escorrentía superficial total anual (mm/año)

- 0 - 55
- 55 - 160
- 160 - 250
- 250 - 350
- 350 - 485

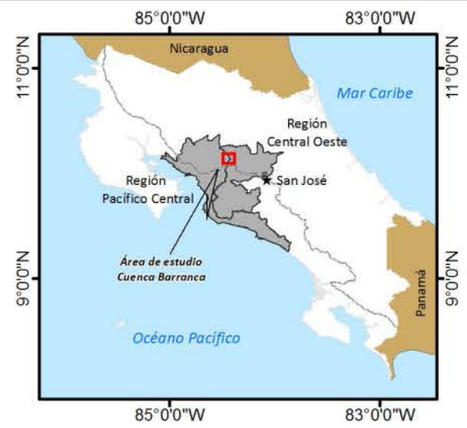
0 600 1,200 2,400 m

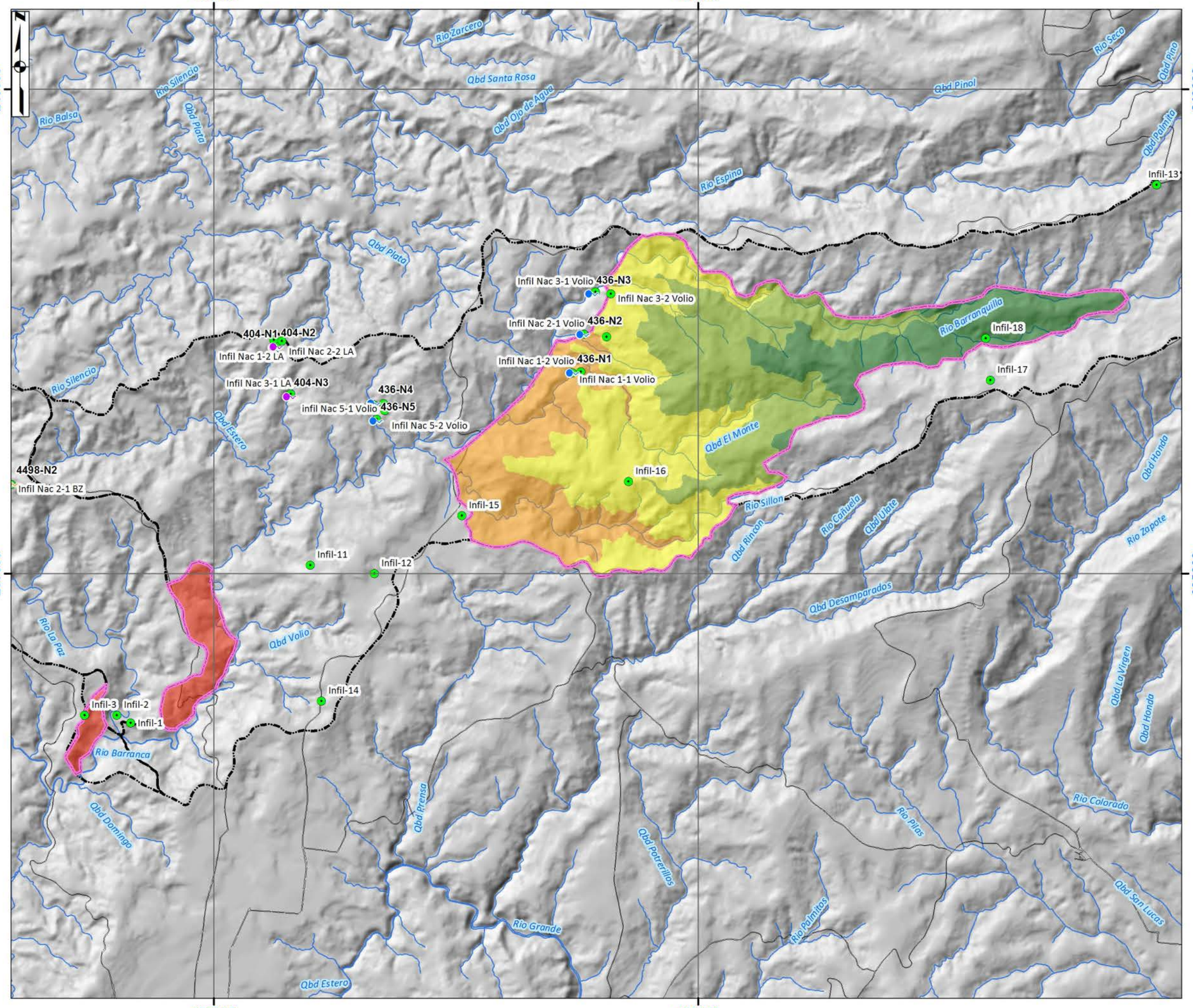
1:39000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Evapotranspiración Potencial Anual
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración anual (mm / mes)

- 1052 - 1092
- 1093 - 1122
- 1123 - 1151
- 1152 - 1189
- 1190 - 1242

0 600 1,200 2,400 m

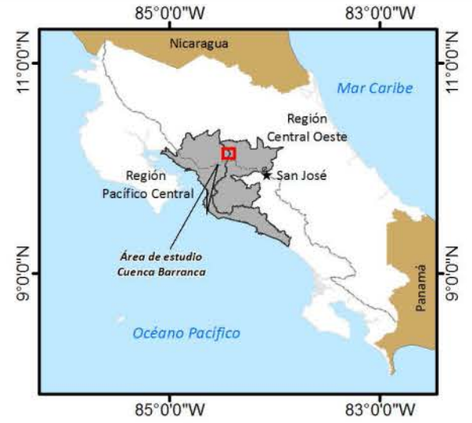
1:39000

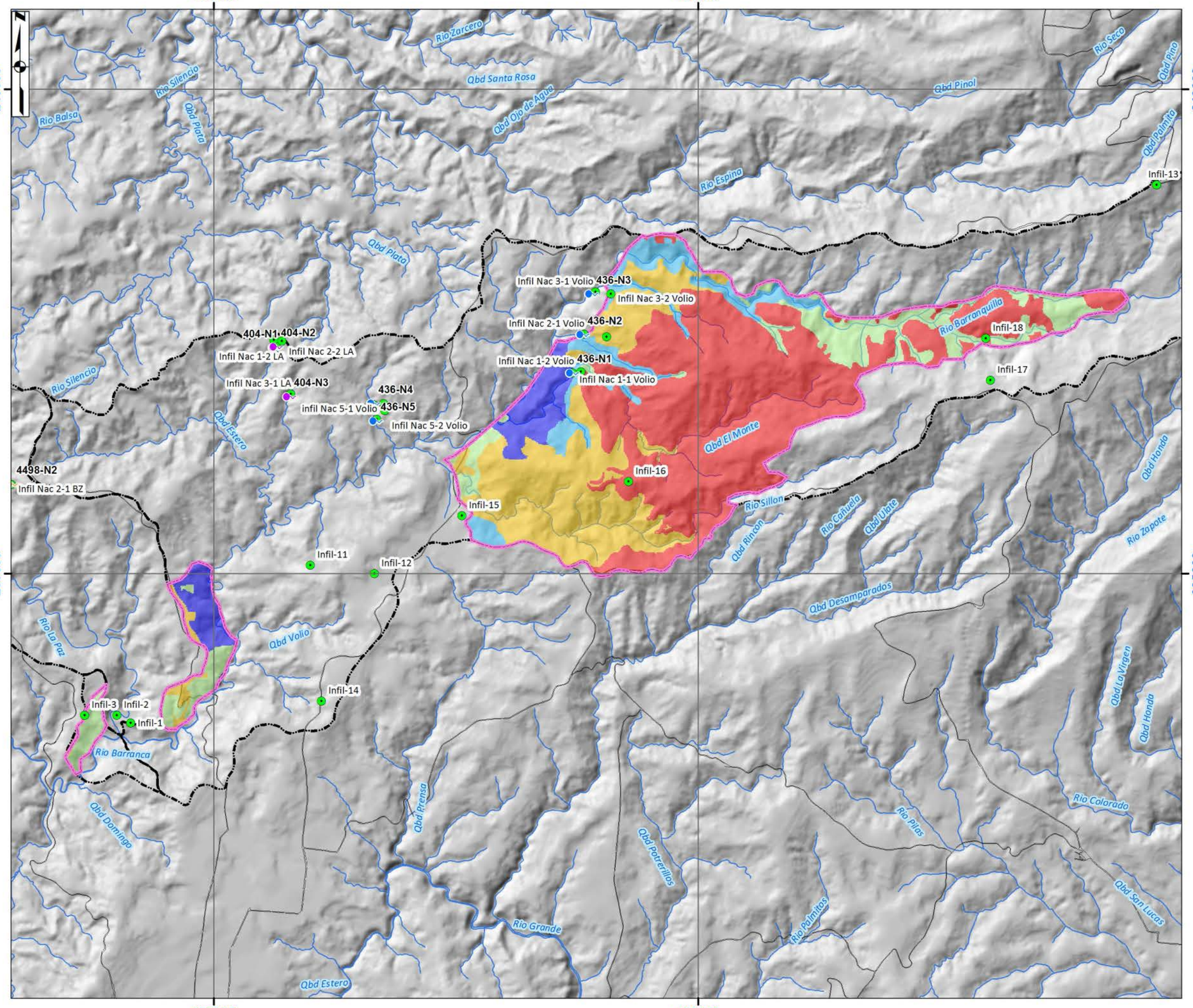
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

BCIE

Mapa
Evapotranspiración Real Total Anual
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración Real (mm/año)

- 824 - 868
- 868 - 915
- 915 - 968
- 968 - 1,015
- 1,015 - 1,086

0 600 1,200 2,400 m

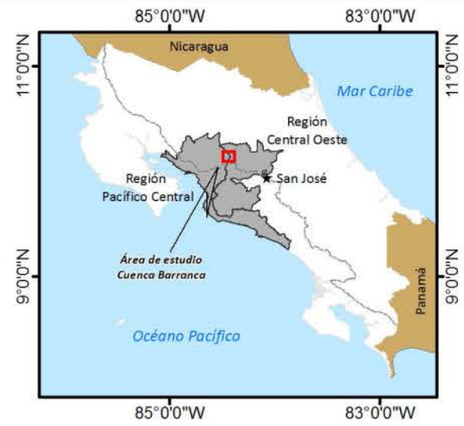
1:39000

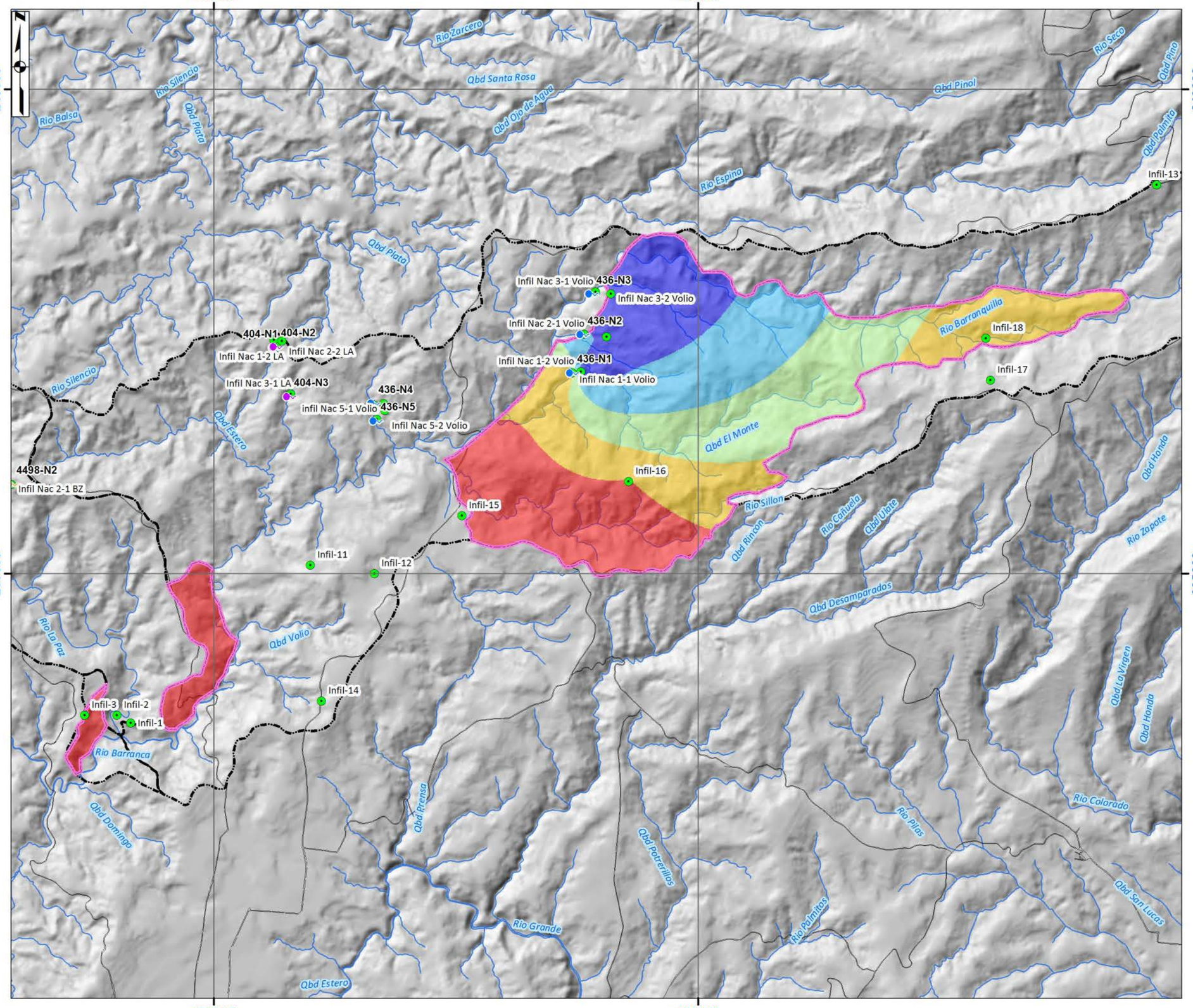
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Infiltración básica del suelo
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Fc (mm/día)

- 189 - 350
- 350 - 565
- 565 - 827
- 827 - 1125
- 1125 - 1522

0 600 1,200 2,400 m

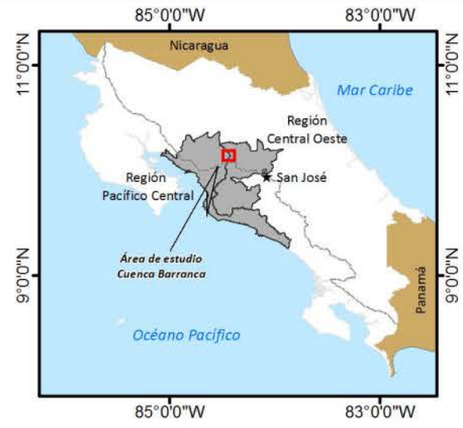
1:39000

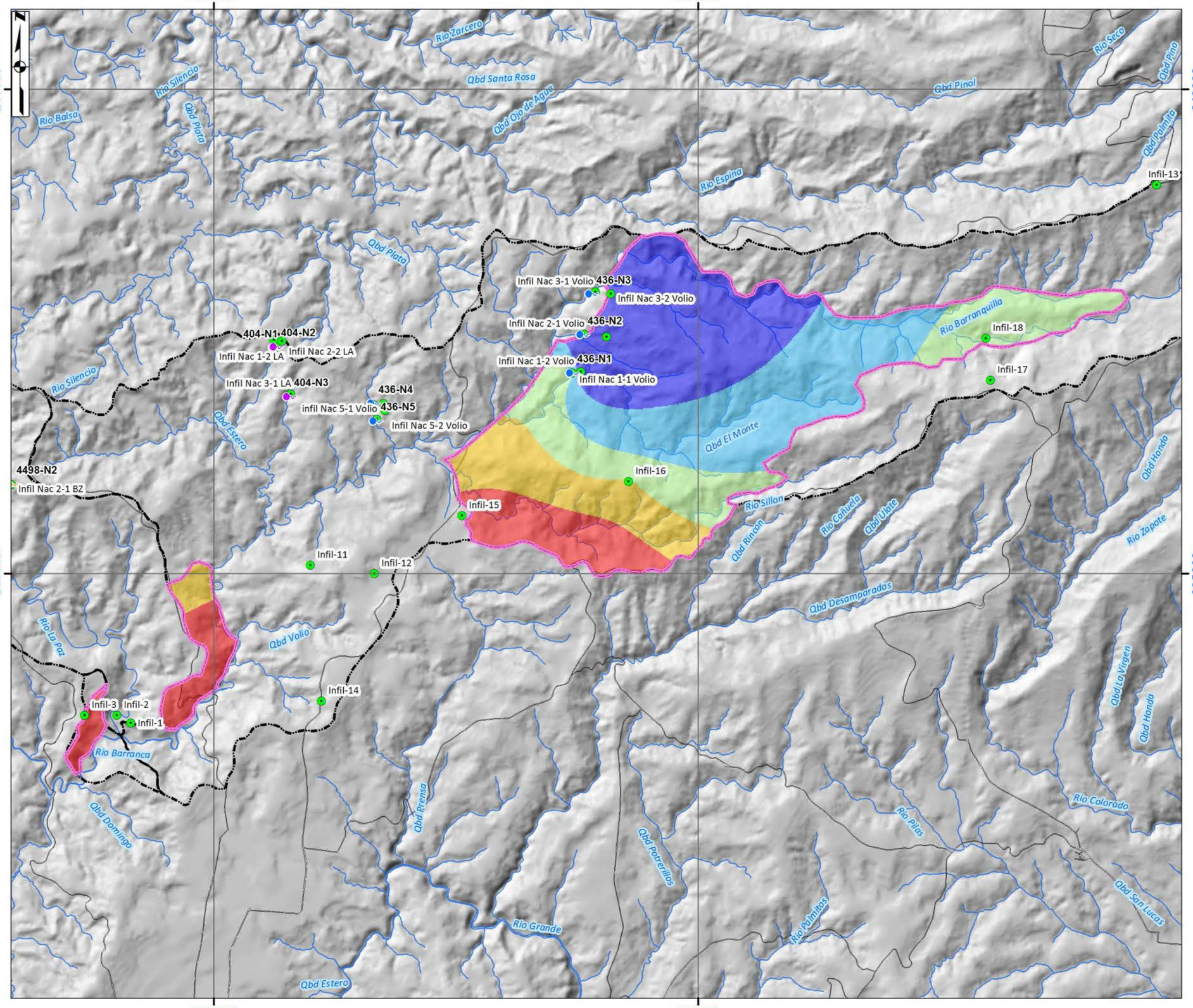
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por textura del suelo
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Kfc

- 0.647 - 0.72
- 0.72 - 0.79
- 0.79 - 0.87
- 0.87 - 0.95
- 0.95 - 1

0 600 1,200 2,400 m

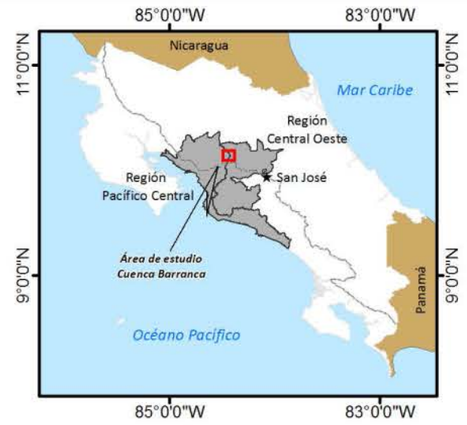
1:39000

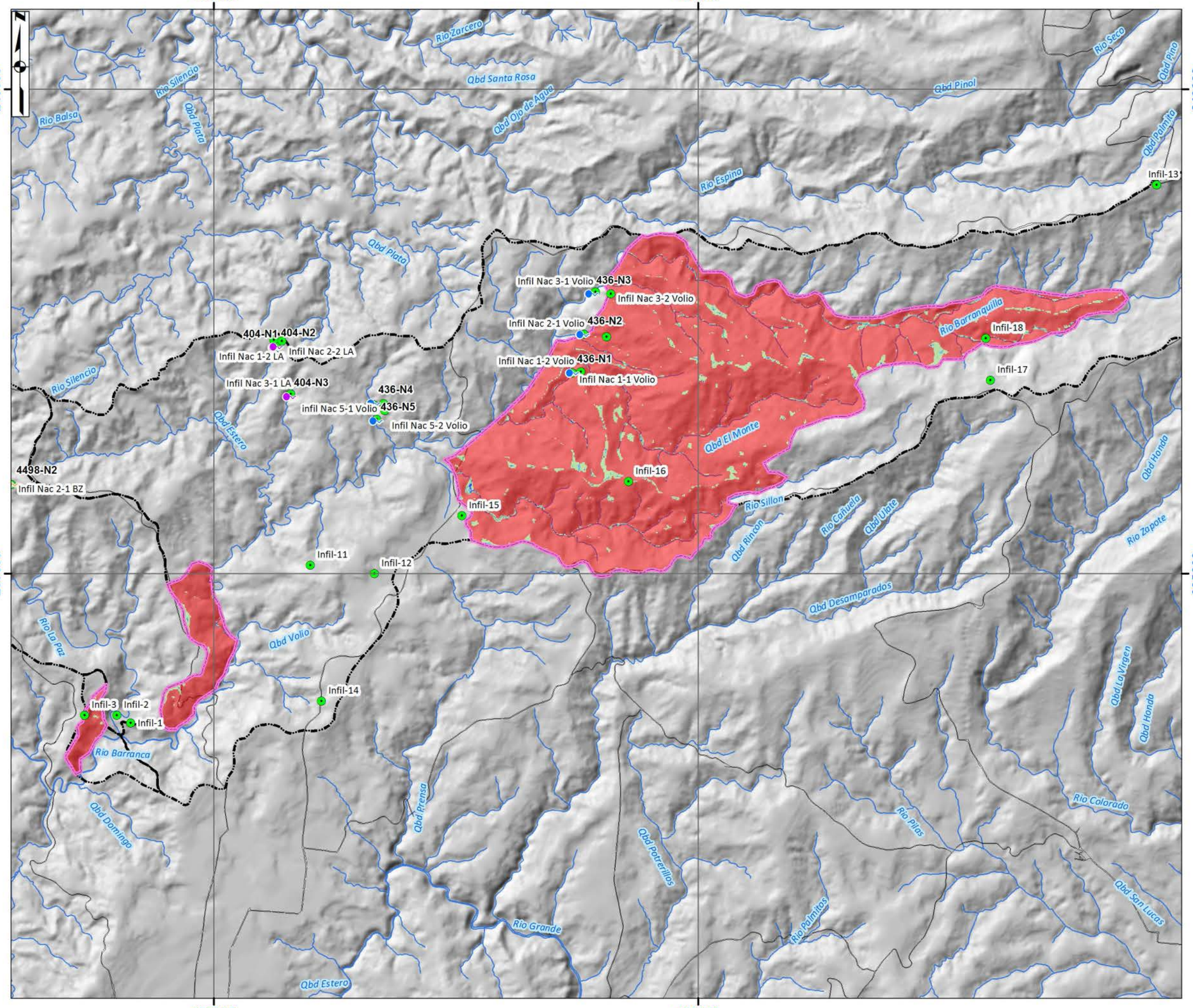
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por efecto de la pendiente
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Kp

- Mayor a 7% (0.06)
- 2% - 7% (0.1)
- 1% - 2% (0.15)
- 0.3% - 0.4% (0.2)
- 0.02% - 0.06% (0.3)

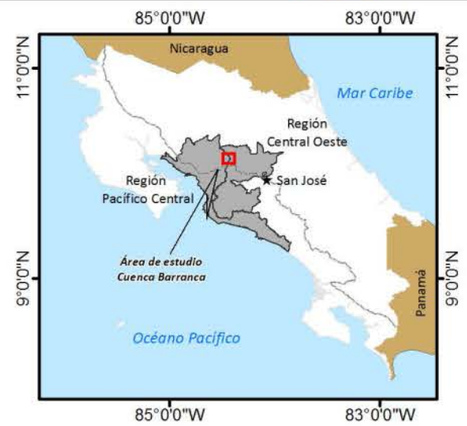
0 600 1,200 2,400 m

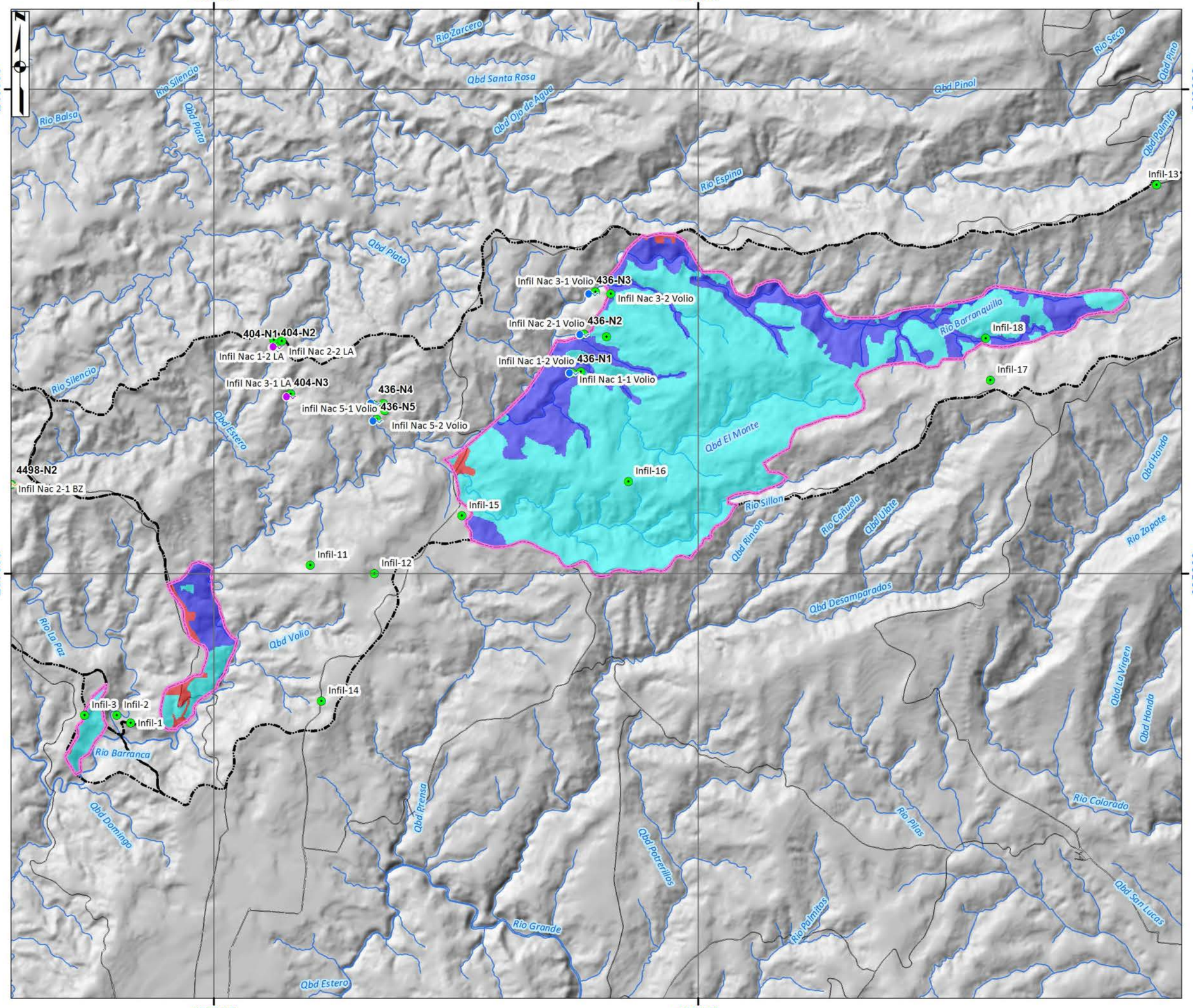
1:39000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por efecto de la covertura vegetal
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Kv

- Suelos descubiertos, urbanos y con árboles dispersos (0.09)
- Cultivos (0.1)
- Pastos (0.18)
- Bosques (0.2)

0 600 1,200 2,400 m

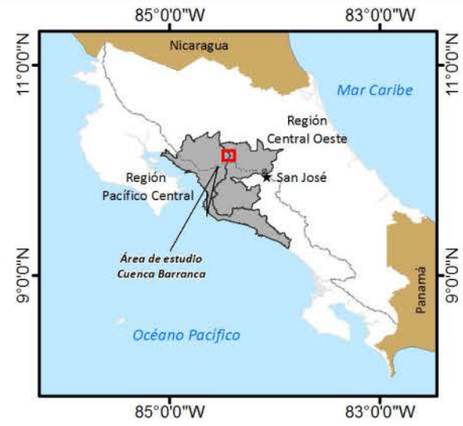
1:39000

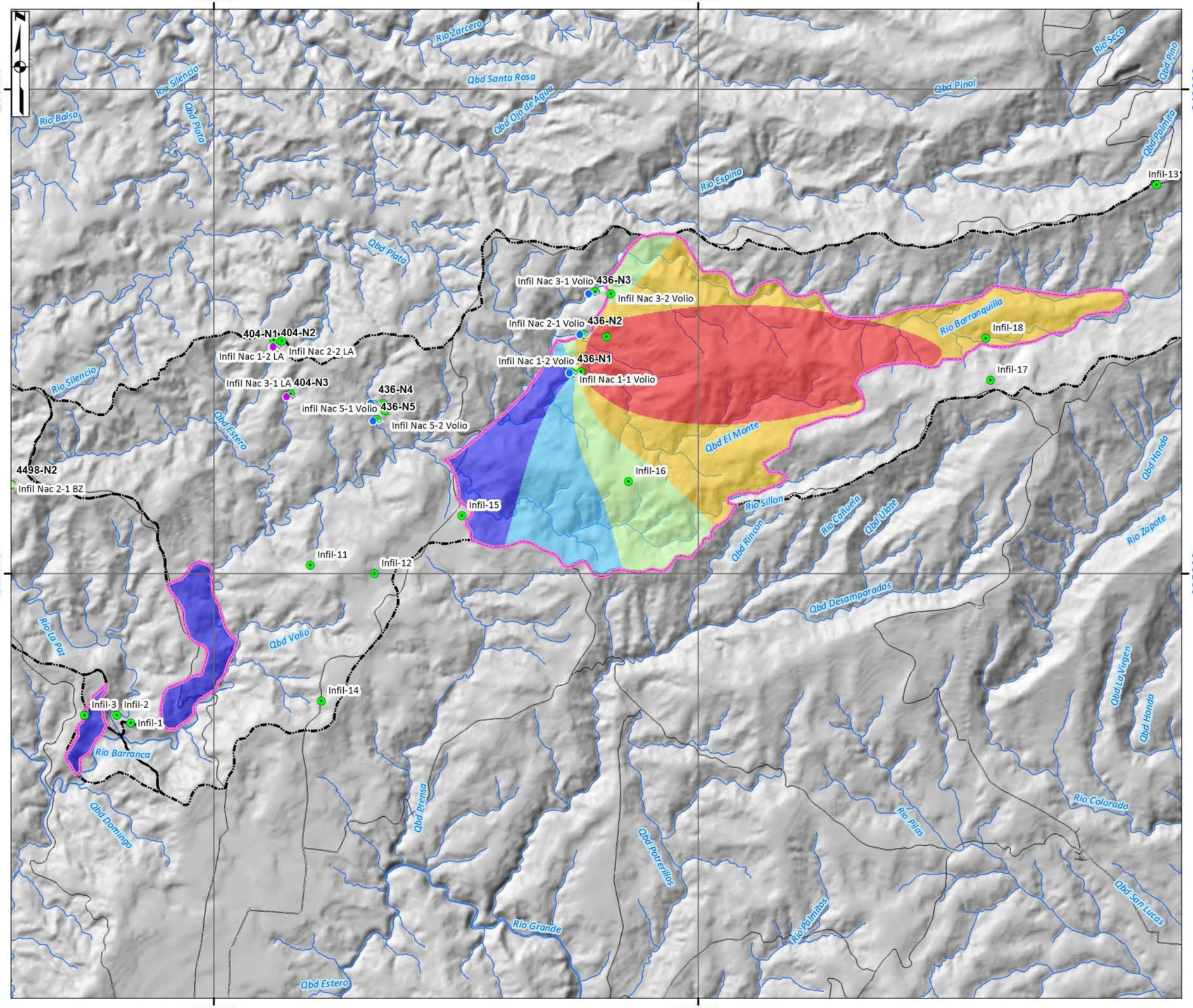
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Punto de marchitez permanente del suelo
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

PM (%)

20.24 - 20.87
20.87 - 21.38
21.38 - 21.95
21.95 - 22.55
22.55 - 23.09

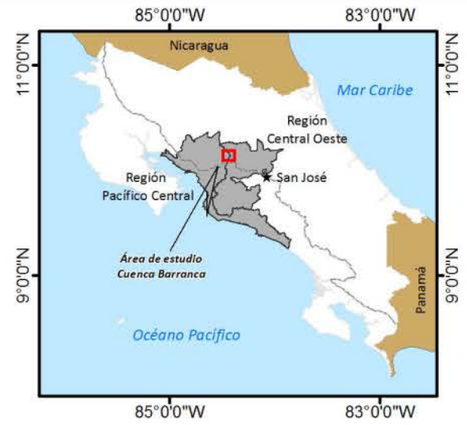
0 600 1,200 2,400 m

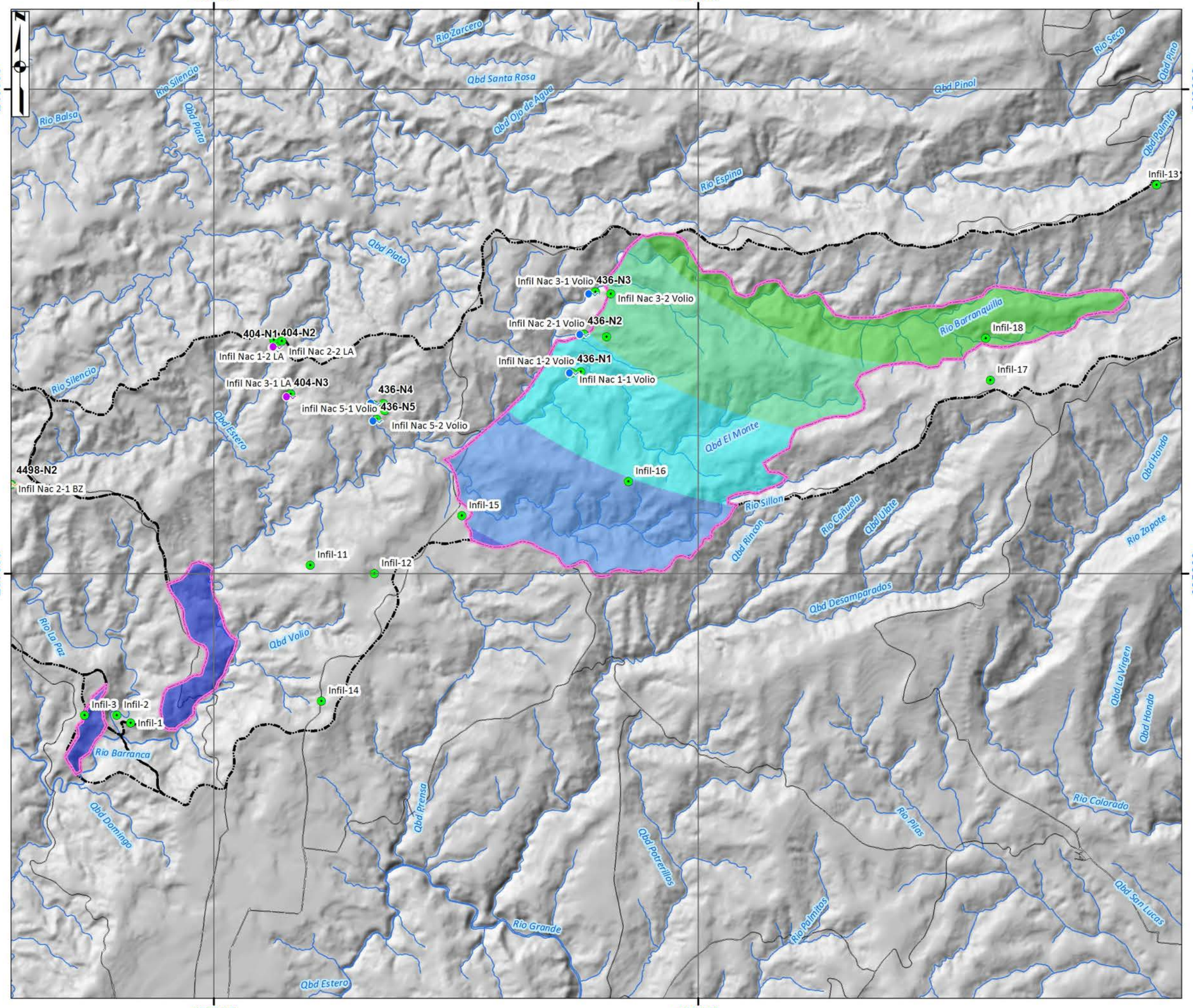
1:39000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Precipitación Anual
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Precipitación anual (mm/mes)

- 2303 - 2390
- 2391 - 2460
- 2461 - 2530
- 2531 - 2600
- 2601 - 2805

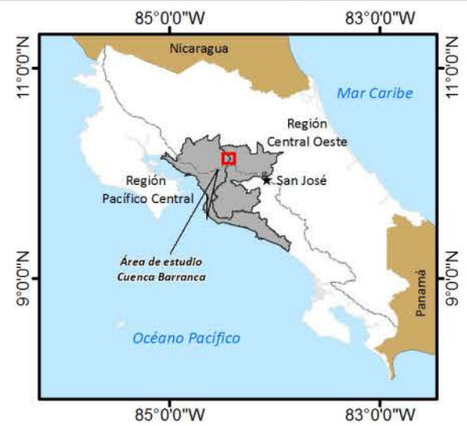
0 600 1,200 2,400 m

1:39000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.



485000

490000

240000

235000

Rio Zarcero
Qbd Santa Rosa
Qbd Ojo de Agua
Rio Silencio
Qbd Plata
Rio Balsa
Qbd Pinol
Rio Seco
Qbd Pino
Qbd Palmita
Rio Espina
Infil-13
Qbd Plata
Infil Nac 3-1 Volio 436-N3
Infil Nac 3-2 Volio
Infil Nac 2-1 Volio 436-N2
Infil Nac 1-2 Volio 436-N1
Infil Nac 1-1 Volio
404-N1 404-N2
Infil Nac 1-2 LA
Infil Nac 2-2 LA
Infil Nac 3-1 LA 404-N3
436-N4
infil Nac 5-1 Volio 436-N5
Infil Nac 5-2 Volio
Rio Barranquilla
Infil-18
Infil-17
Rio Silencio
Qbd Estero
Qbd El Monte
4498-N2
Infil Nac 2-1 BZ
Infil-16
Infil-15
Rio Sillon
Qbd Hondo
Infil-11
Infil-12
Qbd Rincon
Rio Cañuela
Qbd Ujate
Rio Zapote
Qbd Desamparados
Rio La Paz
Qbd Volio
Infil-14
Infil-3
Infil-2
Infil-1
Qbd La Virgen
Qbd Honda
Rio Barranca
Qbd Domingo
Qbd Prensa
Rio Colorado
Rio Pirias
Qbd Potrerillos
Qbd San Lucas
Rio Grande
Rio Palmitos
Qbd Estero

485000

490000

240000

235000

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Profundidad de las Raíces
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Profundidad de las raíces (mm)

- Suelo urbano y pastos (500)
- Cultivos (700)
- Pastos con árboles dispersos (1800)
- Bosques (2500)

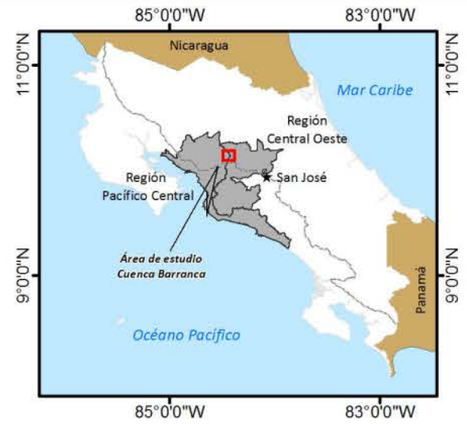
0 600 1,200 2,400 m

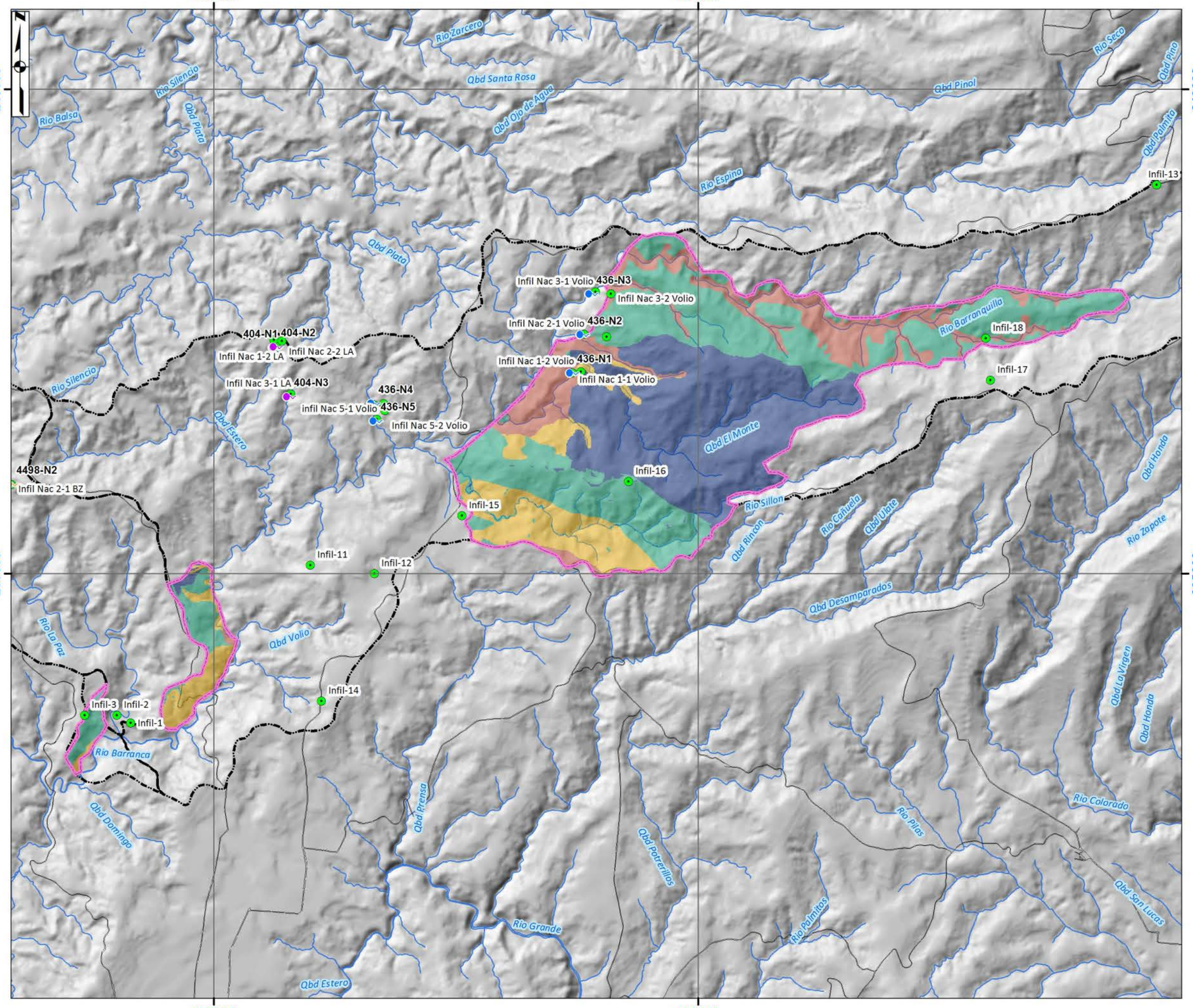
1:39000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Recarga Potencial Total Anual
Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Recarga potencial (mm/año)

- 884 - 990
- 990 - 1090
- 1090
- 1090 - 1275
- 1275 - 1475

0 600 1,200 2,400 m

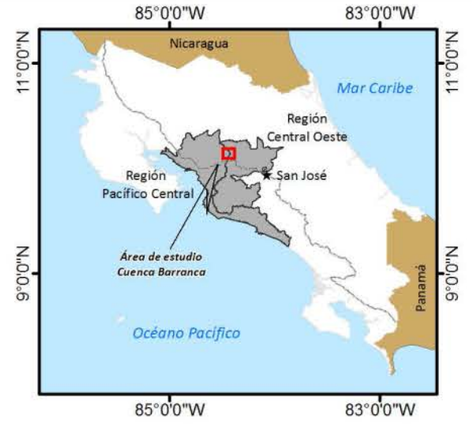
1:39000

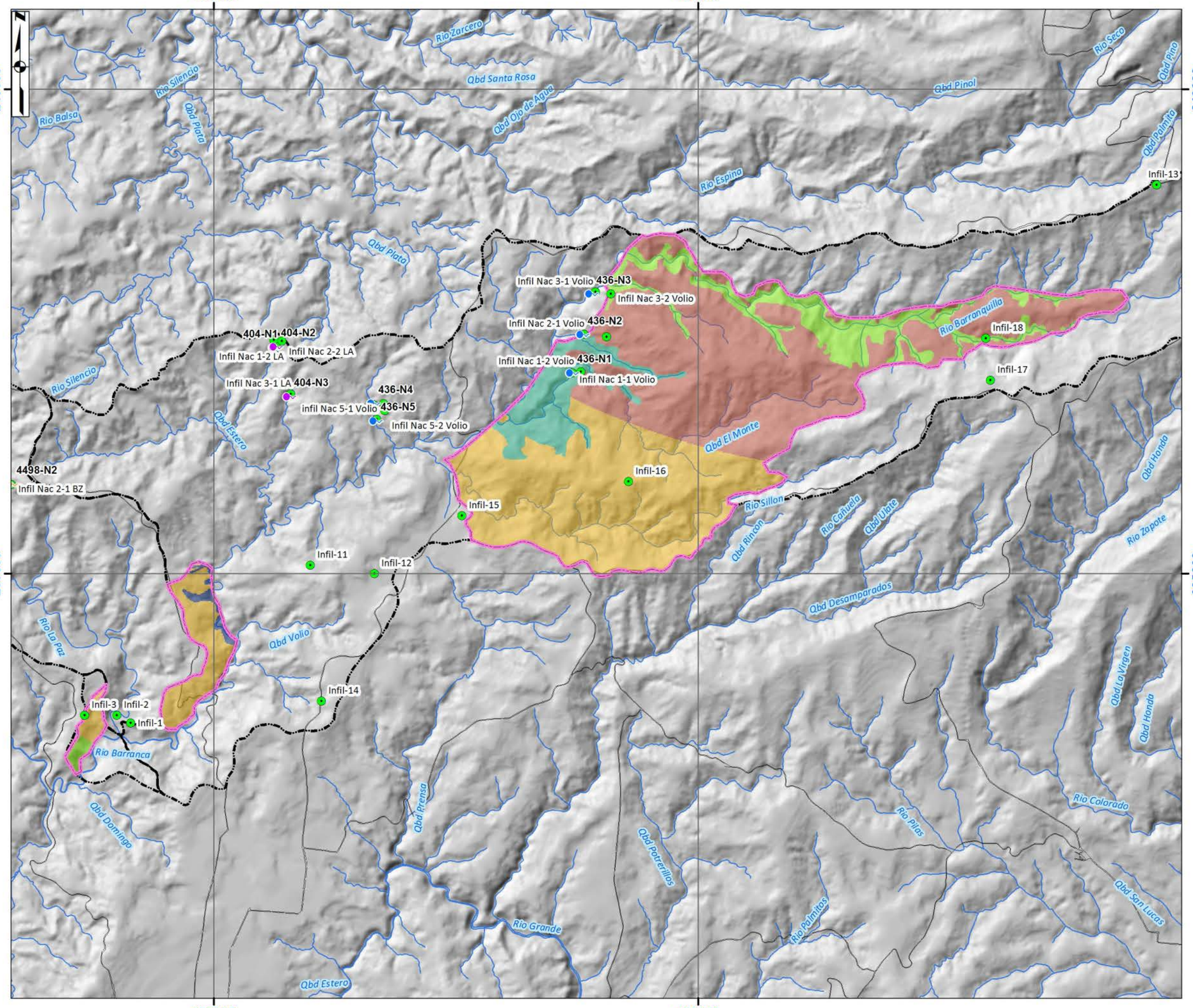
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Retención de Lluvia en el Follaje Total Anual Unidad geológica Toba con Biotita, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Retención Potencial (mm/año)

- 287 - 310
- 310 - 345
- 345 - 495
- 495 - 520
- 520 - 555

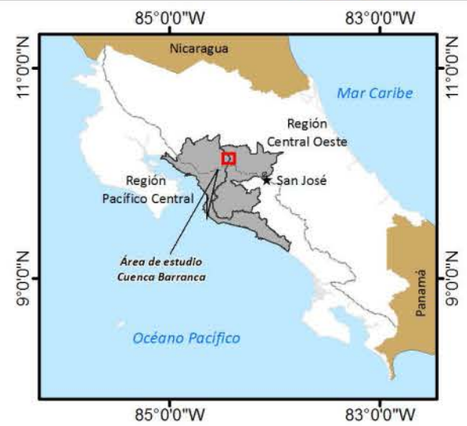
0 600 1,200 2,400 m

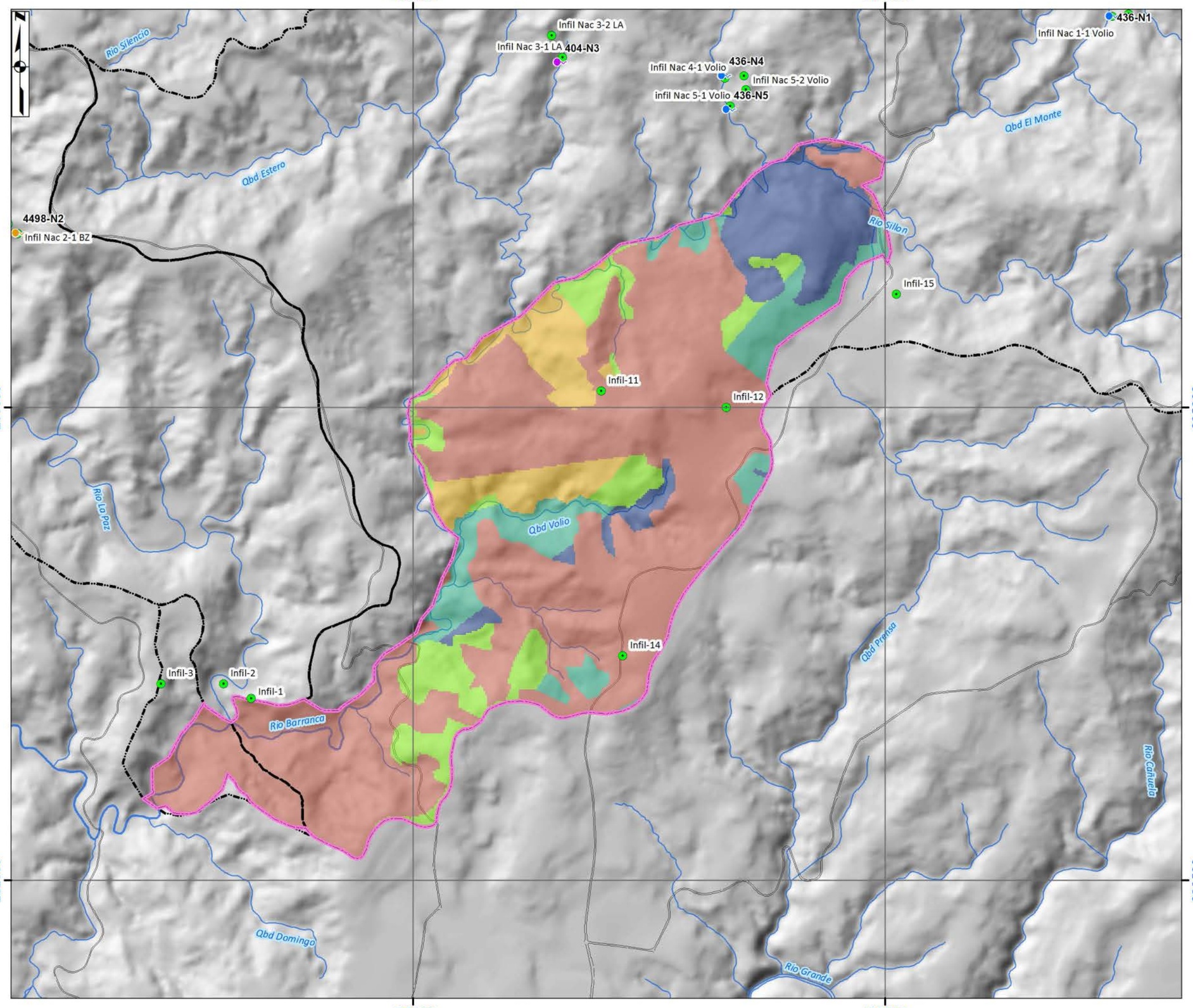
1:39000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Agua útil en suelos
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Agua útil (mm)

- 62 - 160
- 16 - 255
- 255 - 320
- 320 - 385
- 385 - 506

0 310 620 1,240 m

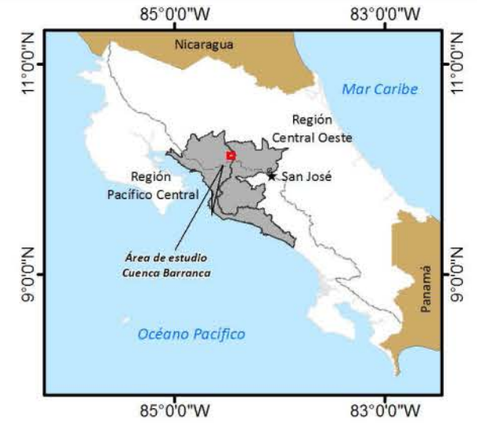
1:20000

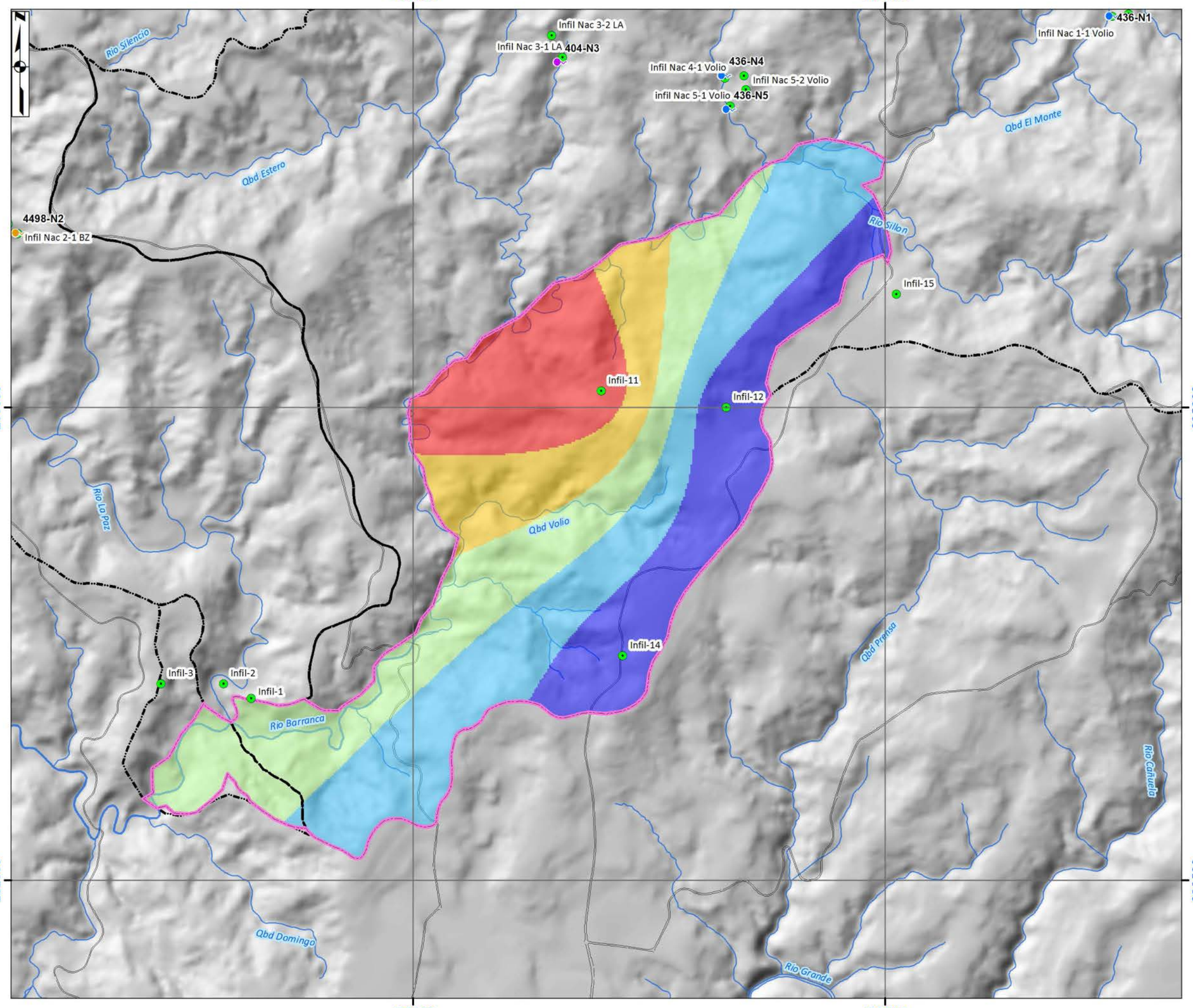
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Capacidad de campo de suelos
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Capacidad de campo (%)

- 24.34 - 27.3
- 27.3 - 30.63
- 30.63 - 33.53
- 33.53 - 36.23
- 36.23 - 40.07

0 310 620 1,240 m

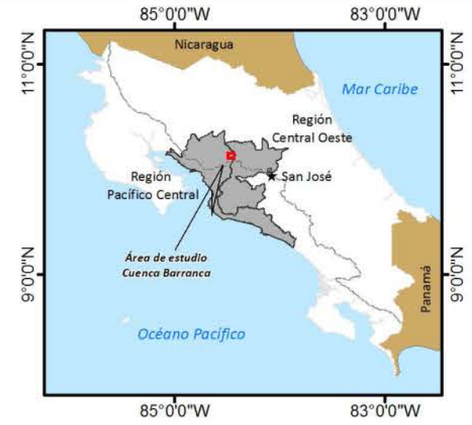
1:20000

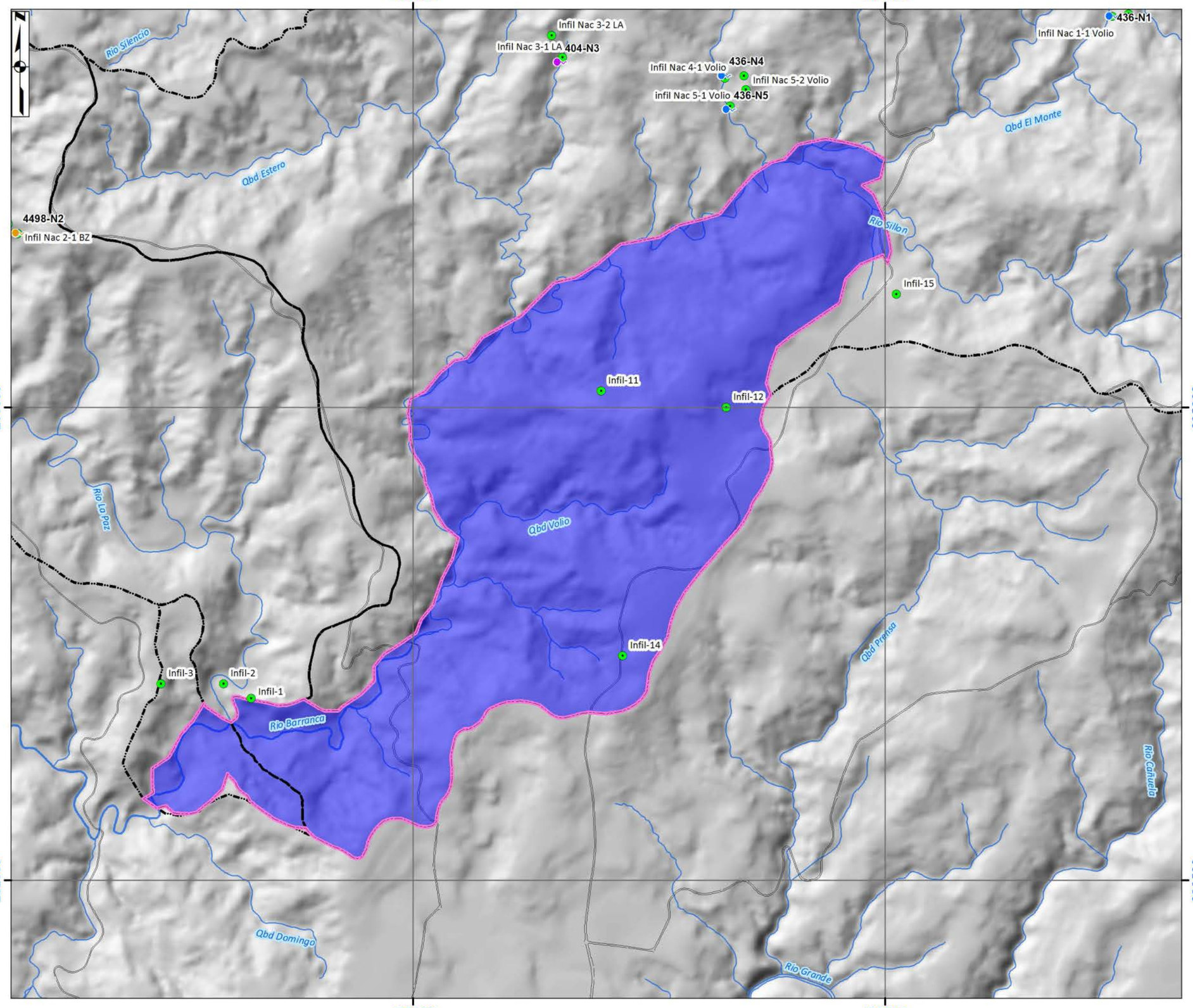
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de follaje
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Cfo

- 0 - 0.12
- 0.12 - 0.2

0 310 620 1,240 m

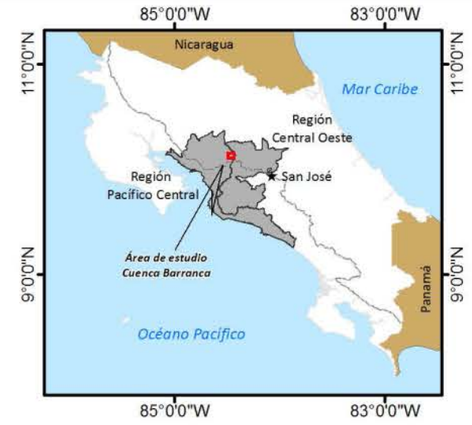
1:20000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



485000

487500

235000

232500

Río Silencio

Qbd Estero

Qbd El Monte

Río Sillon

Río La Paz

Qbd Volio

Río Barranca

Qbd Domingo

Qbd Prensa

Río Cañuela

Río Grande

Infil Nac 3-2 LA

Infil Nac 3-1 LA

404-N3

Infil Nac 4-1 Volio

436-N4

Infil Nac 5-2 Volio

infil Nac 5-1 Volio

436-N5

436-N1

Infil Nac 1-1 Volio

4498-N2

Infil Nac 2-1 BZ

Infil-15

Infil-11

Infil-12

Infil-14

Infil-3

Infil-2

Infil-1

N

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de Infiltración
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Coeficiente de infiltración

- 1

0 310 620 1,240 m

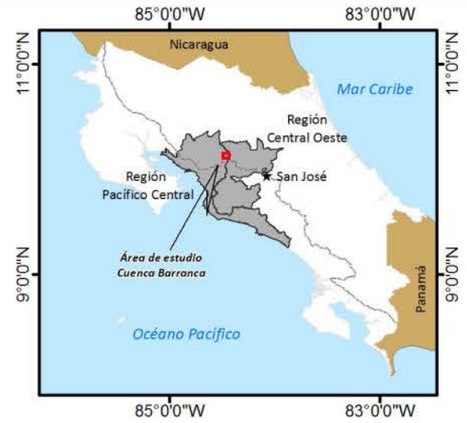
1:20000

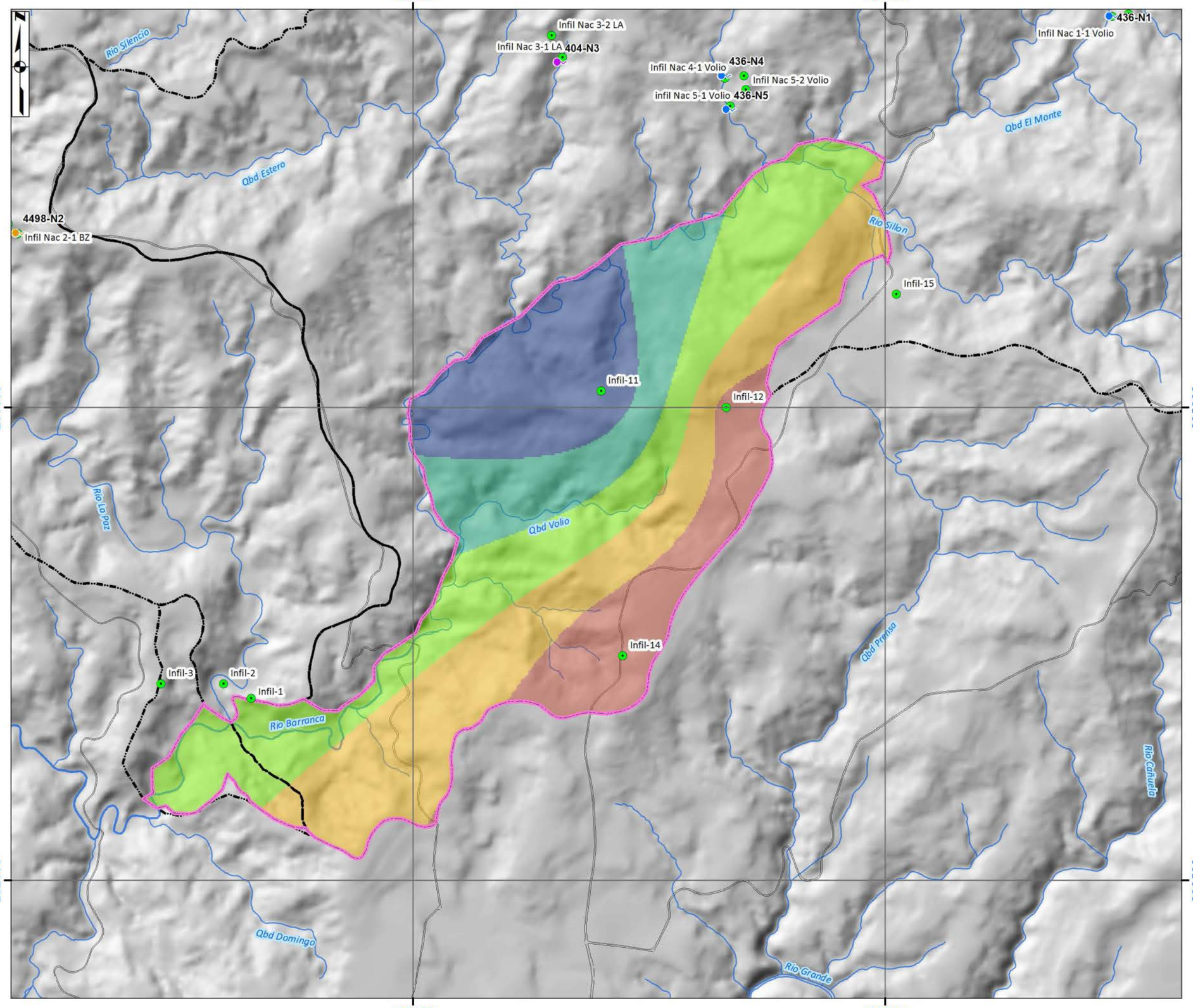
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Densidad Aparente de Suelos
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Densidad aparente (g/cc)

- 1.12 - 1.15
- 1.15 - 1.18
- 1.18 - 1.21
- 1.21 - 1.24
- 1.24 - 1.28

0 310 620 1,240 m

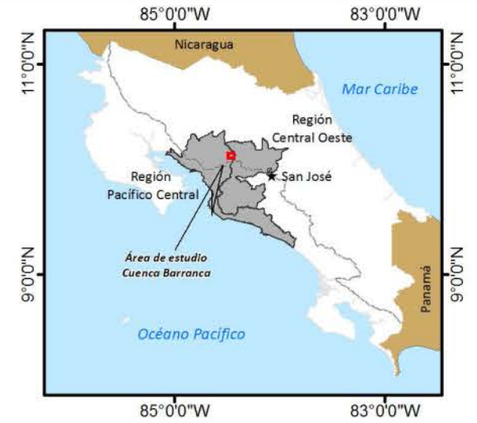
1:20000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



485000

487500

235000

232500

Río Silencio

Qbd Estero

Infil Nac 3-2 LA

Infil Nac 3-1 LA

404-N3

Infil Nac 4-1 Volio

436-N4

Infil Nac 5-2 Volio

infil Nac 5-1 Volio

436-N5

436-N1

Infil Nac 1-1 Volio

Qbd El Monte

4498-N2

Infil Nac 2-1 BZ

Río Sillon

Infil-15

Infil-11

Infil-12

Río La Paz

Qbd Volio

Infil-14

Infil-3

Infil-2

Infil-1

Río Barranca

Qbd Domingo

Qbd Prensa

Río Cañuela

Río Grande

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Escorrentía superfical total anual
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Escorrentía superficial total anual (mm/año)

- 0

0 310 620 1,240 m

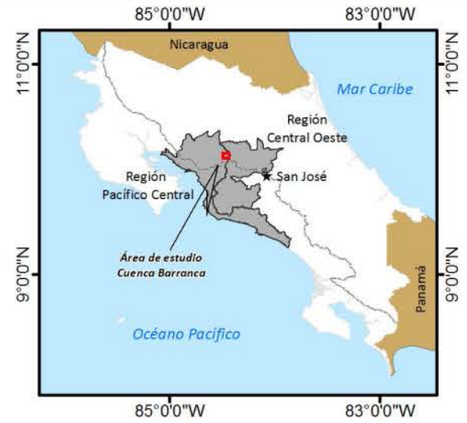
1:20000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.



485000

487500

235000

232500

Río Silencio

Qbd Estero

Río Lo Paz

Qbd Volio

Qbd Domingo

Río Barranca

Río Grande

Qbd El Monte

Río Sillon

Qbd Pirrisa

Río Cañuela

4498-N2
Infil Nac 2-1 BZ

Infil Nac 3-2 LA
Infil Nac 3-1 LA
404-N3

Infil Nac 4-1 Volio
436-N4
Infil Nac 5-2 Volio

infil Nac 5-1 Volio
436-N5

436-N1
Infil Nac 1-1 Volio

Infil-15

Infil-11

Infil-12

Infil-14

Infil-3

Infil-2

Infil-1

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

BCIE

Mapa
Evapotranspiración potencial anual
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración anual (mm/mes)

- 1163 - 1180
- 1180 - 1190
- 1190 - 1200
- 1200 - 1220
- 1220 - 1243

0 310 620 1,240 m

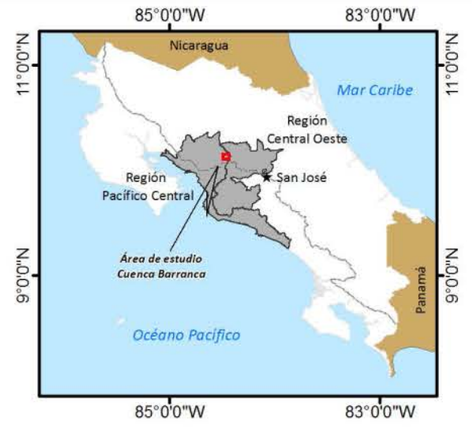
1:20000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.



485000

487500

235000

232500

Río Silencio

Qbd Estero

Río La Paz

Río Barranca

Qbd Domingo

Río Grande

Qbd Volio

Río Sillon

Qbd El Monte

Qbd Pirrisa

Río Cañuela

Infil Nac 3-2 LA

Infil Nac 3-1 LA

404-N3

Infil Nac 4-1 Volio

436-N4

Infil Nac 5-2 Volio

infil Nac 5-1 Volio

436-N5

436-N1

Infil Nac 1-1 Volio

4498-N2

Infil Nac 2-1 BZ

Infil-15

Infil-11

Infil-12

Infil-14

Infil-3

Infil-2

Infil-1

N

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

BCIE

Mapa
Evapotranspiración real total anual
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración real (mm/año)

- 857 - 885
- 885 - 930
- 930 - 980
- 980 - 1005
- 1005 - 1040

0 310 620 1,240 m

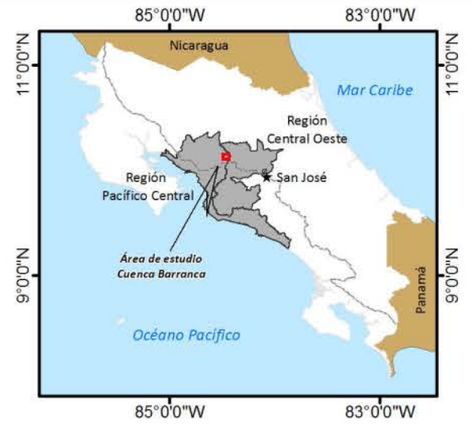
1:20000

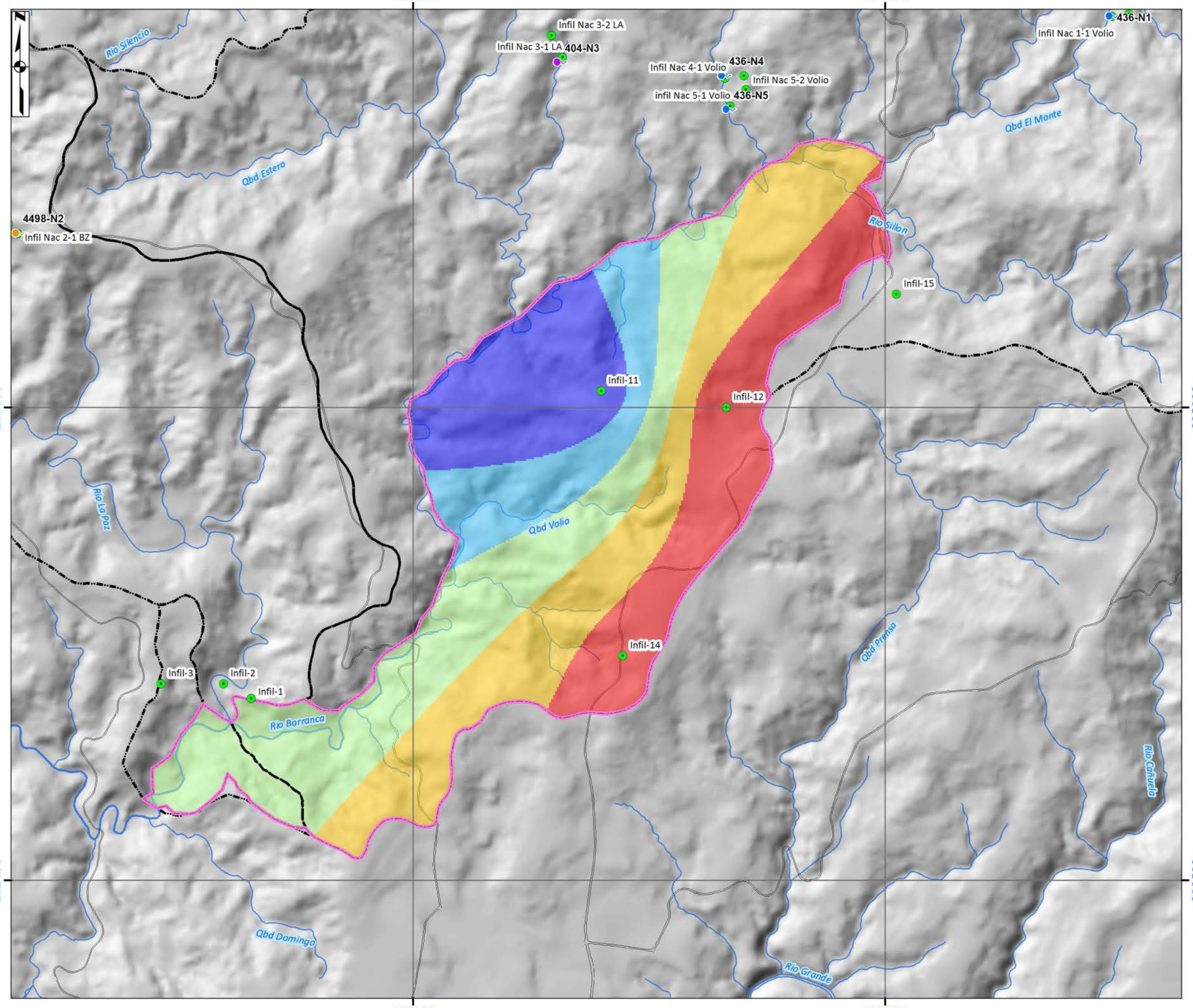
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Infiltración básica del suelo
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Fc (mm/día)

- 577 - 885
- 885 - 1090
- 1090 - 1300
- 1300 - 1525
- 1525 - 1750

0 310 620 1,240 m

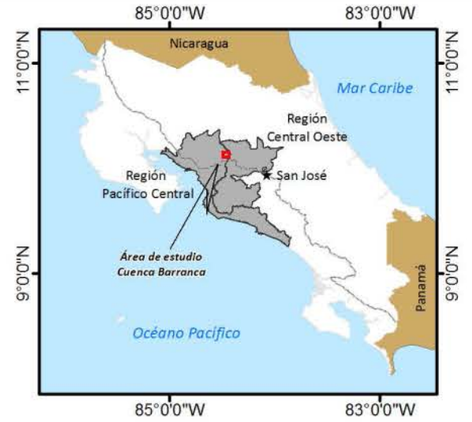
1:20000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



485000

487500

235000

232500

Río Silencio

Qbd Estero

Infil Nac 3-2 LA

Infil Nac 3-1 LA

404-N3

Infil Nac 4-1 Volio

436-N4

Infil Nac 5-2 Volio

infil Nac 5-1 Volio

436-N5

436-N1

Infil Nac 1-1 Volio

Qbd El Monte

4498-N2

Infil Nac 2-1 BZ

Río Sillon

Infil-15

Infil-11

Infil-12

Río La Paz

Qbd Volio

Infil-14

Infil-3

Infil-2

Infil-1

Río Barranca

Qbd Prensa

Río Cañuela

Qbd Domingo

Río Grande

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por textura del suelo
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

kfc

- 0.886 - 0.92
- 0.92 - 0.948
- 0.948 - 0.97
- 0.97 - 0.988
- 0.988 - 1

0 310 620 1,240 m

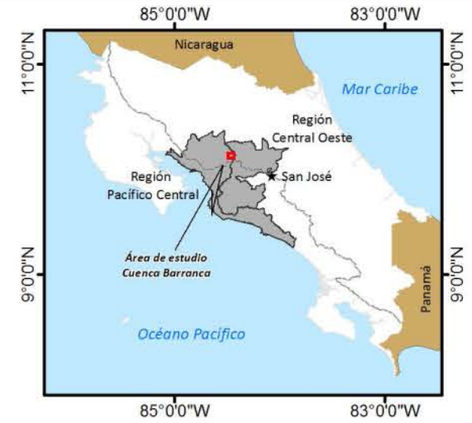
1:20000

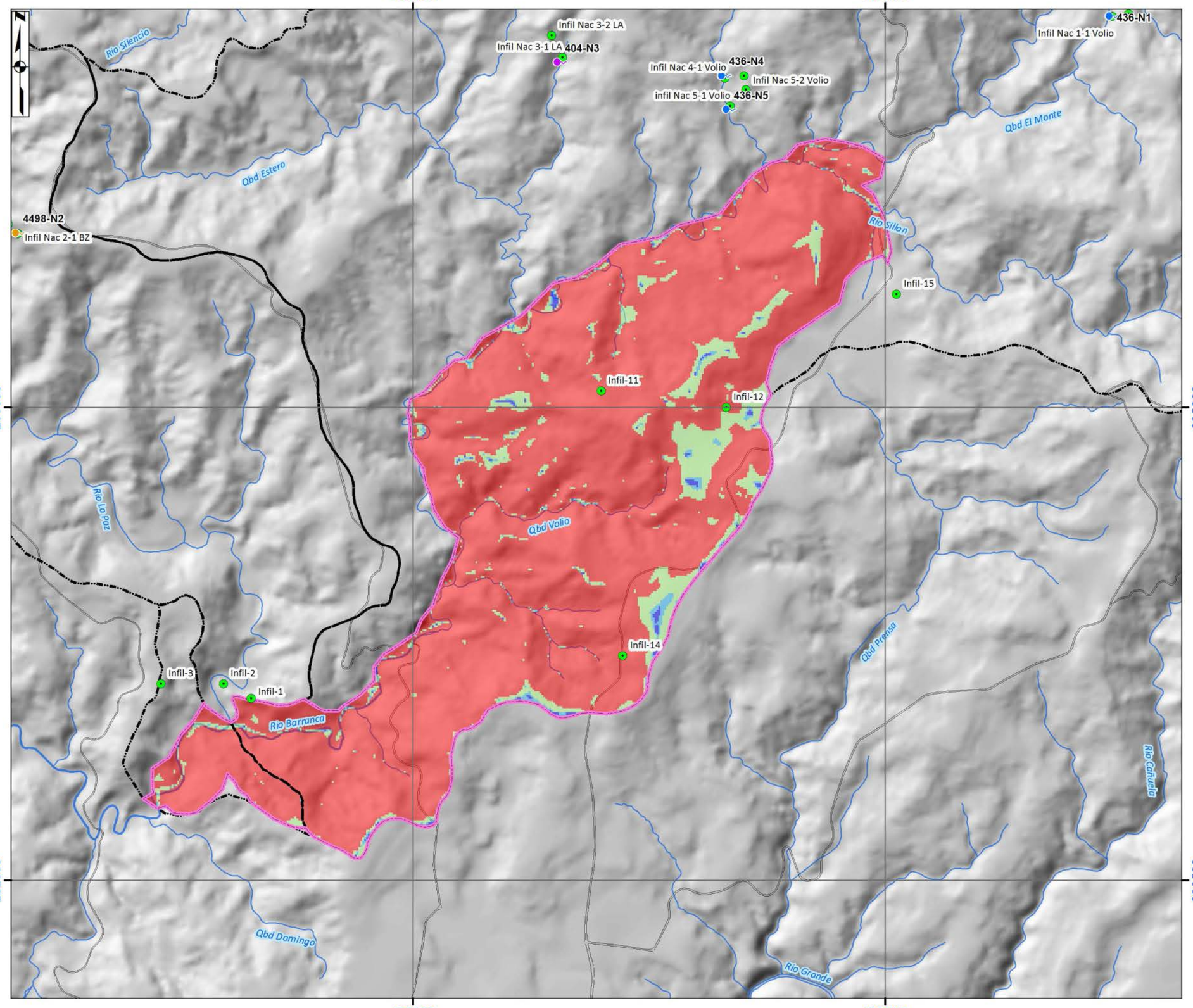
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por efecto de la pendiente
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Kp

- Mayor a 7% (0.06)
- 2% - 7% (0.1)
- 1% - 2% (0.15)
- 0.3% - 0.4% (0.2)
- 0.02% - 0.06% (0.3)

0 310 620 1,240 m

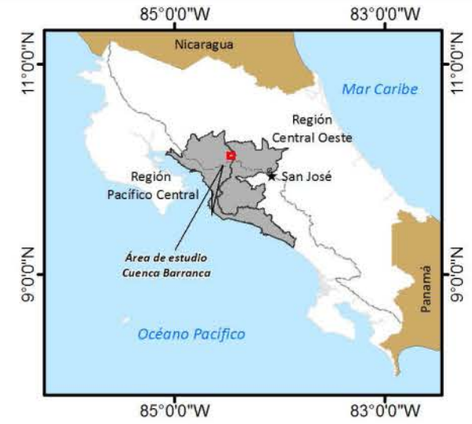
1:20000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



485000

487500

235000

232500

Infil Nac 3-2 LA

Infil Nac 3-1 LA

404-N3

436-N1

Infil Nac 1-1 Volio

Infil Nac 4-1 Volio

436-N4

Infil Nac 5-2 Volio

infil Nac 5-1 Volio

436-N5

Río Silencio

Qbd Estero

Qbd El Monte

4498-N2

Infil Nac 2-1 BZ

Río Sillon

Infil-15

Infil-11

Infil-12

Río La Paz

Qbd Volio

Infil-14

Infil-3

Infil-2

Infil-1

Río Barranca

Qbd Prensa

Río Cañuela

Qbd Domingo

Río Grande

Mapa
Fracción que infiltra por efecto de la covertura vegetal
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Kv

- Suelos descubiertos, urbanos y con árboles dirspersos (0.09)
- Cultivos (0.1)
- Pastos (0.18)
- Bosques (0.2)

0 310 620 1,240 m

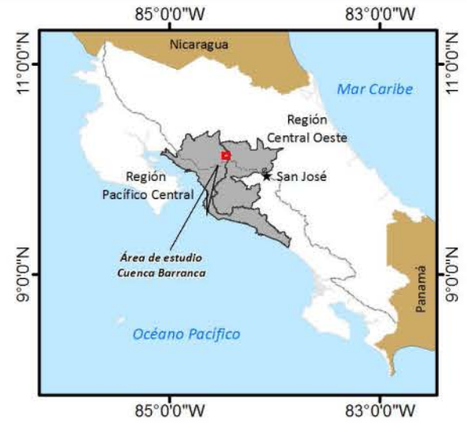
1:20000

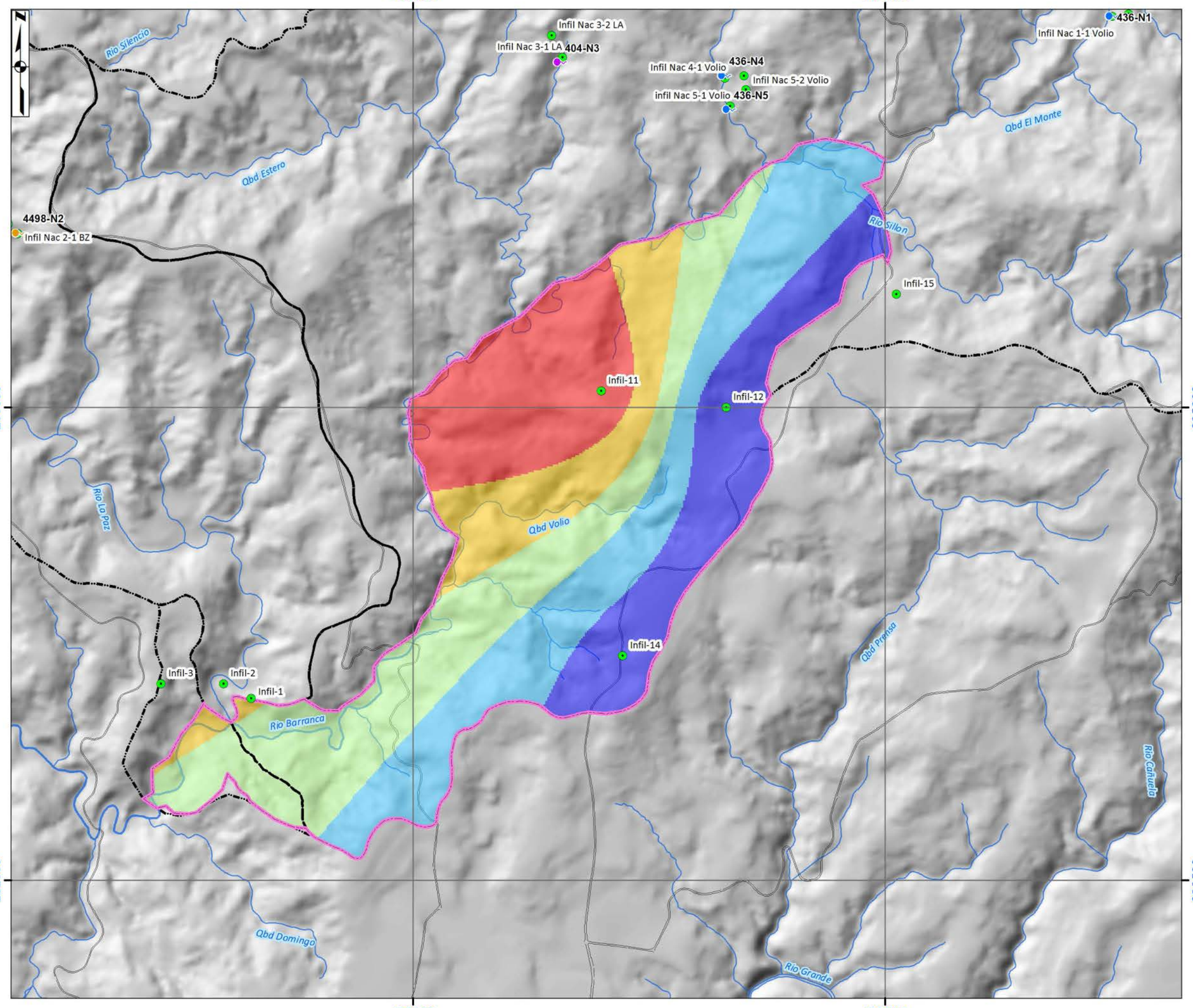
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Punto de marchitez permanente del suelo
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

PM (%)

- 17.44 - 18.52
- 18.52 - 19.45
- 19.45 - 20.13
- 20.13 - 20.87
- 20.87 - 21.99

0 310 620 1,240 m

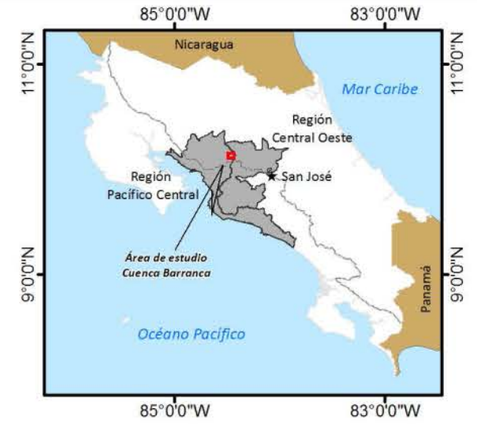
1:20000

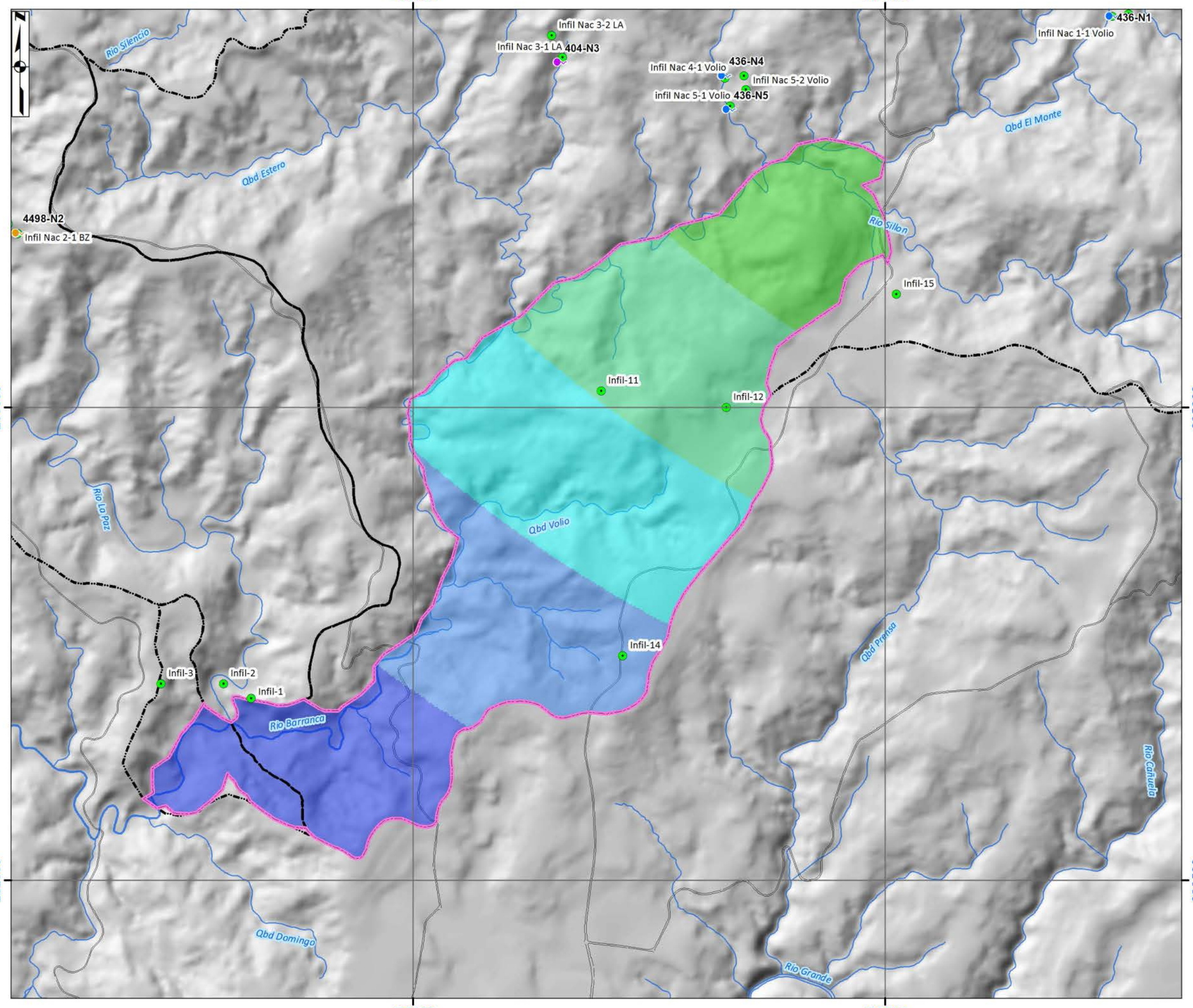
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Precipitación anual
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Precipitación anual (mm/mes)

- 2565 - 2620
- 2620 - 2666
- 2666 - 2705
- 2705 - 2750
- 2750 - 2805

0 310 620 1,240 m

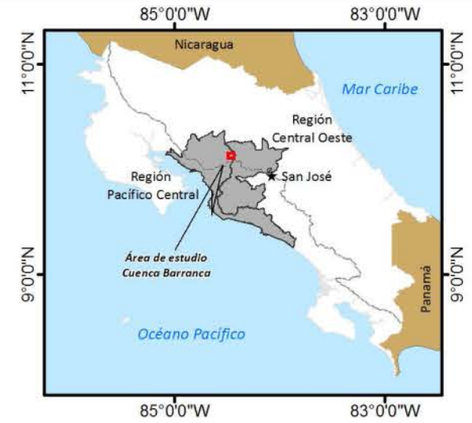
1:20000

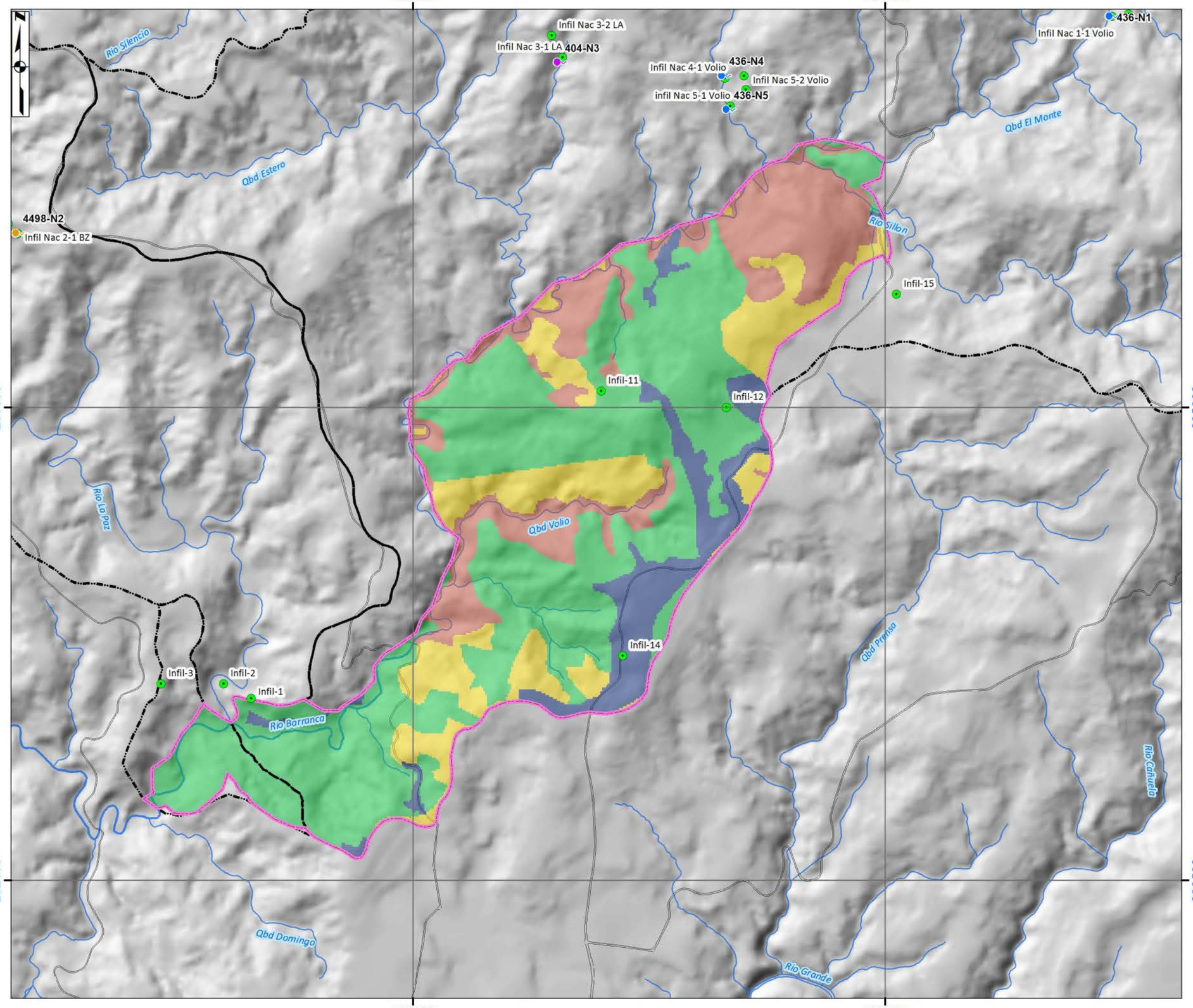
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Profundidad de las raíces
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Profundidad de las raíces (mm)

- Suelo urbano y pastos (500)
- Cultivos (700)
- Pastos con árboles dispersos (1800)
- Bosques (2500)

0 310 620 1,240 m

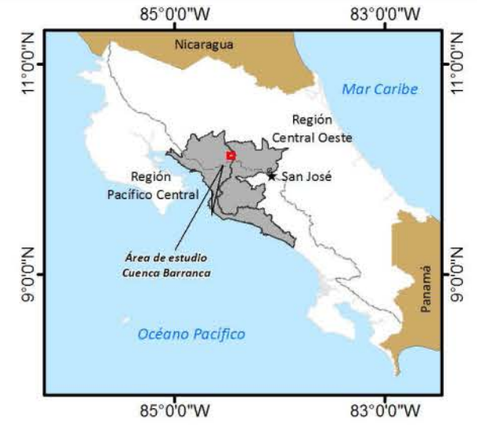
1:20000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



485000

487500

235000

232500

Río Silencio

Qbd Estero

Río Lo Paz

Río Barranca

Qbd Domingo

Qbd Volio

Río Sillon

Qbd El Monte

Qbd Prensa

Río Cañuela

Río Grande

Infil Nac 3-2 LA

Infil Nac 3-1 LA

404-N3

Infil Nac 4-1 Volio

436-N4

Infil Nac 5-2 Volio

infil Nac 5-1 Volio

436-N5

436-N1

Infil Nac 1-1 Volio

4498-N2

Infil Nac 2-1 BZ

Infil-15

Infil-11

Infil-12

Infil-14

Infil-3

Infil-2

Infil-1

N

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Recarga potencial total anual
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Recarga potencial (mm/año)

- 1016 - 1090
- 1090 - 1165
- 1165 - 1410
- 1410 - 1490
- 1490 - 1578

0 310 620 1,240 m

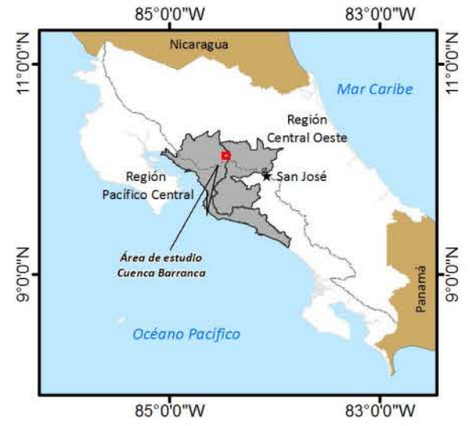
1:20000

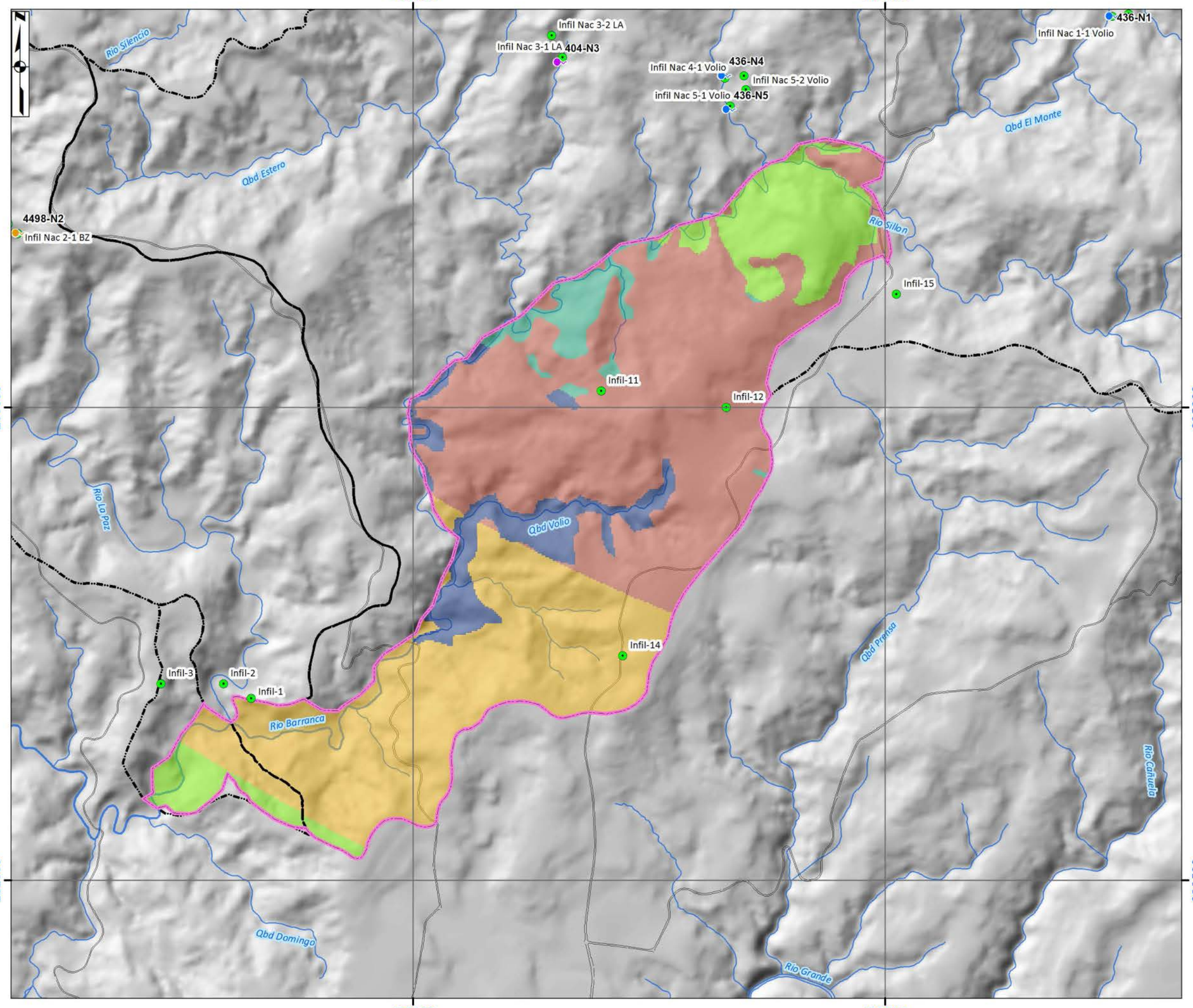
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Retención de lluvia en el follaje total anual
Unidad geológica Monteverde, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Retención potencial (mm/año)

- 317 - 335
- 335 - 345
- 345 - 530
- 530 - 540
- 540 - 555

0 310 620 1,240 m

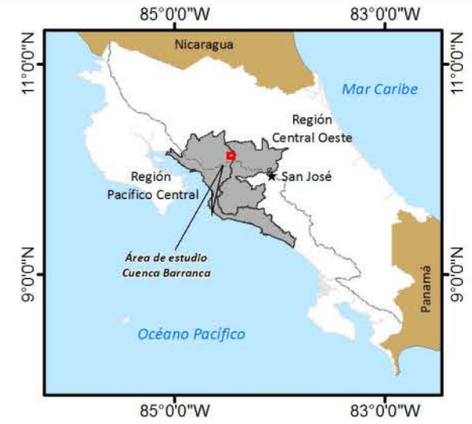
1:20000

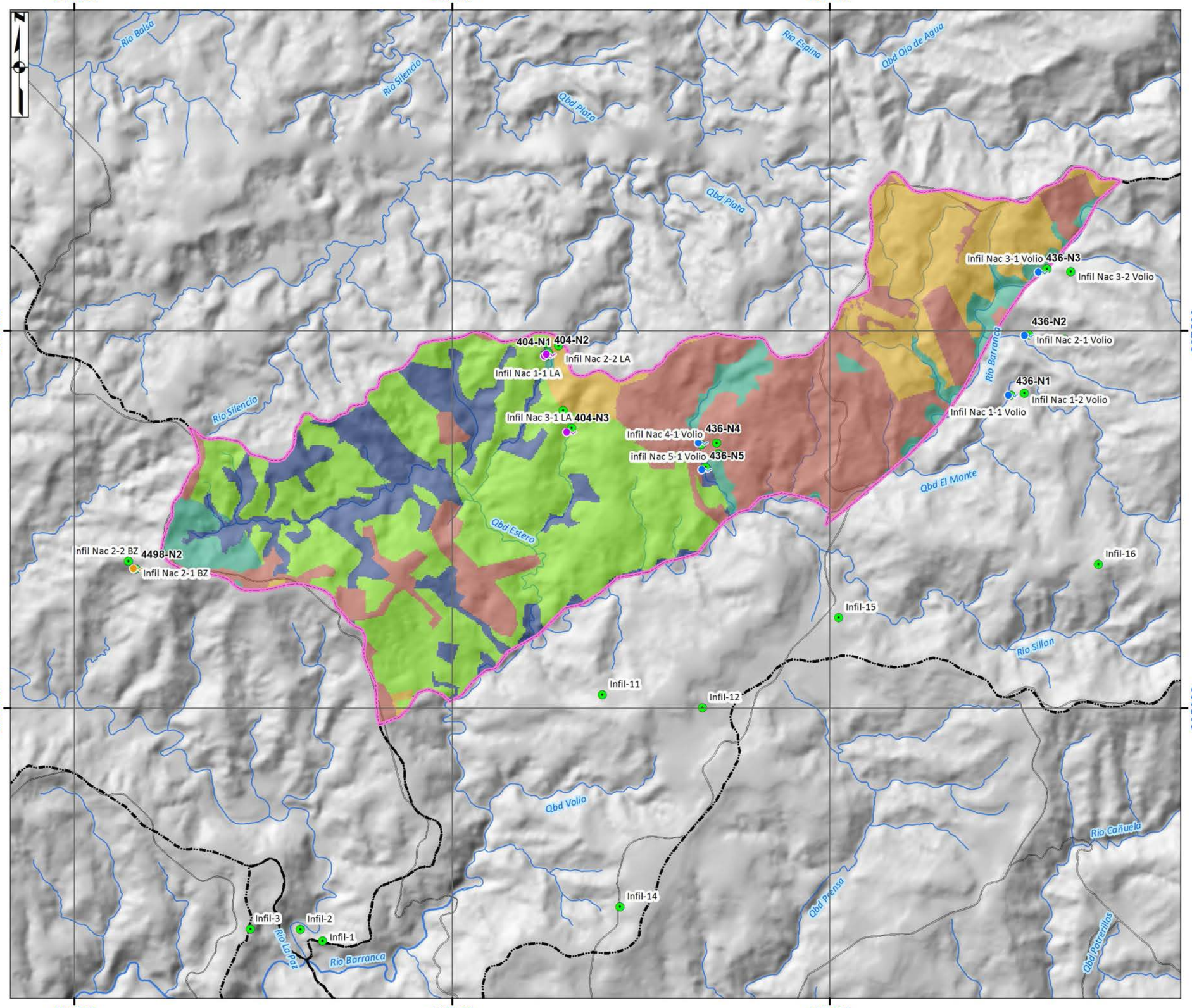
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Agua útil en suelos
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Agua útil (mm)

- 100 - 167
- 167 - 390
- 390 - 435
- 435 - 550
- 550 - 605

0 385 770 1,540 m

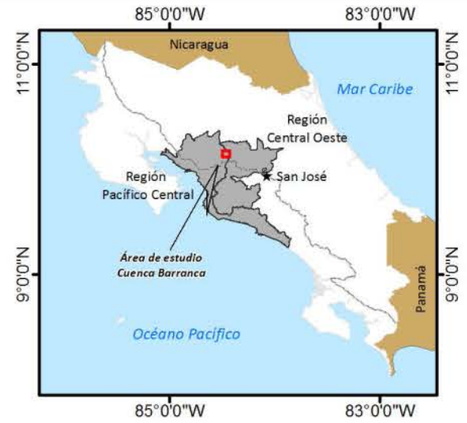
1:25000

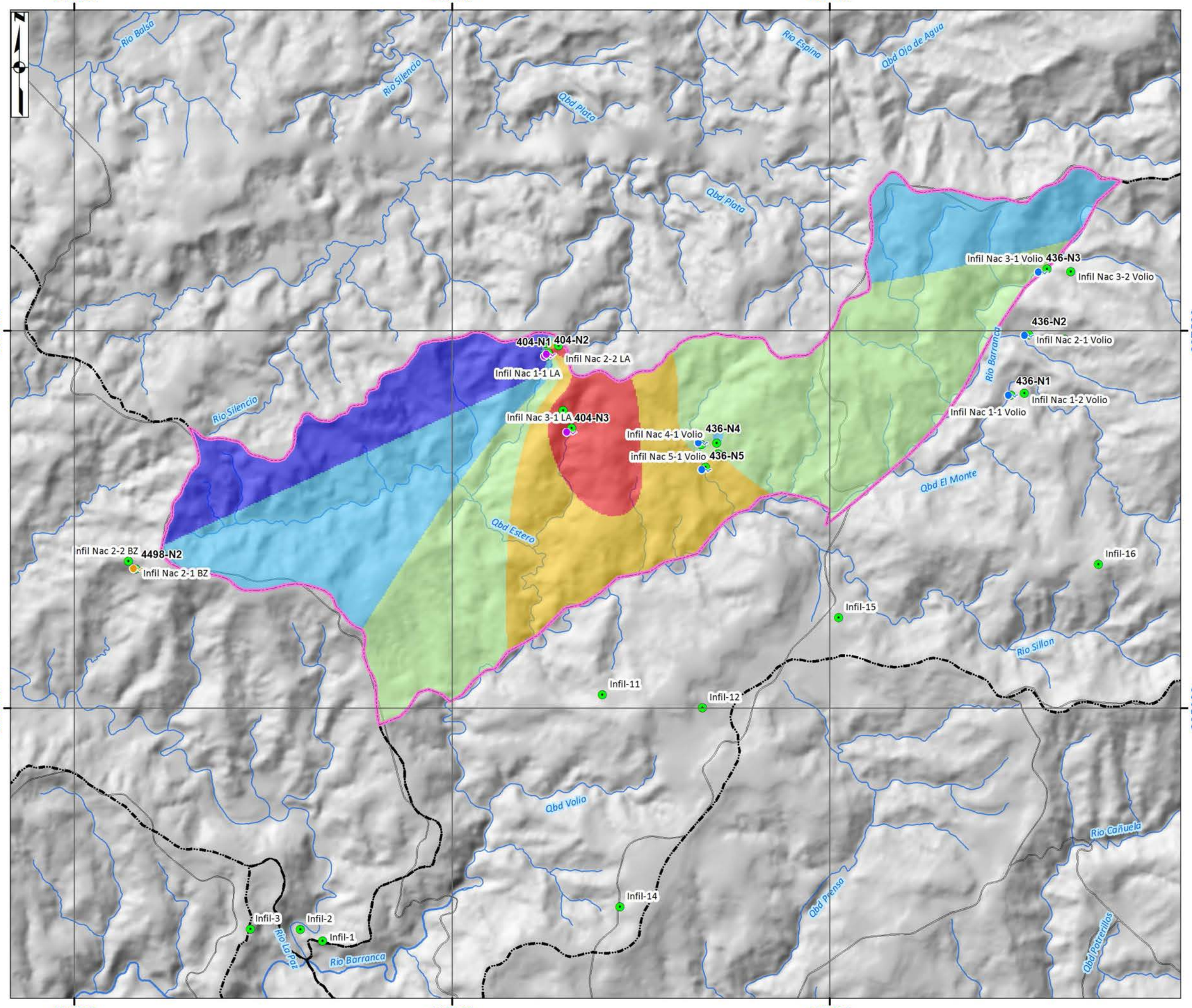
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Capacidad de campo de suelos
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Capacidad de campo (%)

- 38.79 - 39.35
- 39.35 - 39.87
- 39.87 - 40.48
- 40.48 - 41.22
- 41.22 - 42.15

0 385 770 1,540 m

1:25000

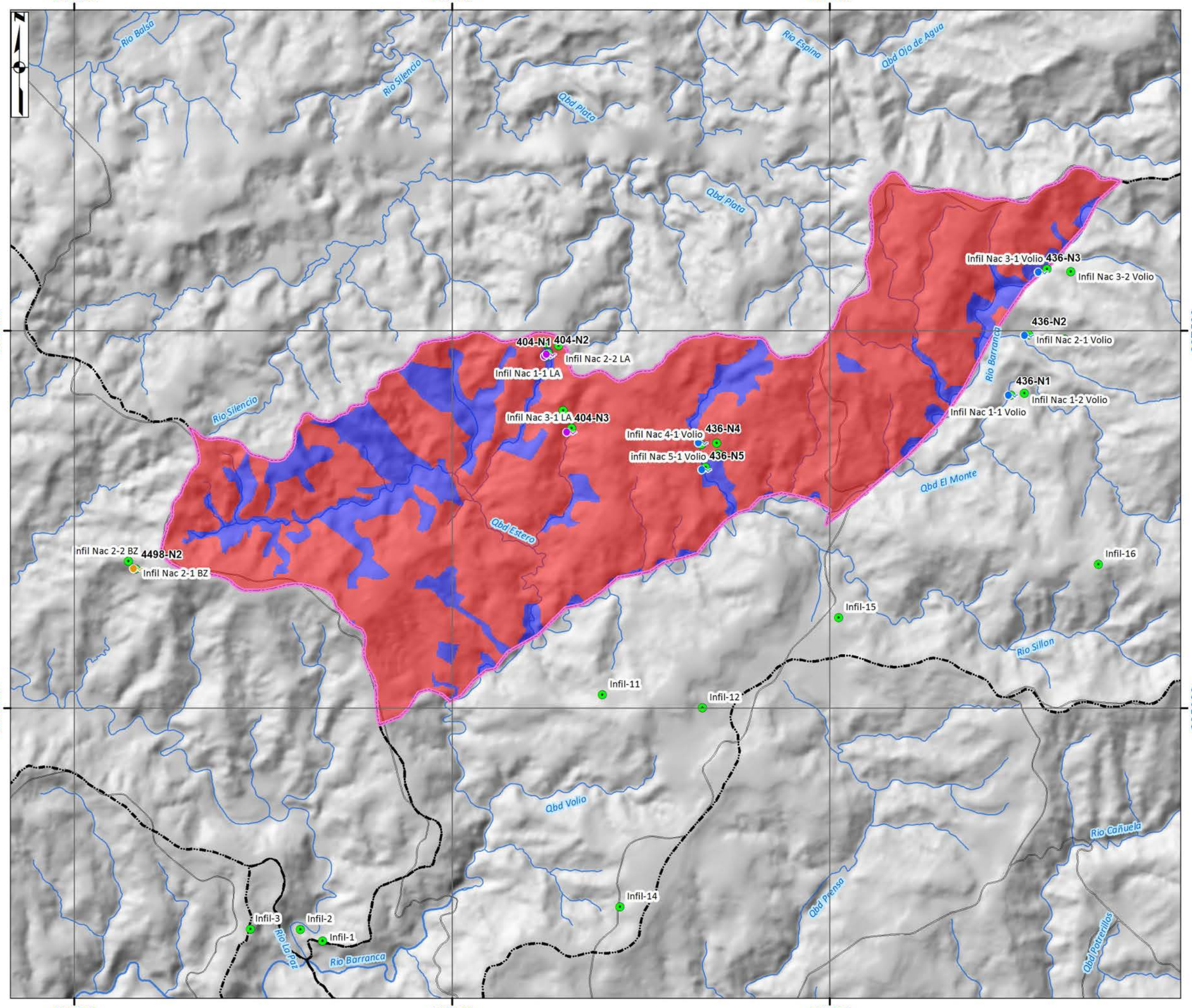
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de follaje
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

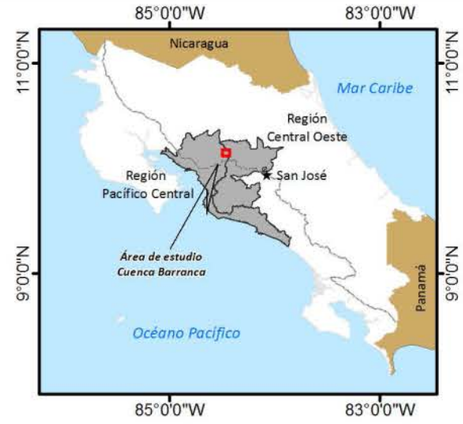
Cfo
- 0.12
- 0.12 - 0.2

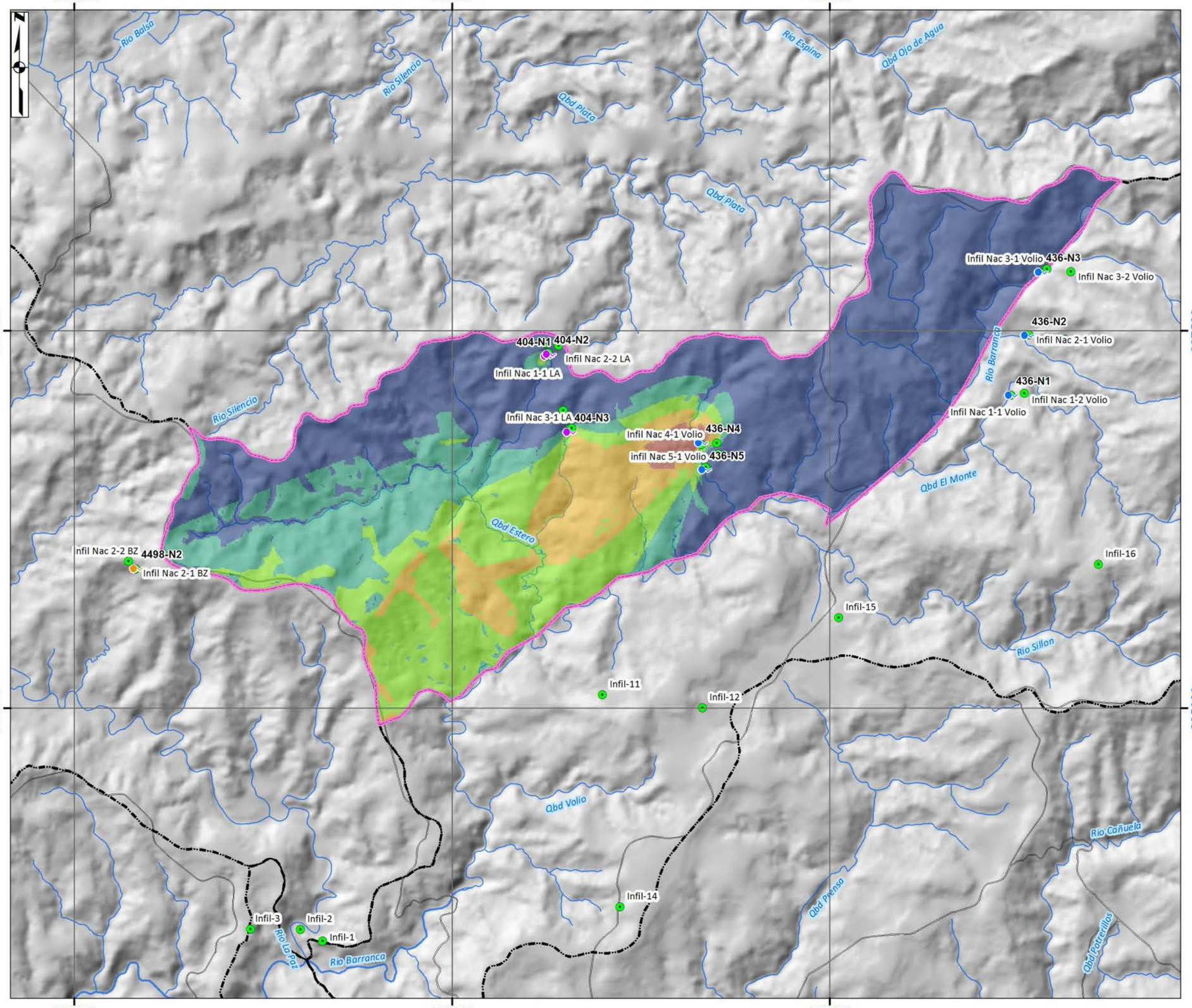
0 385 770 1,540 m
1:25000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de infiltración
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Coeficiente de infiltración

- 0.31 - 0.6
- 0.6 - 0.76
- 0.76 - 0.86
- 0.86 - 0.95
- 0.95 - 1

0 385 770 1,540 m

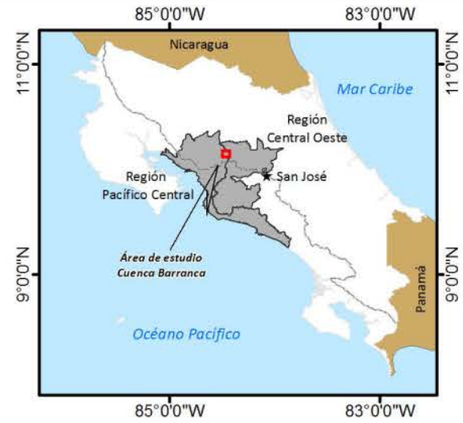
1:25000

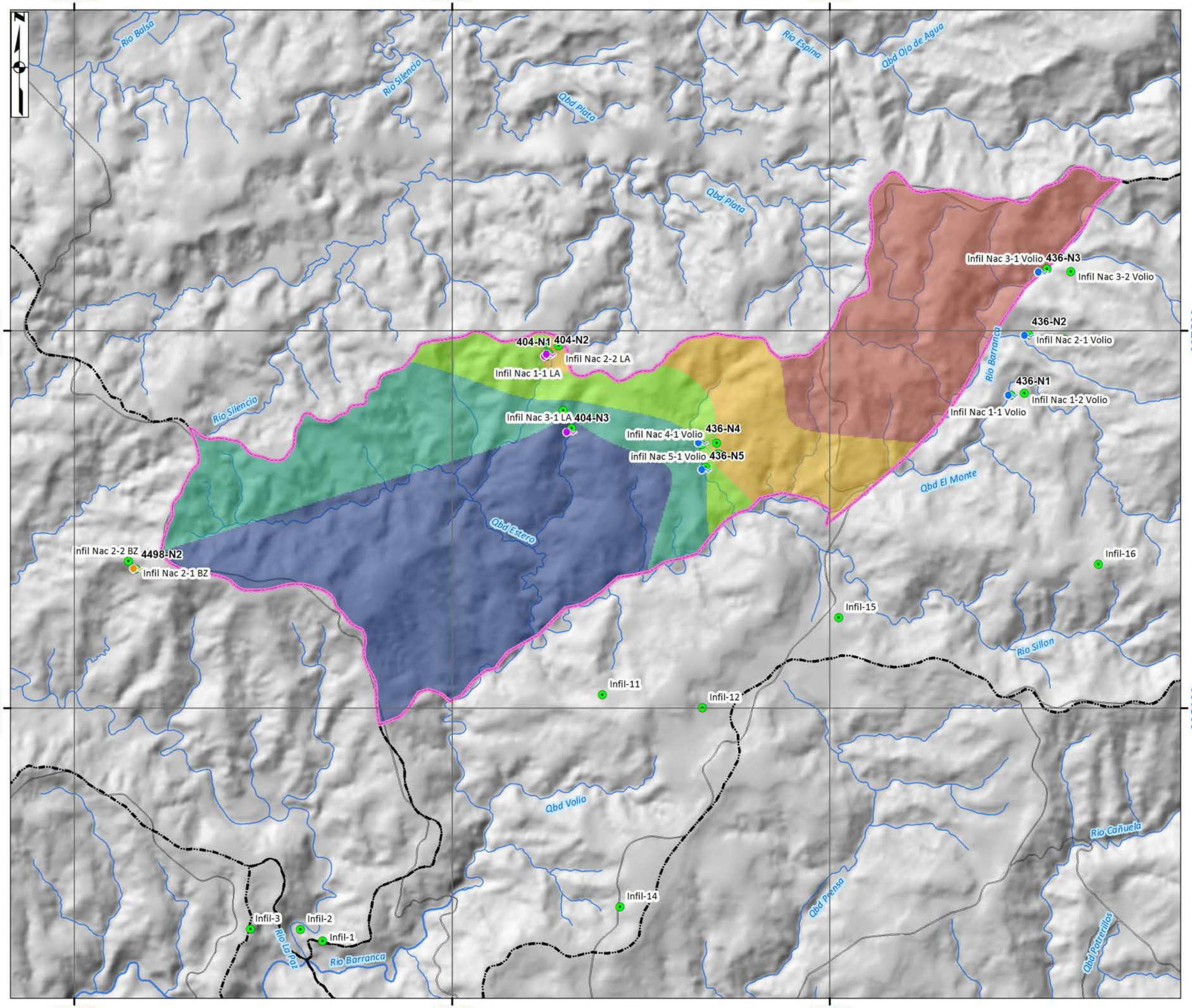
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Densidad aparente de suelos
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Densidad aparente (g/cc)

- 1.07 - 1.1
- 1.1 - 1.17
- 1.17 - 1.26
- 1.26 - 1.31
- 1.31 - 1.34

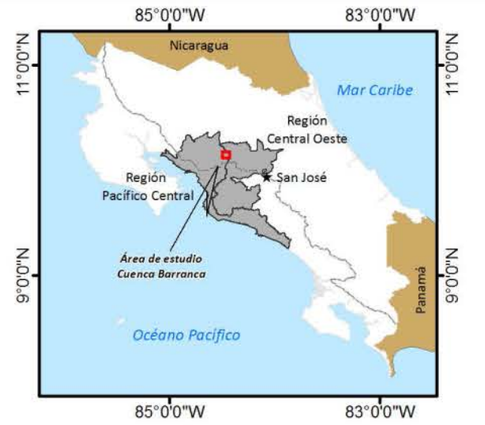
0 385 770 1,540 m

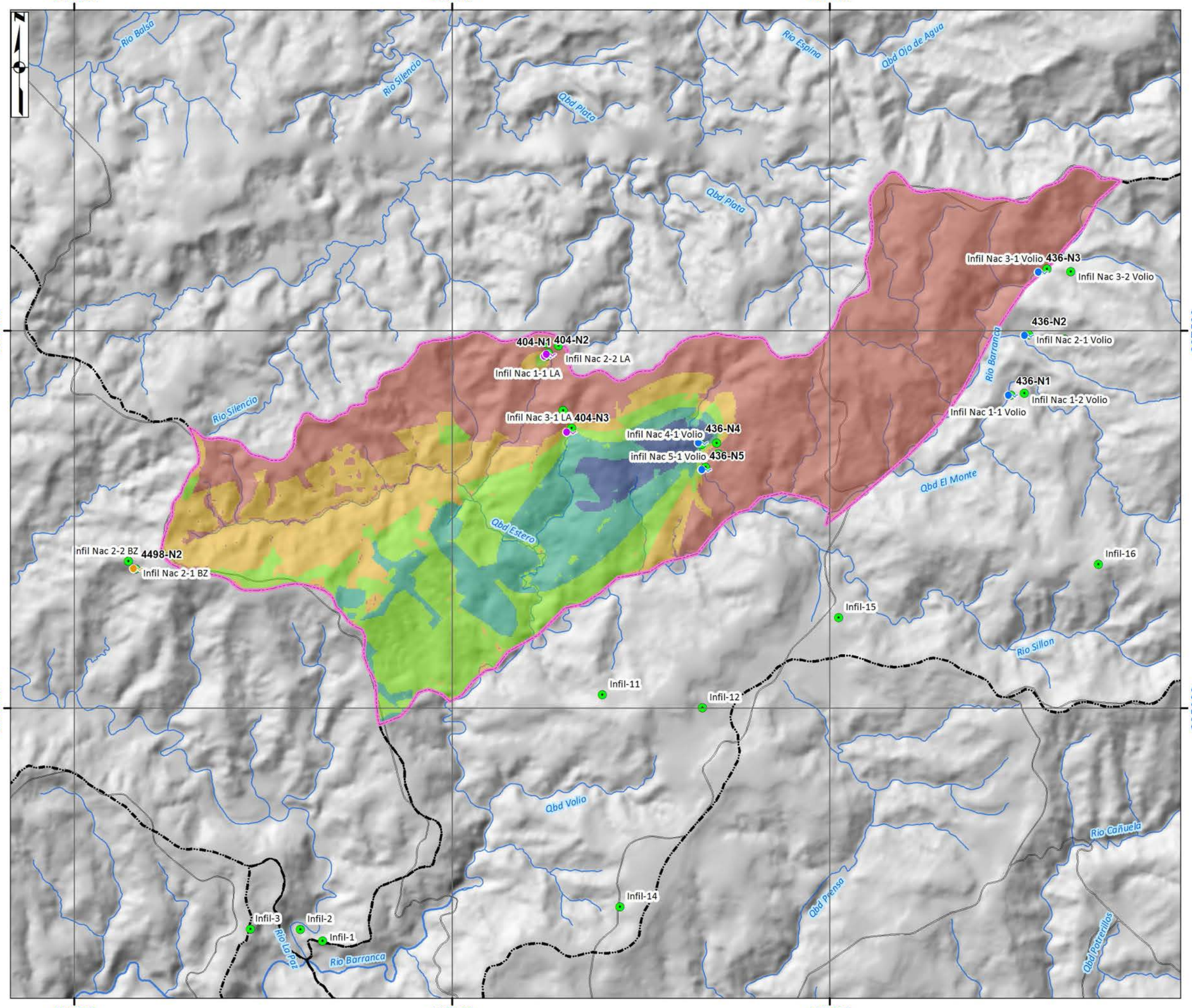
1:25000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Escorrentía superficial total anual
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Escorrentía superficial total anual (mm/año)

- 0 - 85
- 85 - 280
- 280 - 500
- 500 - 780
- 780 - 1560

0 385 770 1,540 m

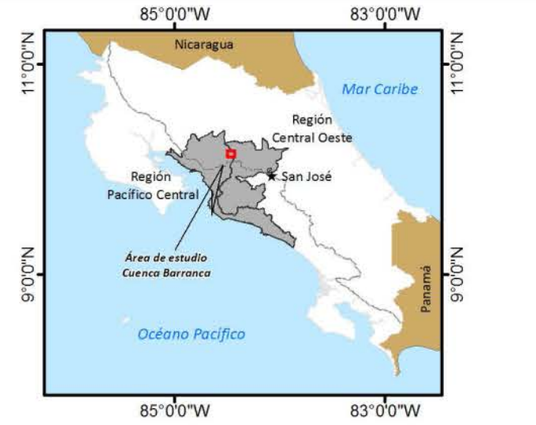
1:25000

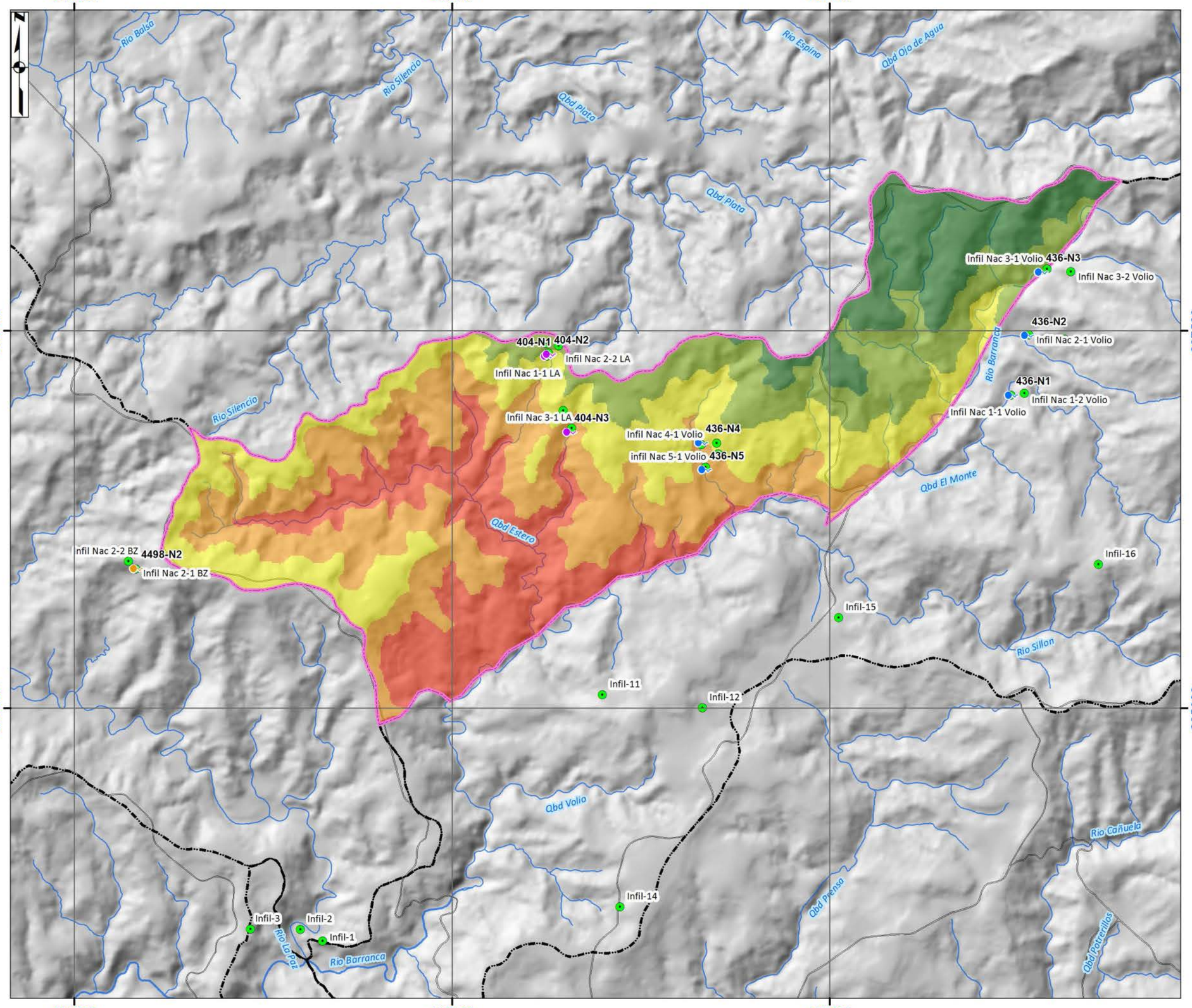
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Evapotranspiración potencial anual
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración anual (mm/mes)

- 1122 - 1145
- 1145 - 1163
- 1163 - 1178
- 1178 - 1192
- 1192 - 1219

0 385 770 1,540 m

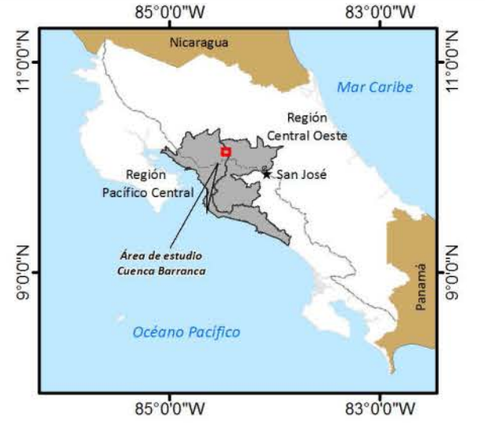
1:25000

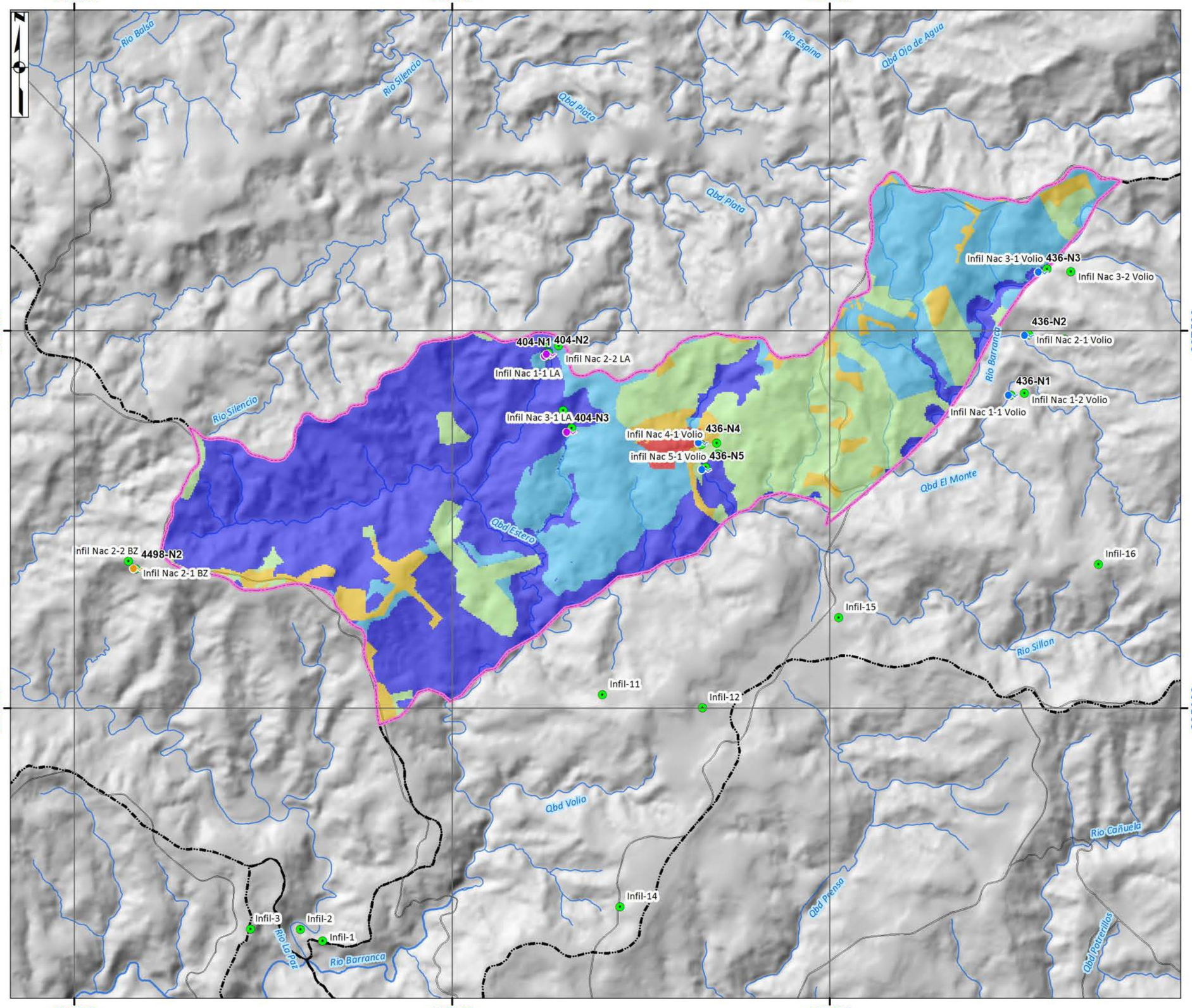
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Evapotranspiración real total anual
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración real (mm/año)

- 705 - 852
- 852 - 902
- 902 - 958
- 958 - 1024
- 1024 - 1087

0 385 770 1,540 m

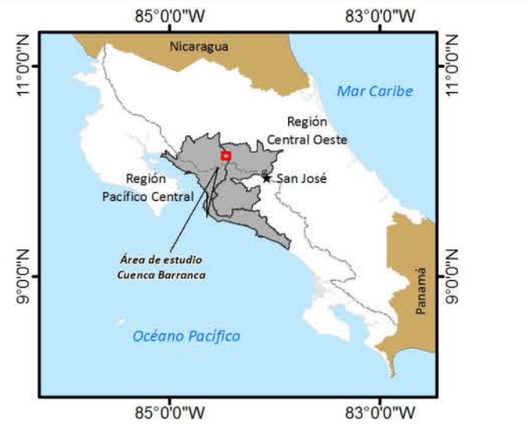
1:25000

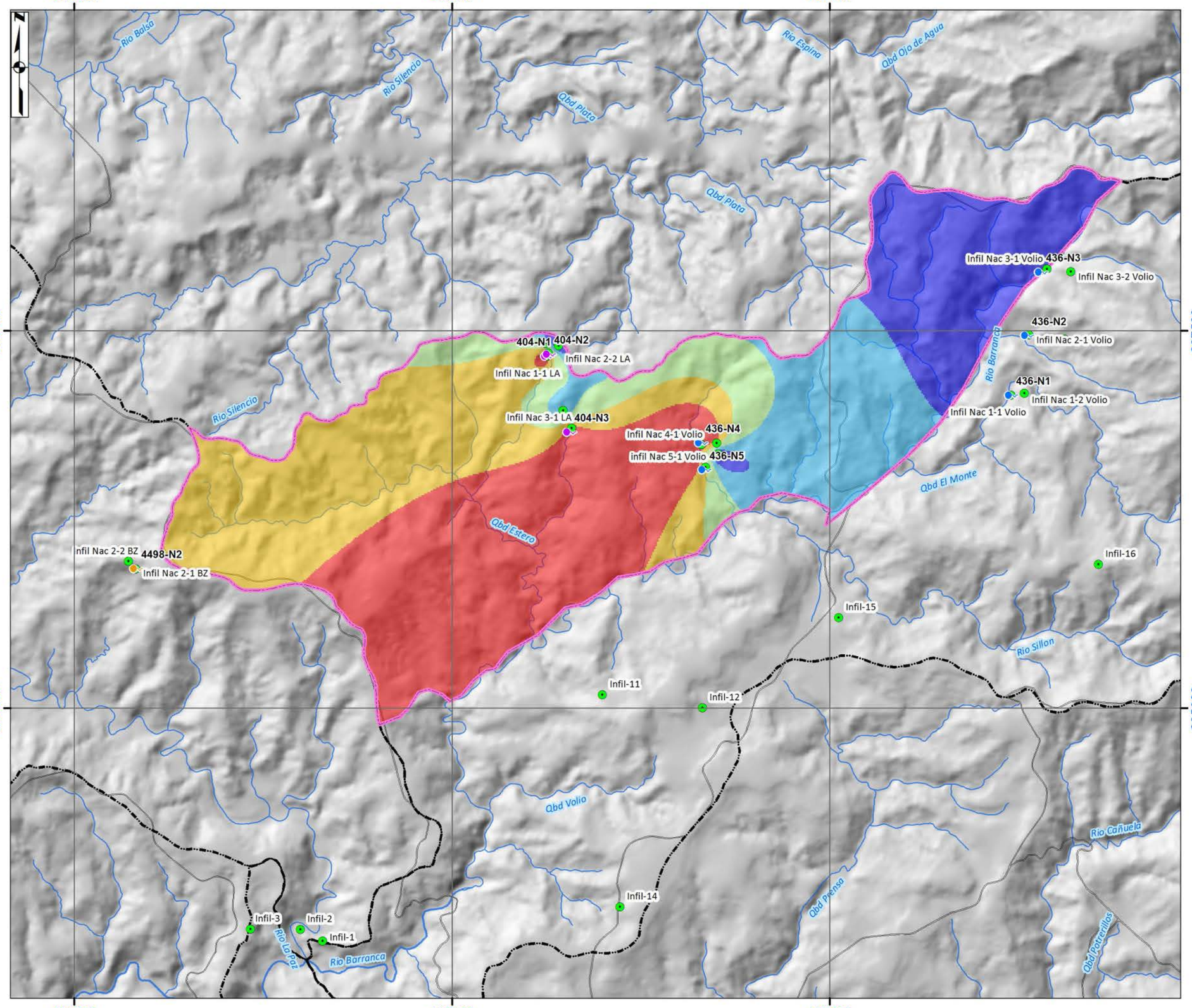
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Infiltración básica del suelo
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Fc (mm/día)

- 27 - 190
- 190 - 350
- 350 - 559
- 559 - 725
- 725 - 959

0 385 770 1,540 m

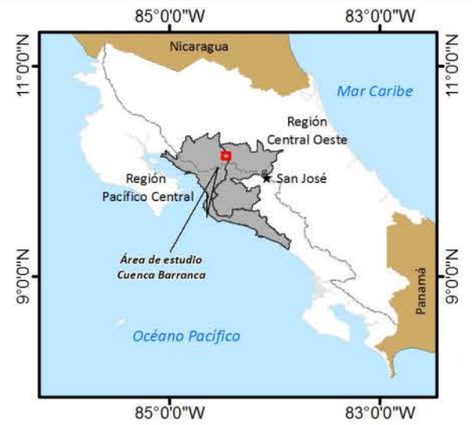
1:25000

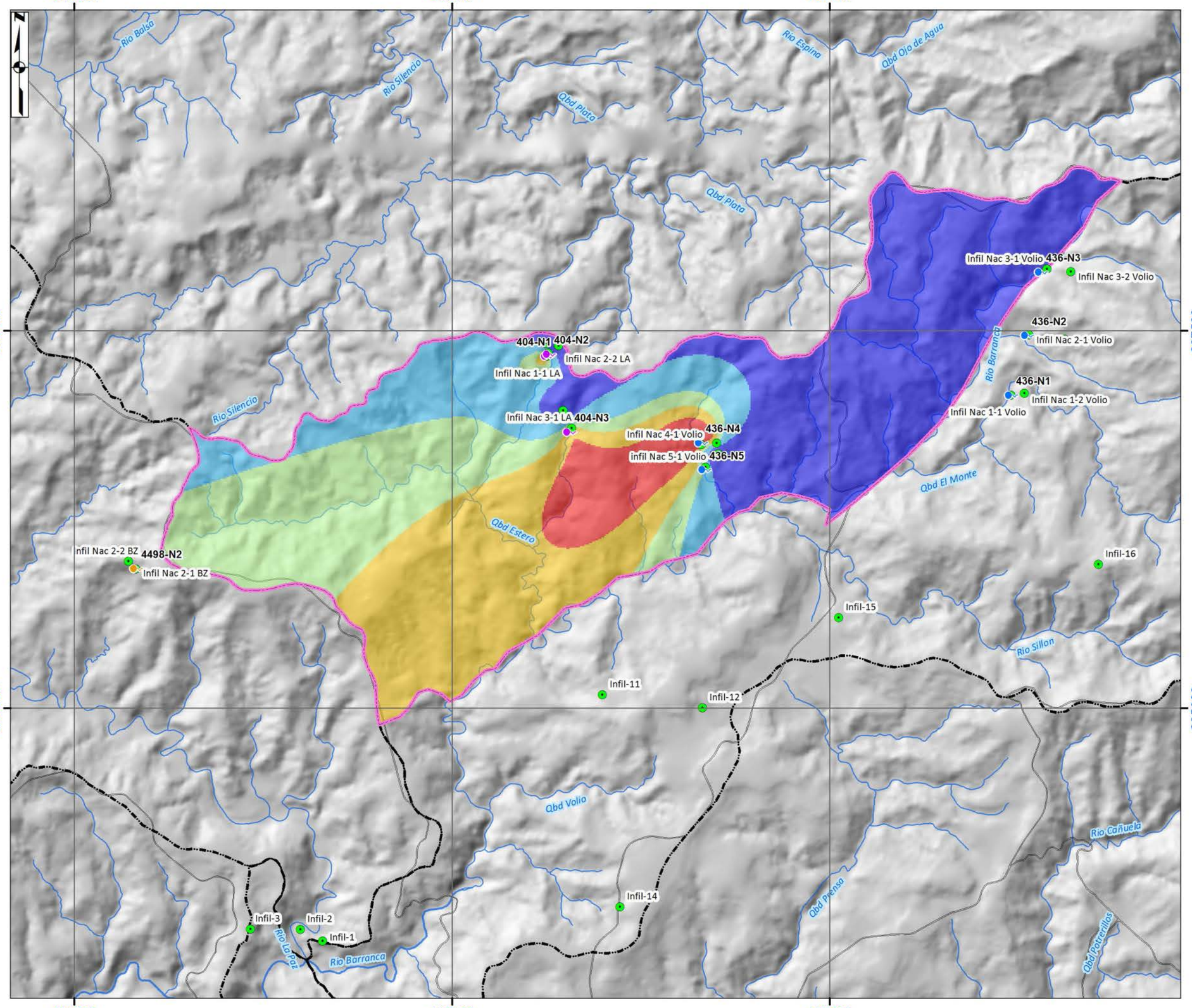
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por textura del suelo Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

kfc

- 0.15 - 0.494
- 0.494 - 0.628
- 0.628 - 0.727
- 0.727 - 0.845
- 0.845 - 0.963

0 385 770 1,540 m

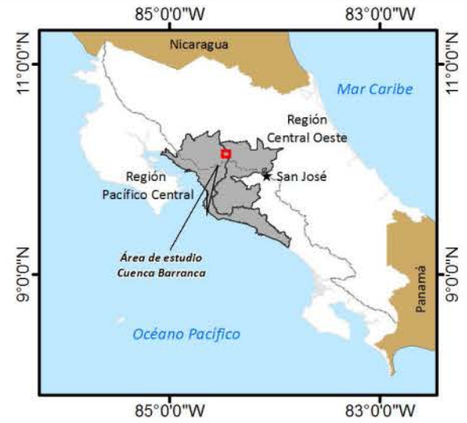
1:25000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por efecto la pendiente
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Kp

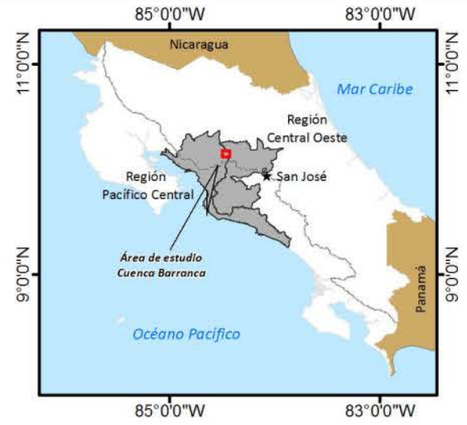
- Mayor a 7% (0.06)
- 2% - 7% (0.1)
- 1% - 2% (0.15)
- 0.3% - 0.4% (0.2)
- 0.02% - 0.06% (0.3)

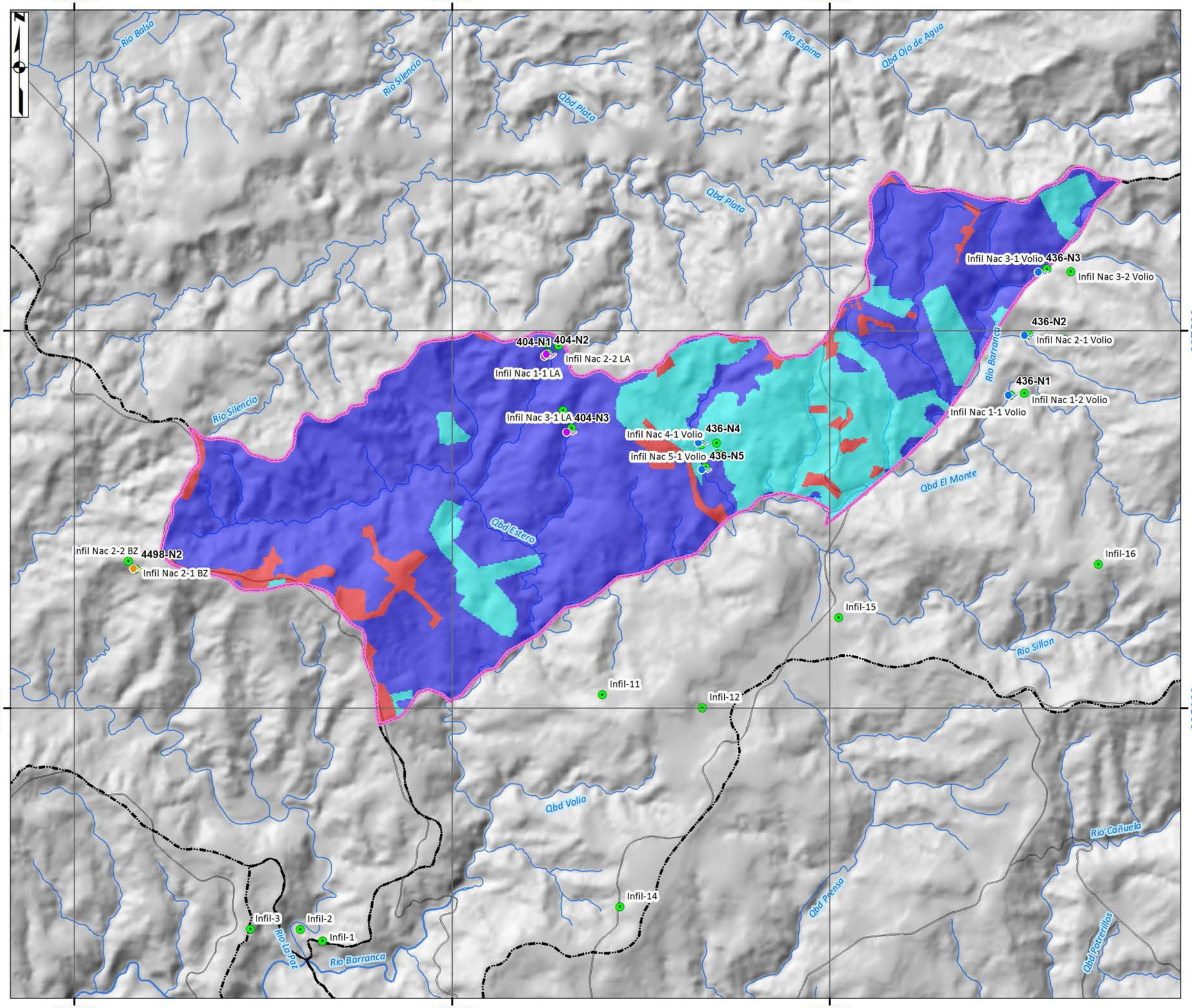
0 385 770 1,540 m
1:25000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por efecto de la covertura vegetal
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

kv

- Suelos descubiertos, urbanos y con árboles dispersos (0.09)
- Cultivos (0.1)
- Pastos (0.18)
- Bosques (0.2)

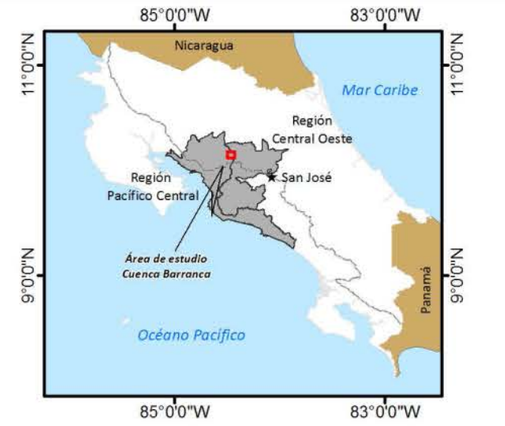
0 385 770 1,540 m

1:25000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Punto de marchitez permanente del suelo
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

PM (%)

- 21.44 - 21.72
- 21.72 - 22.04
- 22.04 - 22.35
- 22.35 - 22.64
- 22.64 - 22.97

0 385 770 1,540 m

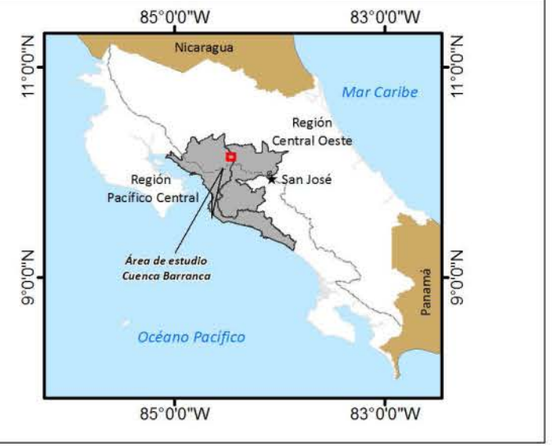
1:25000

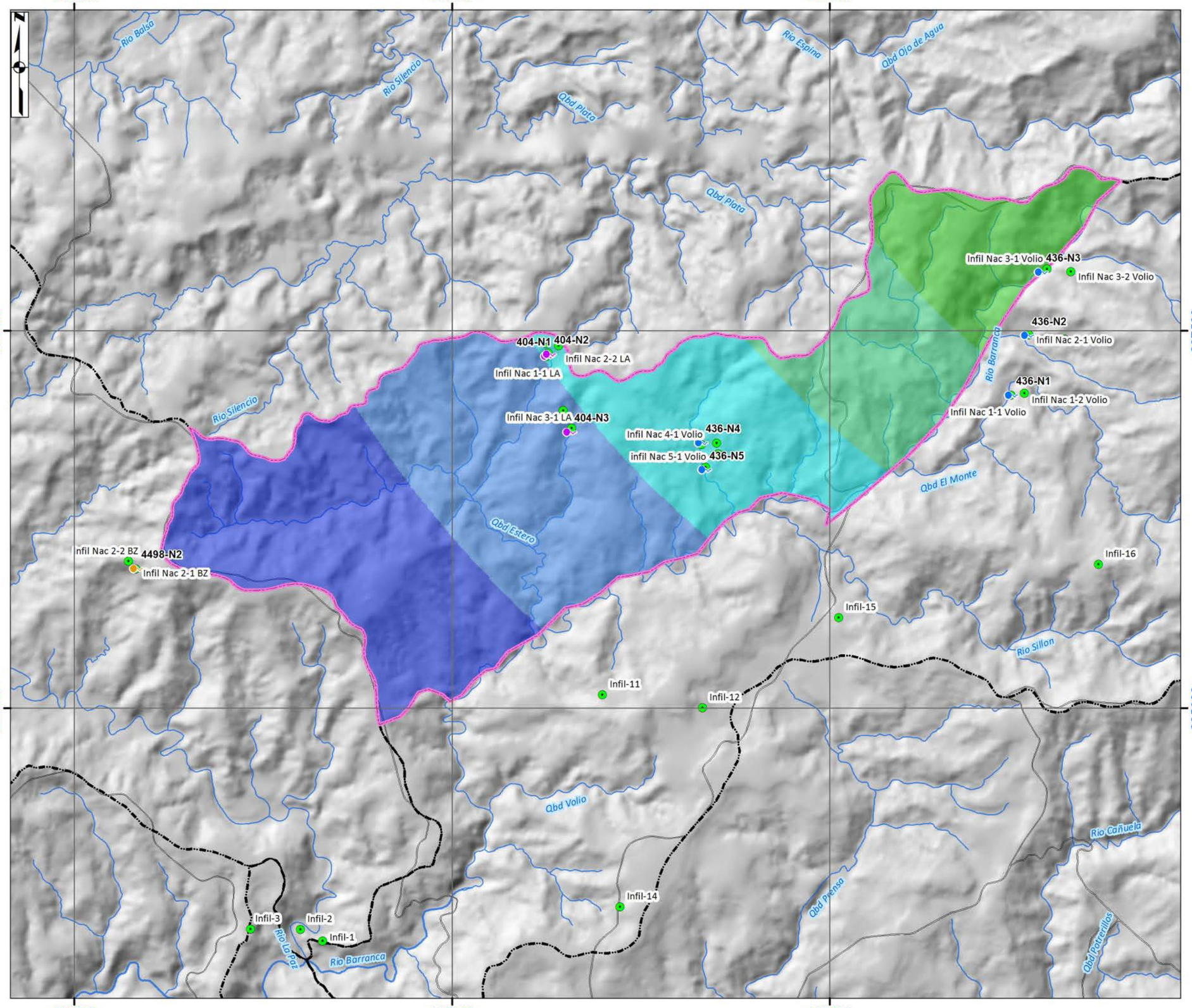
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Precipitación anual
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Precipitación anual (mm/mes)

- 2390 - 2480
- 2480 - 2540
- 2540 - 2600
- 2600 - 2660
- 2660 - 2735

0 385 770 1,540 m

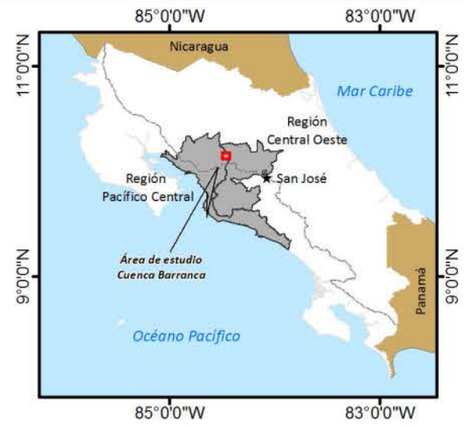
1:25000

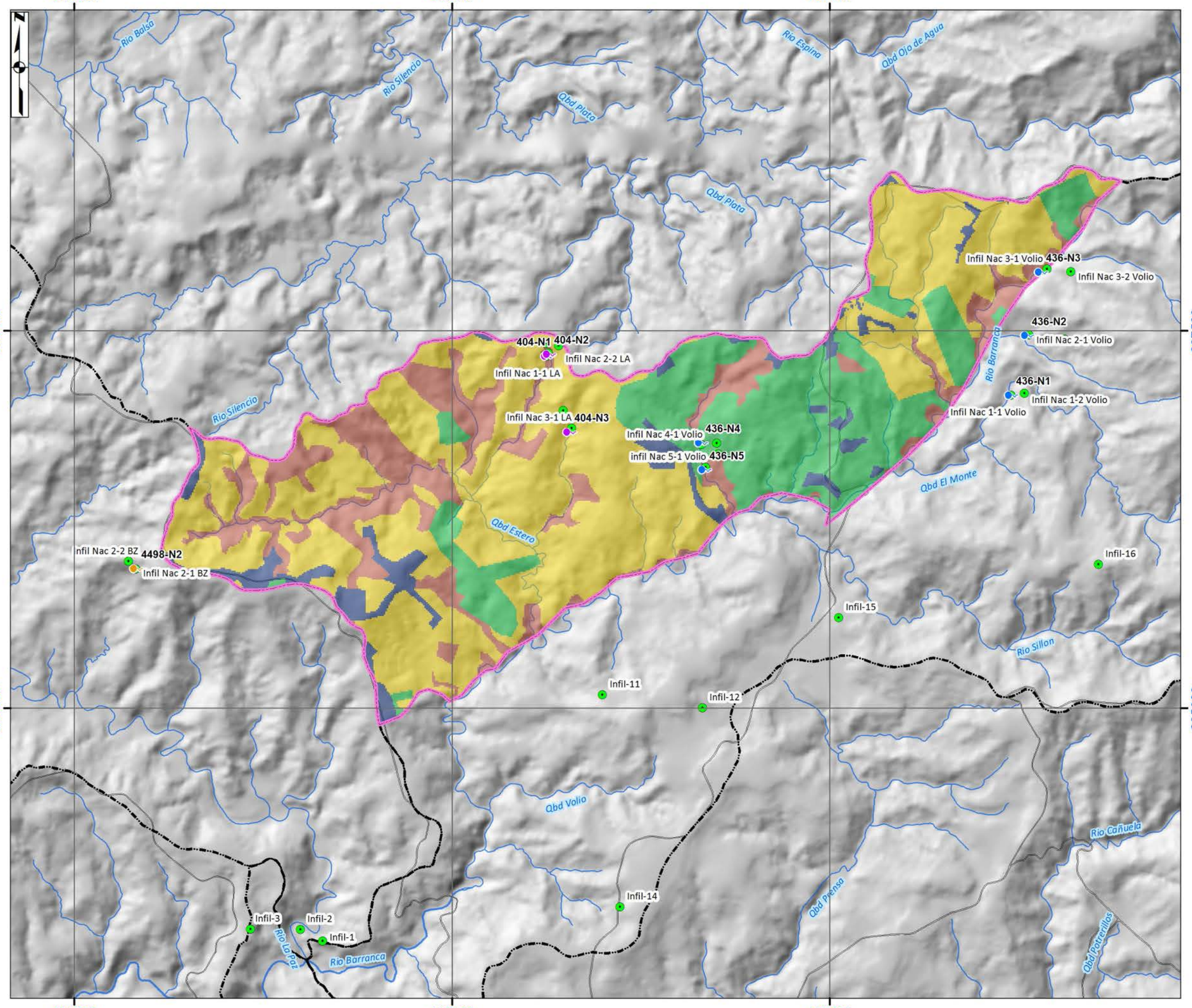
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Profundidad de las raíces
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Profundidad de las raíces (mm)

- Suelo urbano y pastos (500)
- Cultivos (700)
- Pastos con árboles dispersos (1800)
- Bosques (2500)

0 385 770 1,540 m

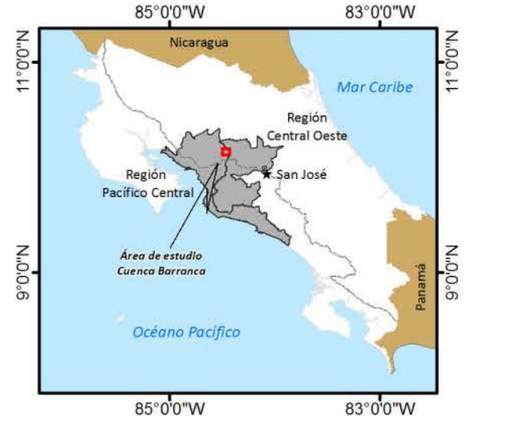
1:25000

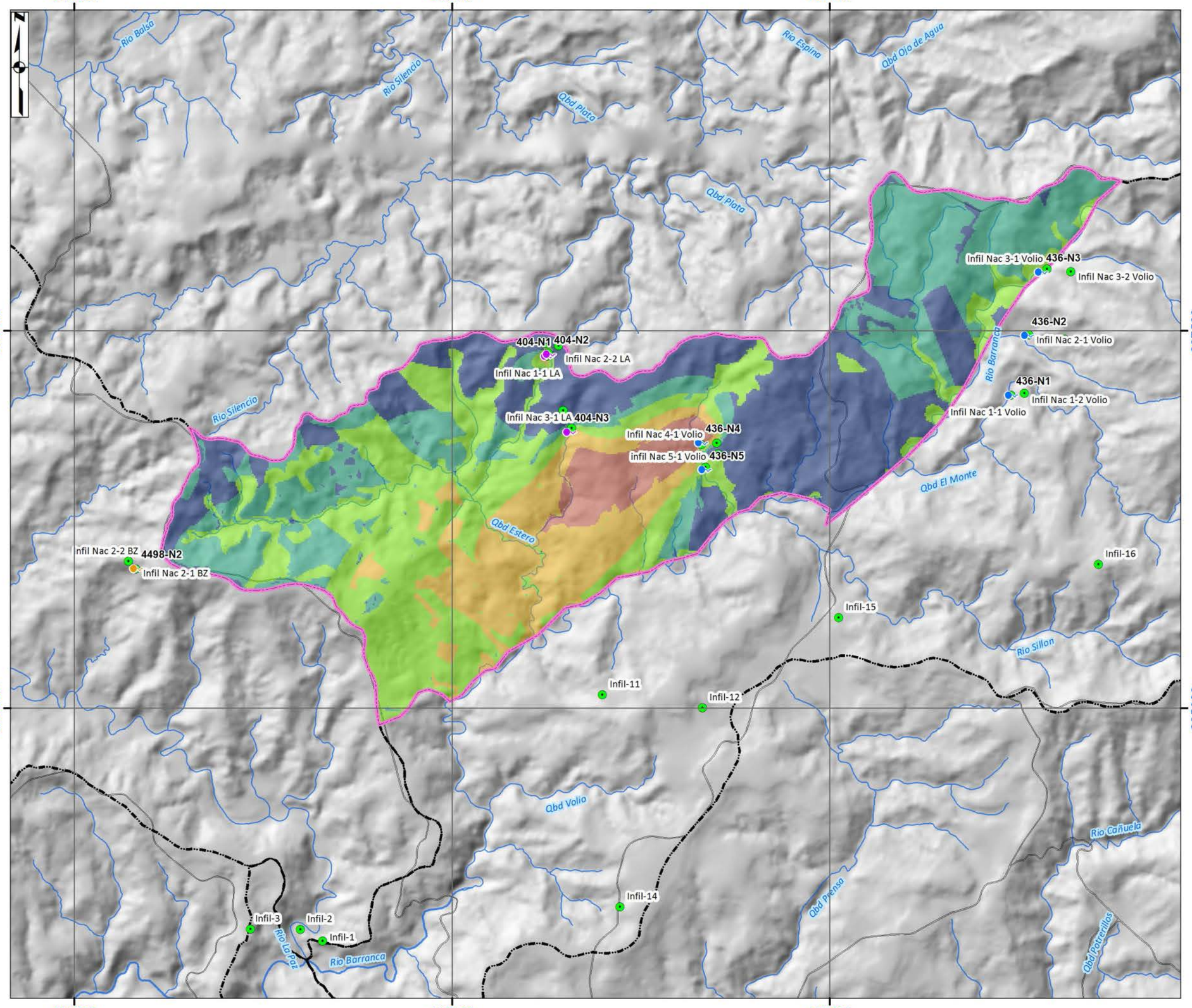
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Recarga potencial total anual
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Recarga potencial (mm/año)

- 18 - 598
- 598 - 855
- 855 - 1052
- 1052 - 1217
- 1217 - 1415

0 385 770 1,540 m

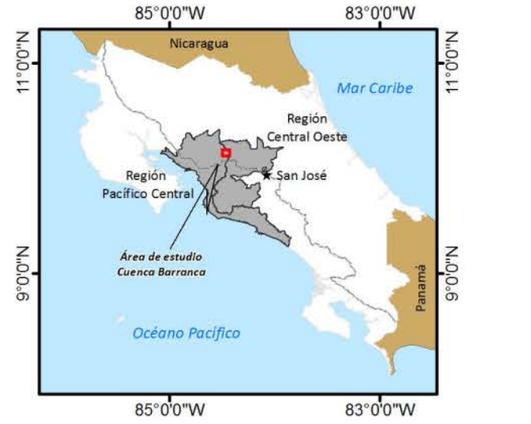
1:25000

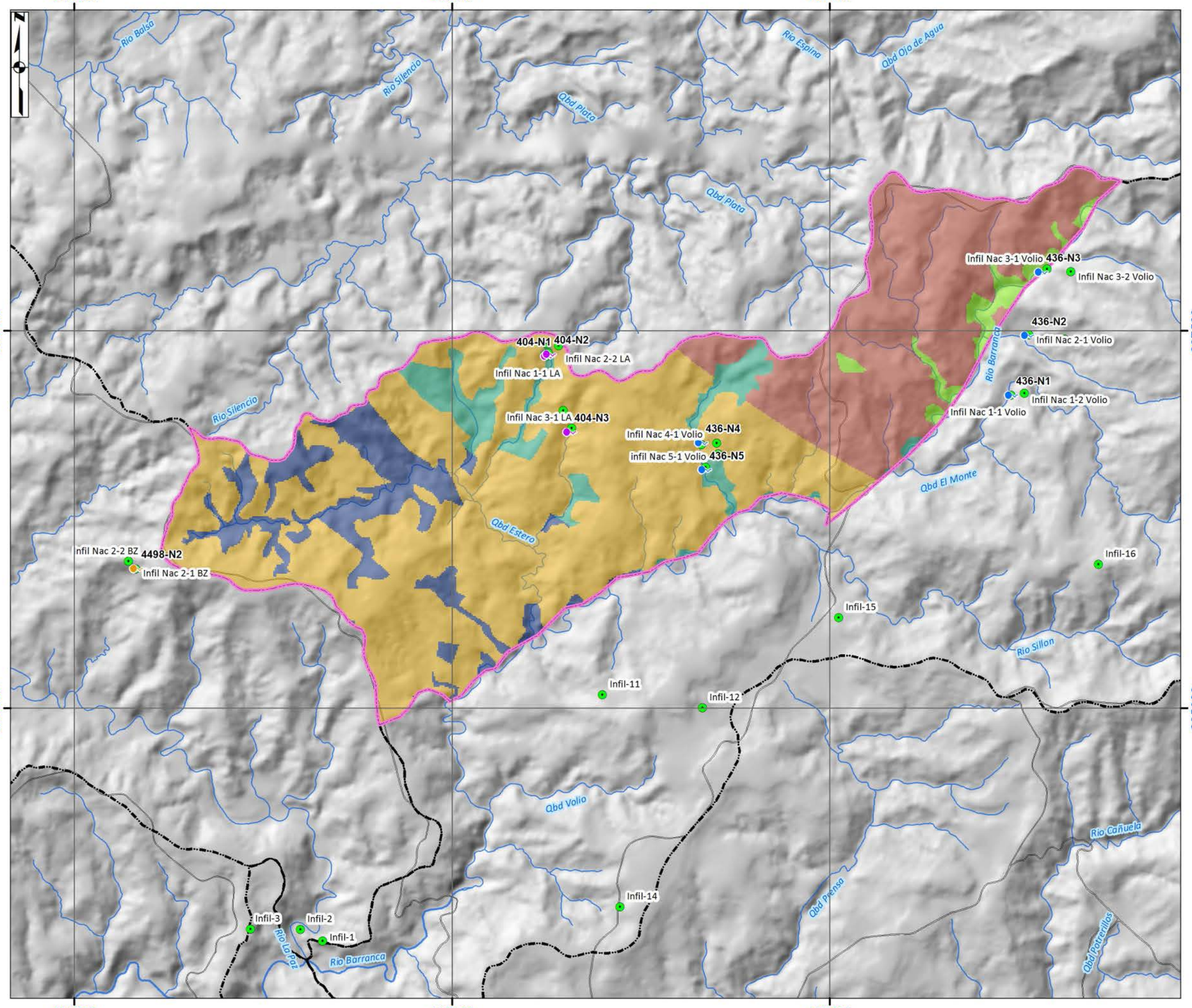
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Retención de lluvia en el follaje total anual
Unidad geológica Toba lítica, Barranca

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Retención potencial (mm/año)

- 296 - 315
- 315 - 335
- 335 - 510
- 510 - 530
- 530 - 548

0 385 770 1,540 m

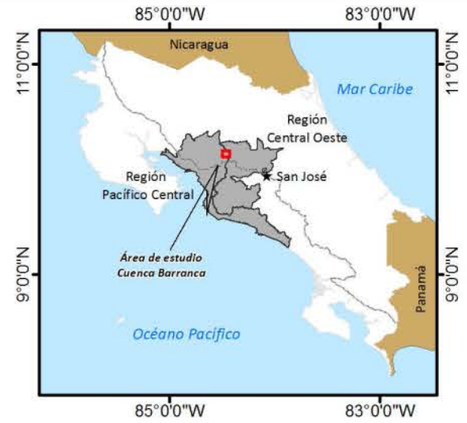
1:25000

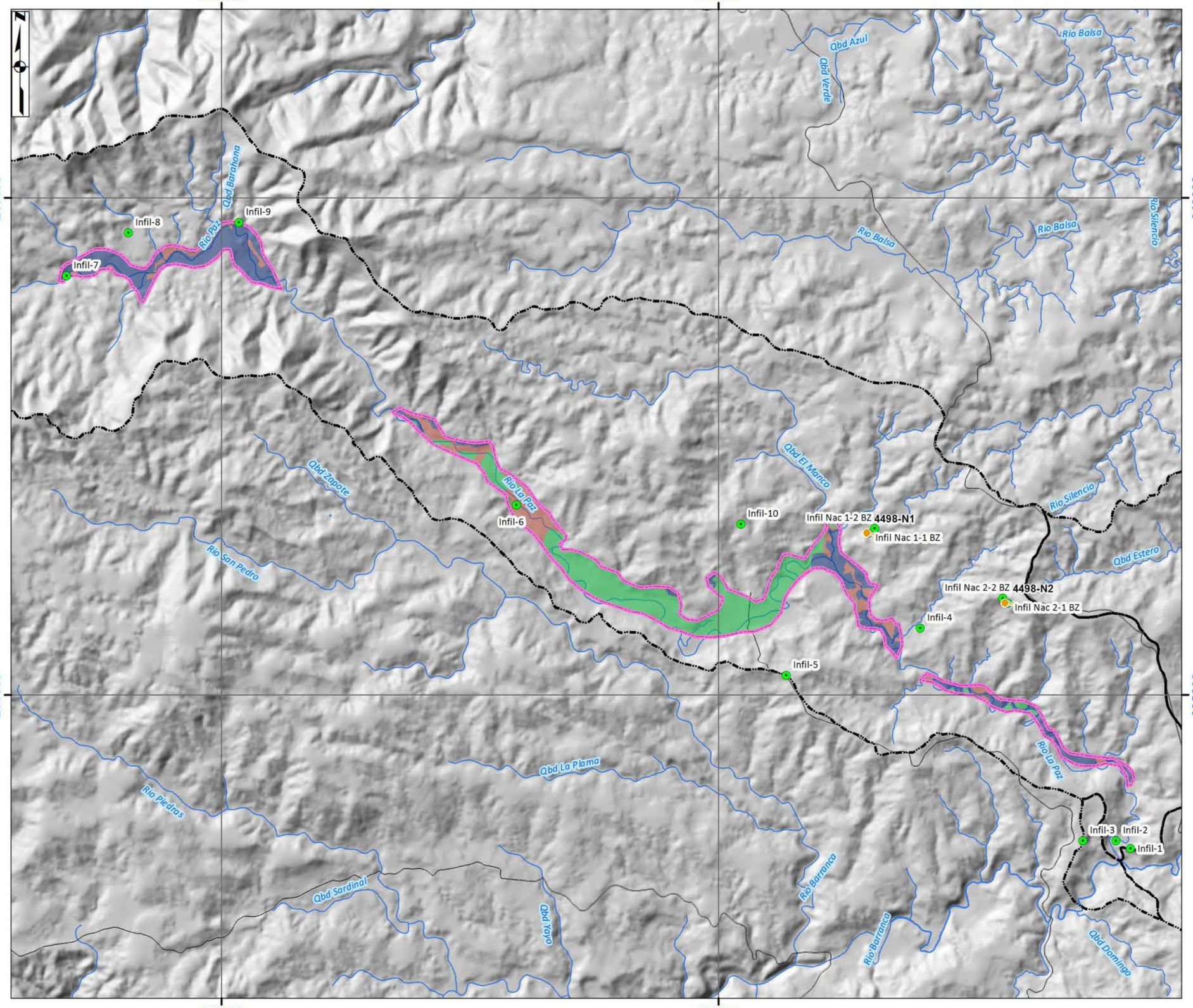
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Agua útil en suelos
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Agua útil (mm)

- 99
- 99 - 137
- 137 - 354
- 354 - 494

0 550 1,100 2,200 m

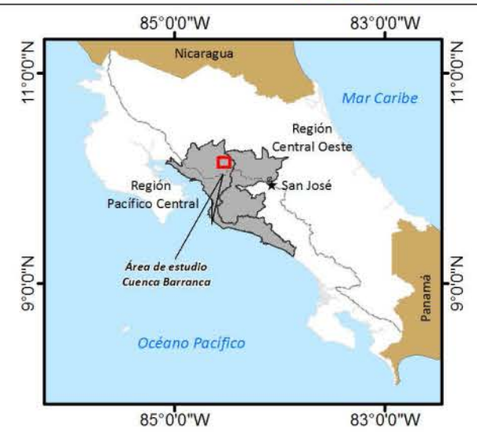
1:38000

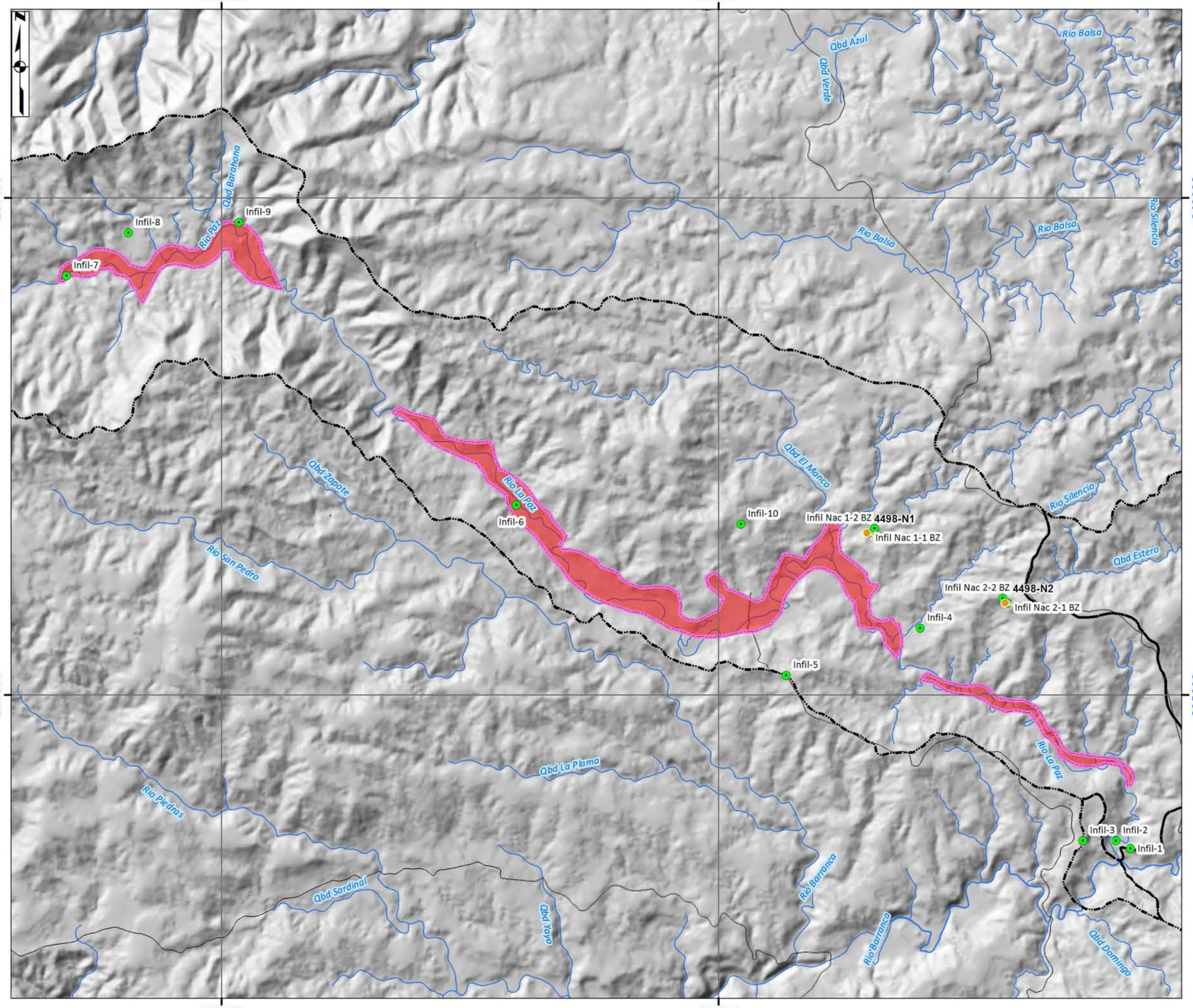
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Capacidad de campo de suelos
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Capacidad de campo (%)

38.68

0 550 1,100 2,200 m

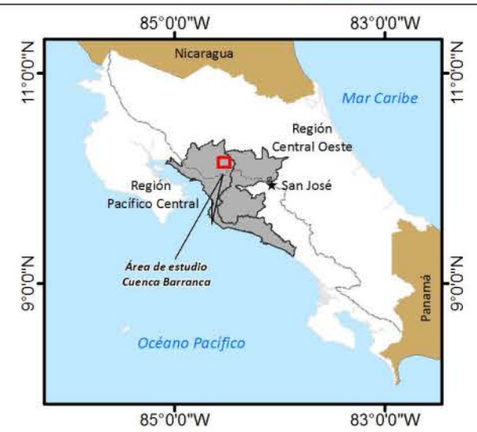
1:38000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.



475000

480000

240000

235000

Infil-8

Infil-9

Infil-7

Infil-6

Infil-10

Infil Nac 1-2 BZ **4498-N1**

Infil Nac 1-1 BZ

Infil Nac 2-2 BZ **4498-N2**

Infil Nac 2-1 BZ

Infil-4

Infil-5

Infil-3

Infil-2

Infil-1

Qbd Azul

Qbd Verde

Río Balsa

Río Silencio

Qbd Barahona

Río Paz

Qbd Zapote

Río La Paz

Qbd El Manco

Qbd Estero

Río San Pedro

Río Piedras

Qbd La Plama

Qbd Sardinal

Qbd Tyyo

Río Barranca

Qbd Domingo

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de follaje
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Cfo

- 0.12
- 0.12 - 0.2

0 550 1,100 2,200 m

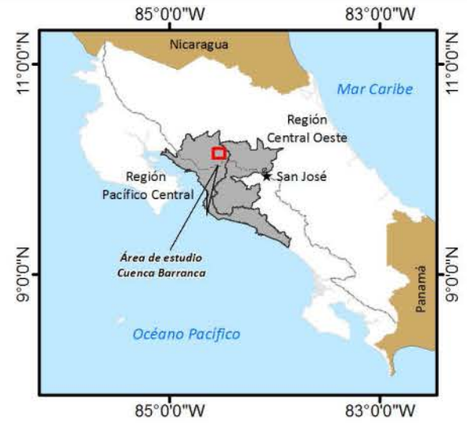
1:38000

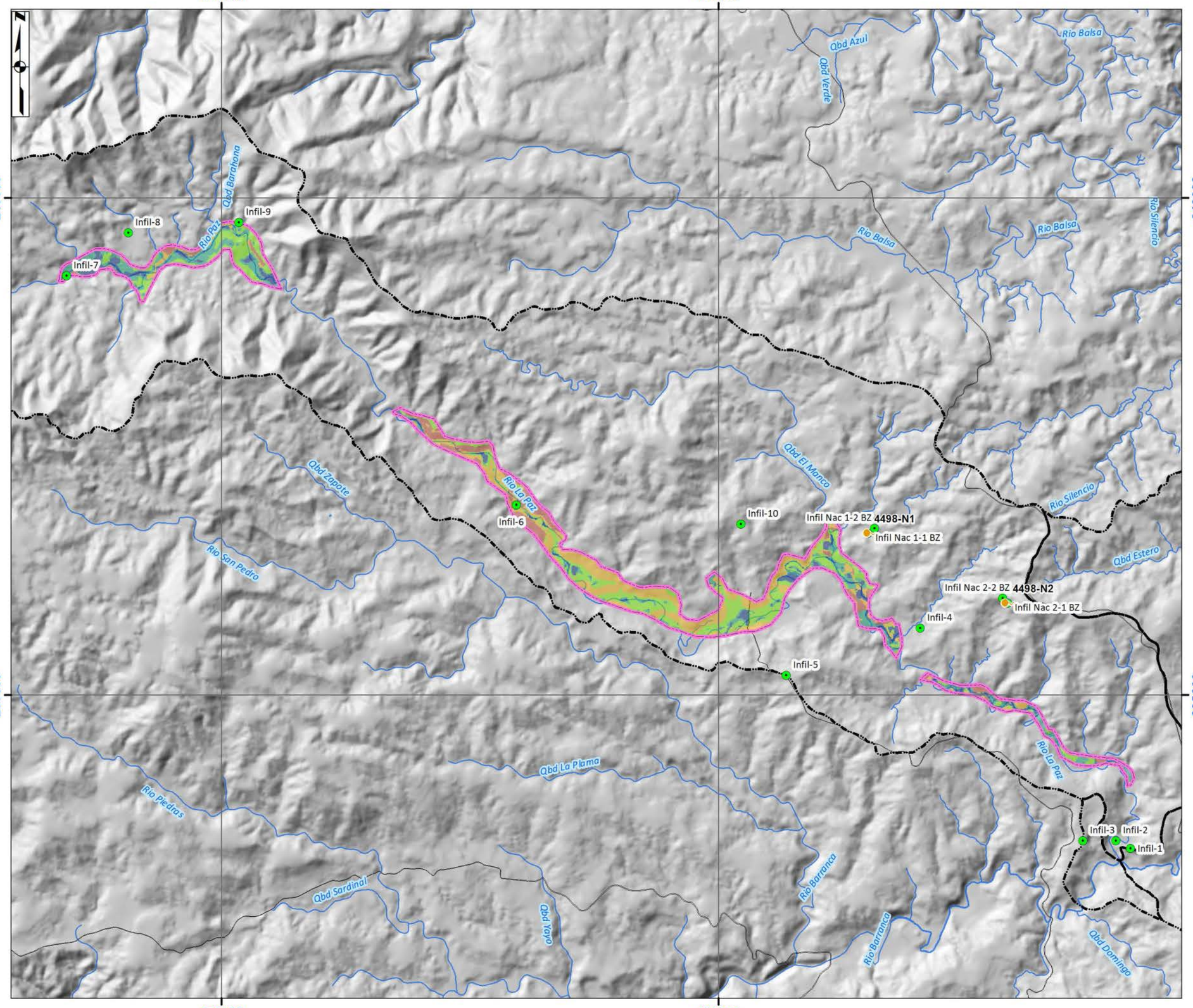
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de infiltración
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Coeficiente de infiltración

- 0.82 - 0.83
- 0.83 - 0.87
- 0.87 - 0.92
- 0.92 - 0.96
- 0.96 - 1

0 550 1,100 2,200 m

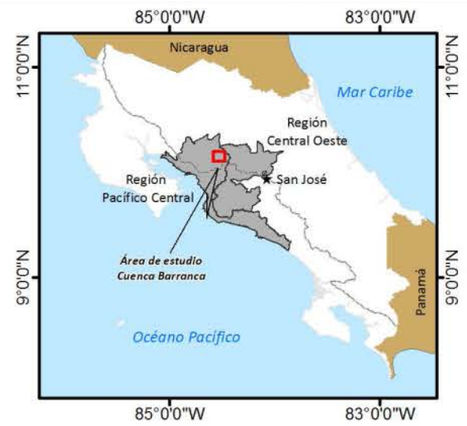
1:38000

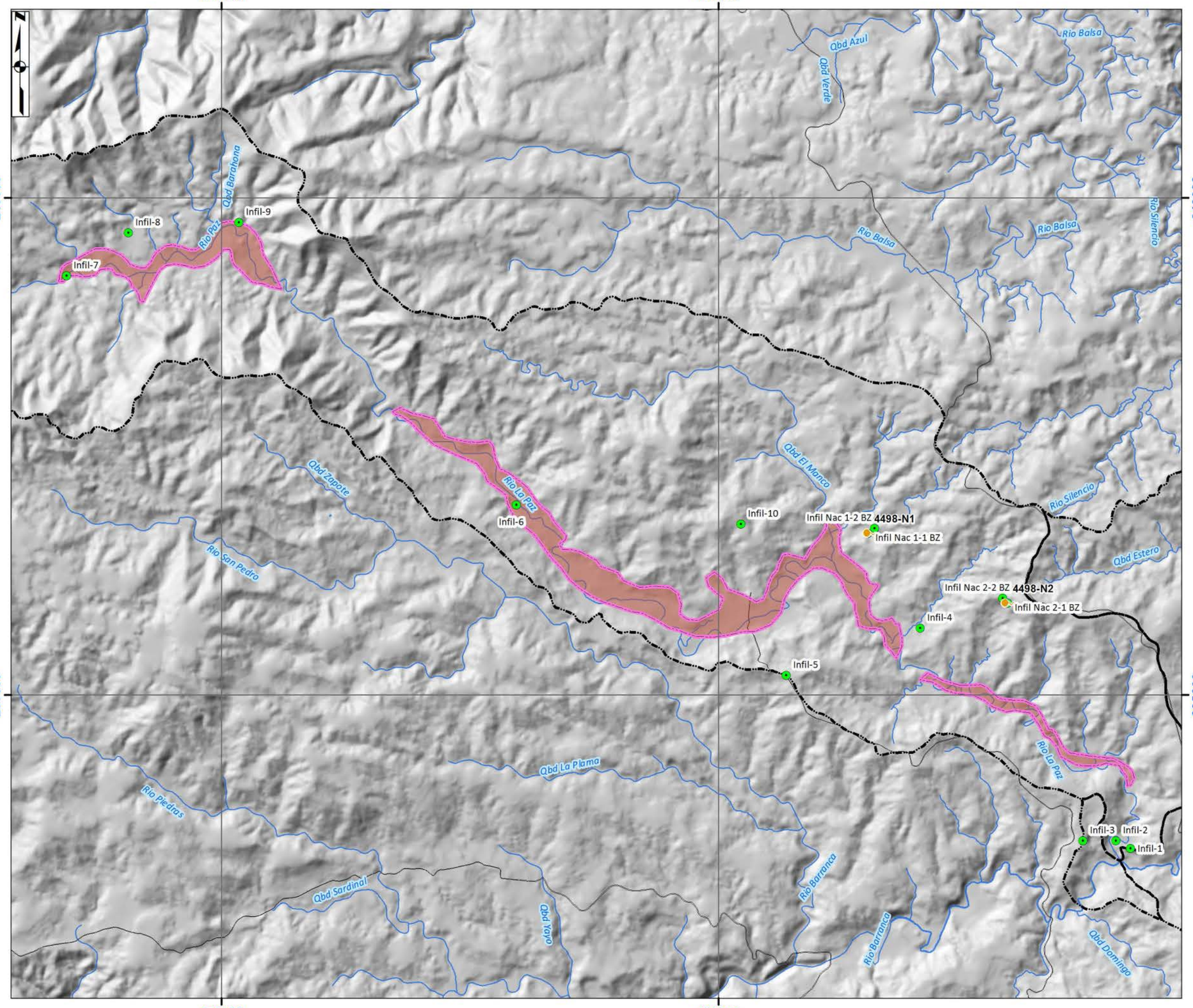
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Densidad aparente de suelos
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Densidad aparente (g/cc)

- 1.17

0 550 1,100 2,200 m

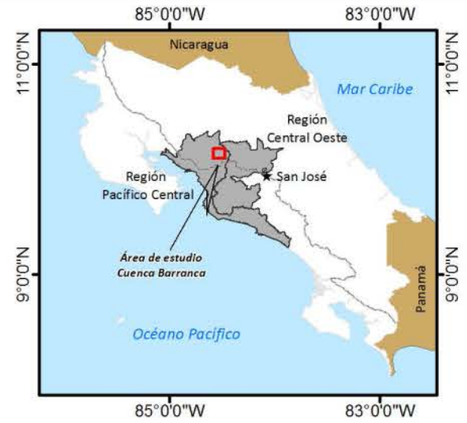
1:38000

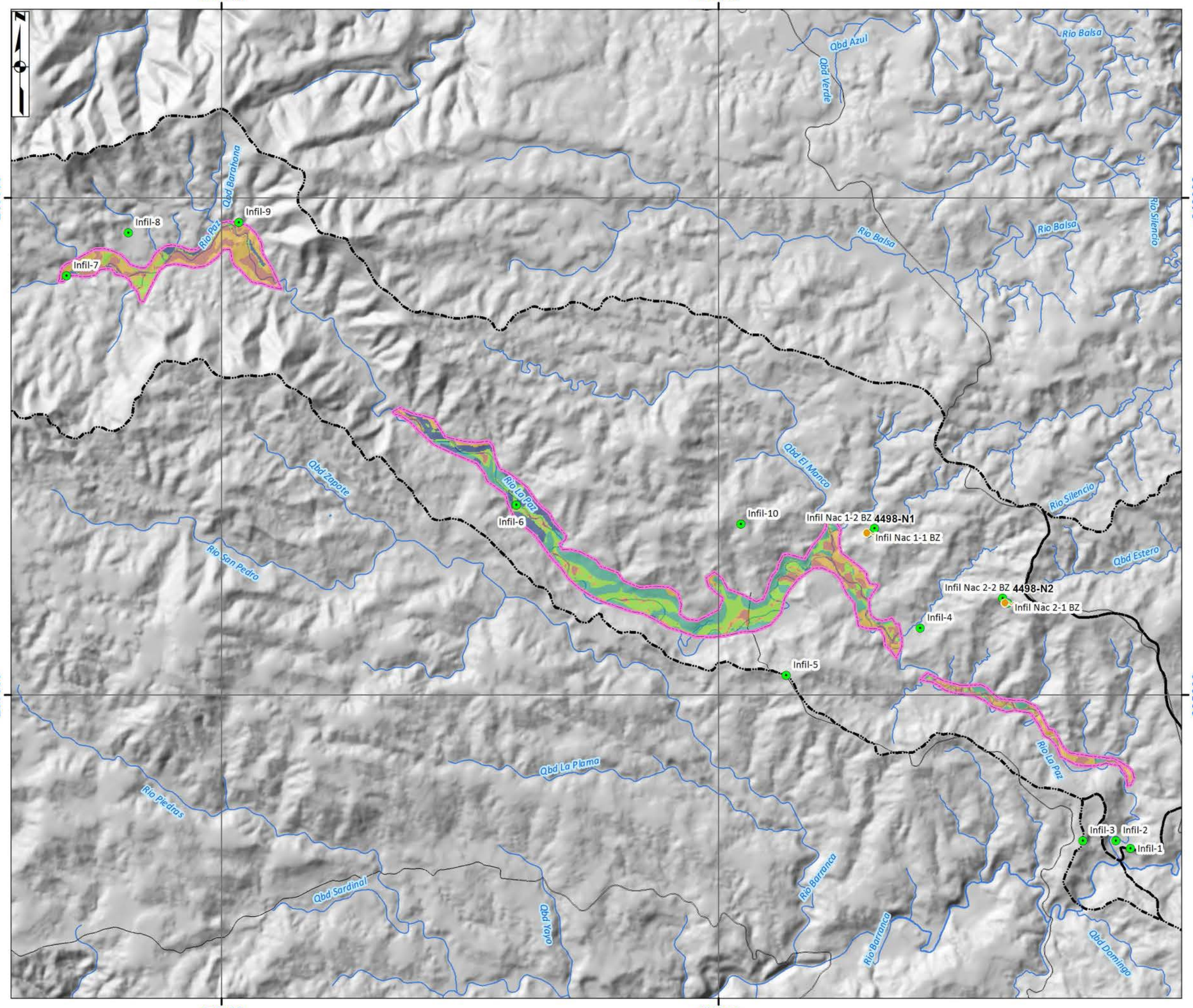
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Escorrentía superficial total anual
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Escorrentía superficial total anual (mm/año)

- 0 - 133
- 133 - 240
- 240 - 377
- 377 - 444
- 444 - 486

0 550 1,100 2,200 m

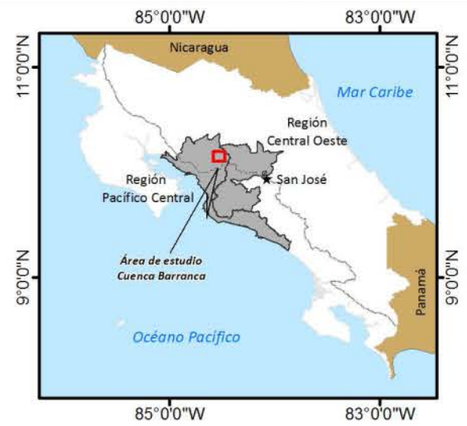
1:38000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.



475000

480000

240000

235000

Infil-8
Infil-9
Infil-7
Infil-6
Infil-10
Infil Nac 1-2 BZ 4498-N1
Infil Nac 1-1 BZ
Infil Nac 2-2 BZ 4498-N2
Infil Nac 2-1 BZ
Infil-4
Infil-5
Infil-3
Infil-2
Infil-1

Río Paz
Qbd Barahona
Qbd Azul
Qbd Verde
Río Balsa
Río Silencio
Qbd El Manco
Río La Paz
Qbd Zapote
Río San Pedro
Qbd Estero
Qbd La Plama
Río Piedras
Qbd Sardinal
Qbd Tyyo
Río Barranca
Qbd Domingo

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Evapotranspiración potencial anual
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración anual (mm/mes)

- 1131 - 1150
- 1150 - 1160
- 1160 - 1200
- 1200 - 1220
- 1220 - 1236

0 550 1,100 2,200 m

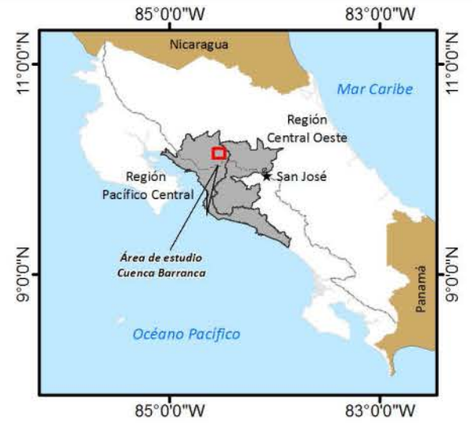
1:38000

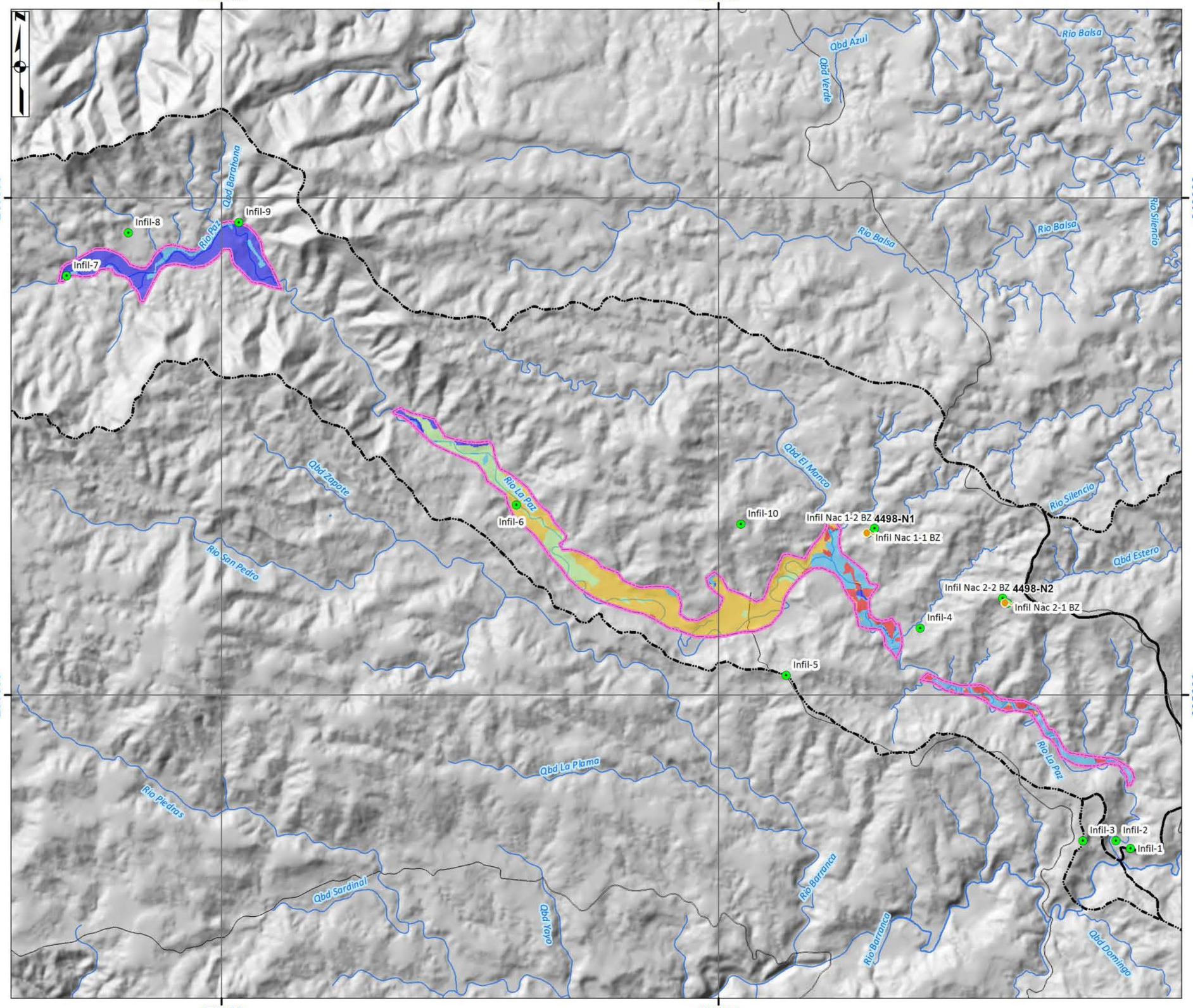
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Evapotranspiración real total anual
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración real (mm/año)

- 903 - 953
- 953 - 990
- 990 - 1035
- 1035 - 1090
- 1090 - 1130

0 550 1,100 2,200 m

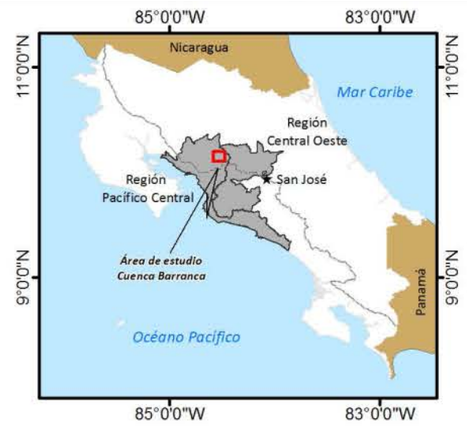
1:38000

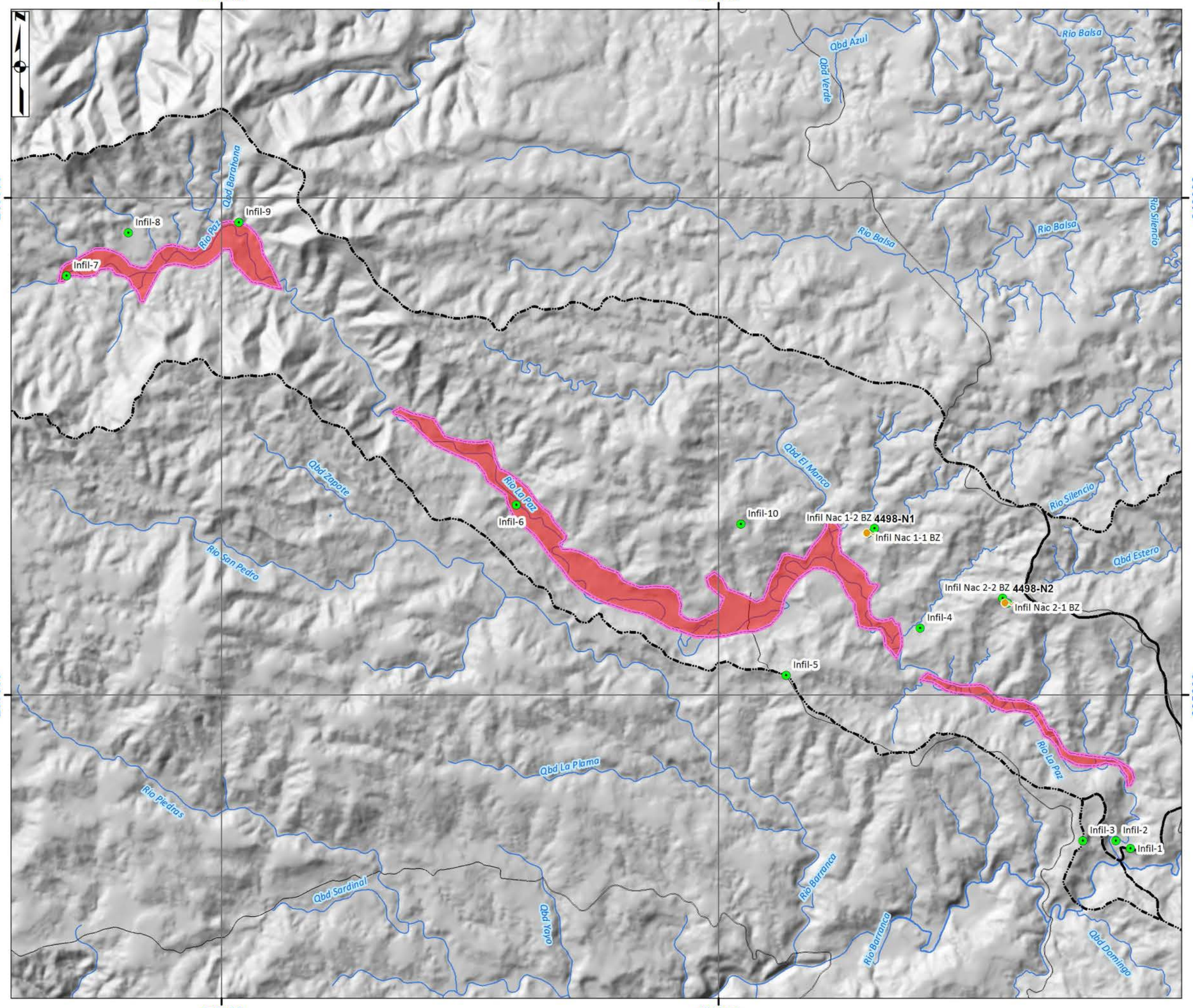
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Infiltración básica del suelo
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Fc (mm/día)
208

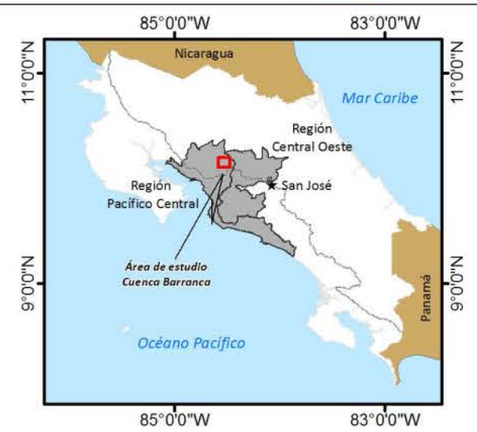
0 550 1,100 2,200 m
1:38000

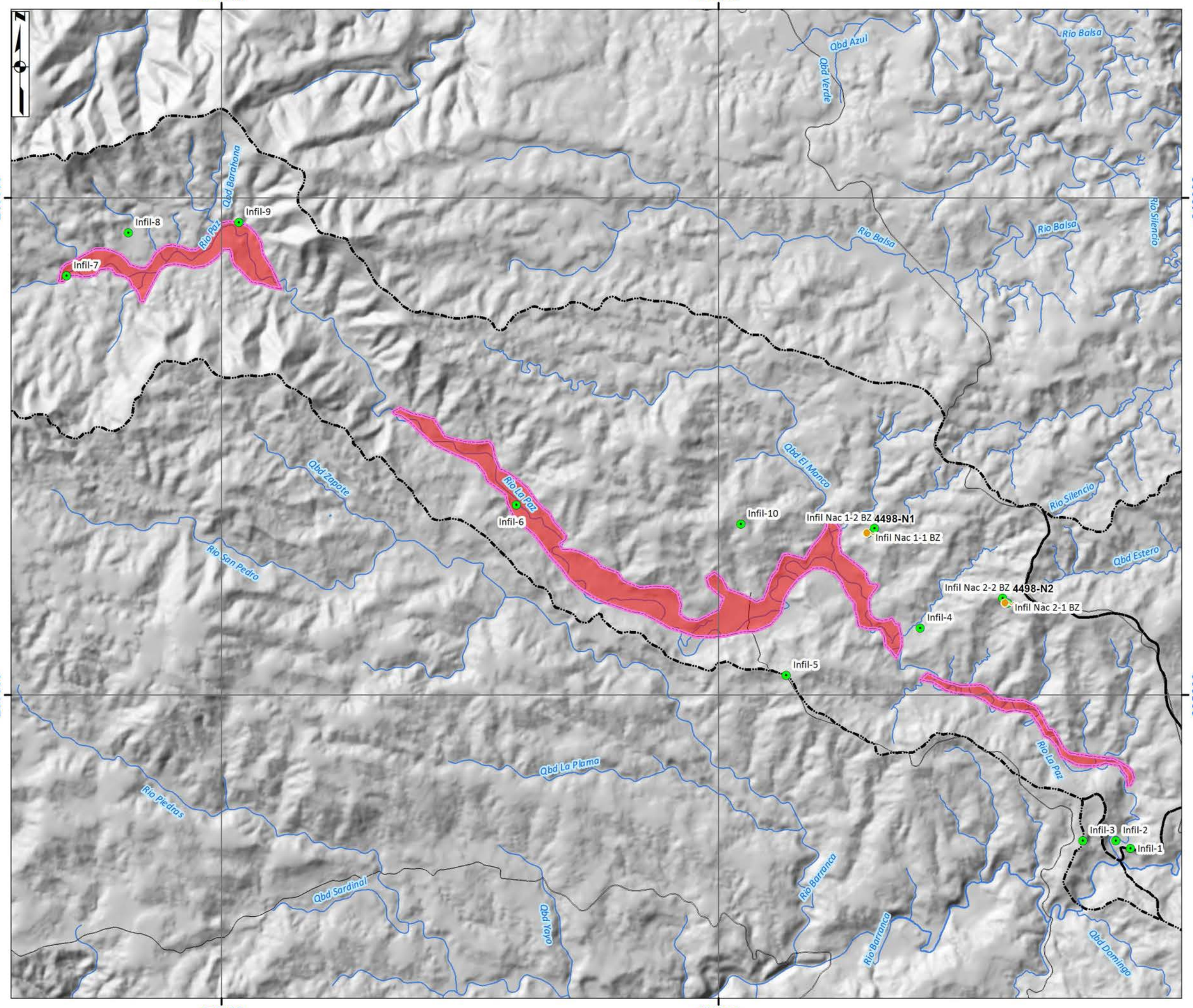
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por textura del suelo
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Kfc
0.67

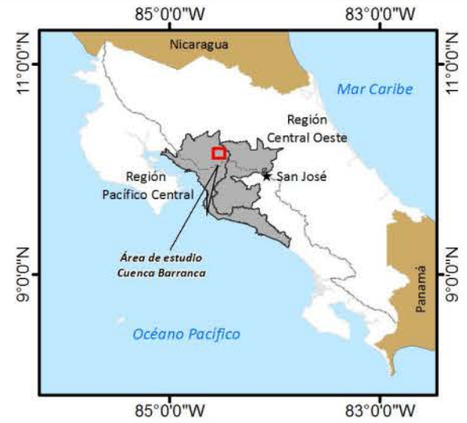
0 550 1,100 2,200 m
1:38000

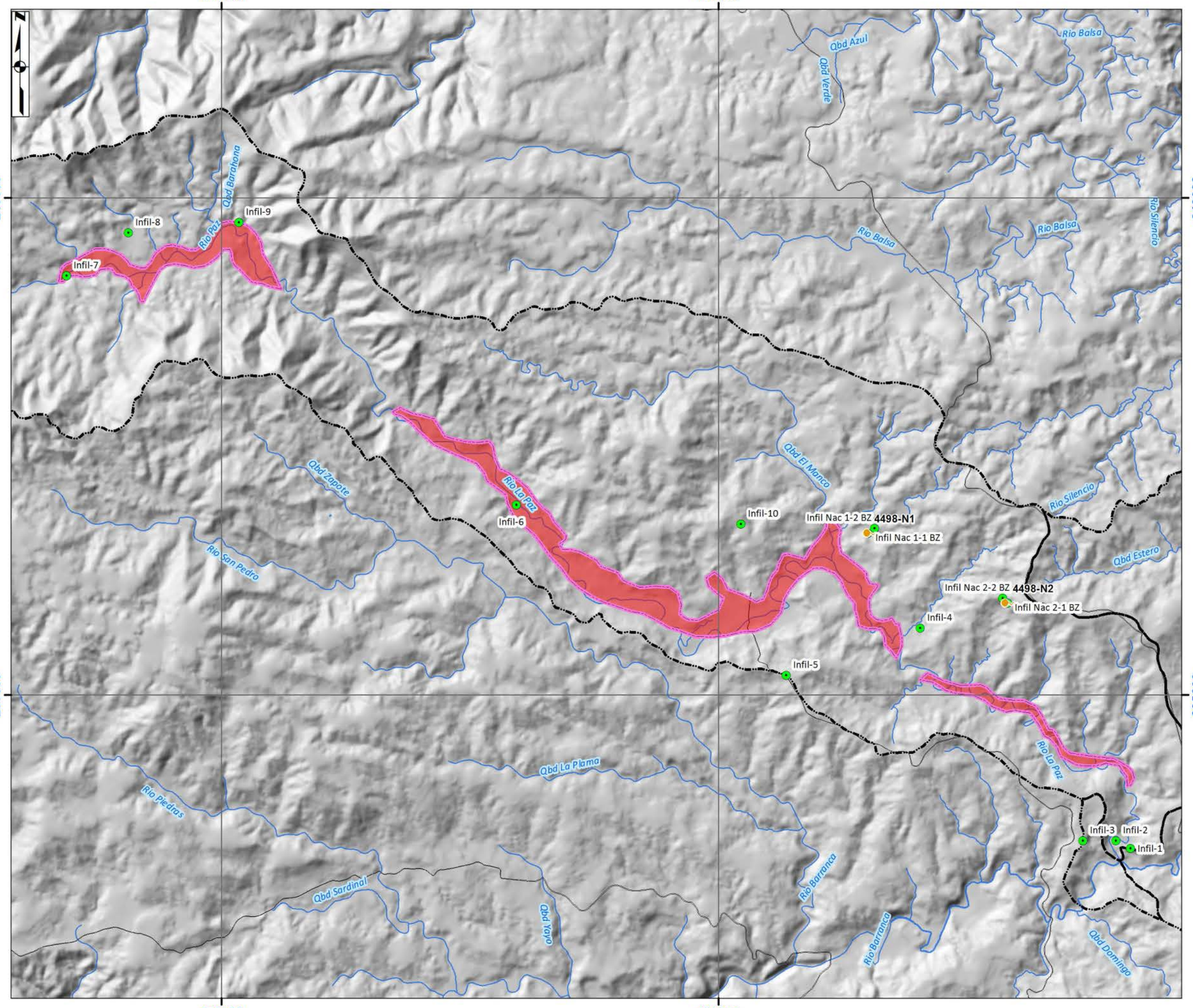
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Punto de marchitez permanente del suelo
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

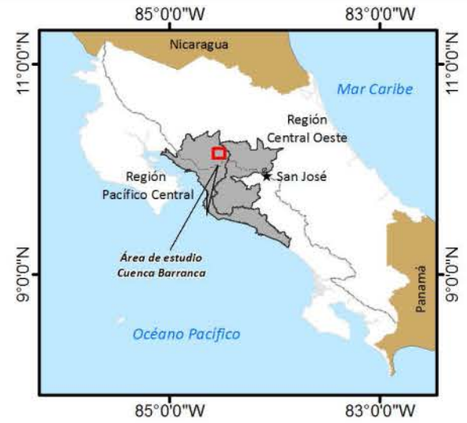
PM (%)
21.8

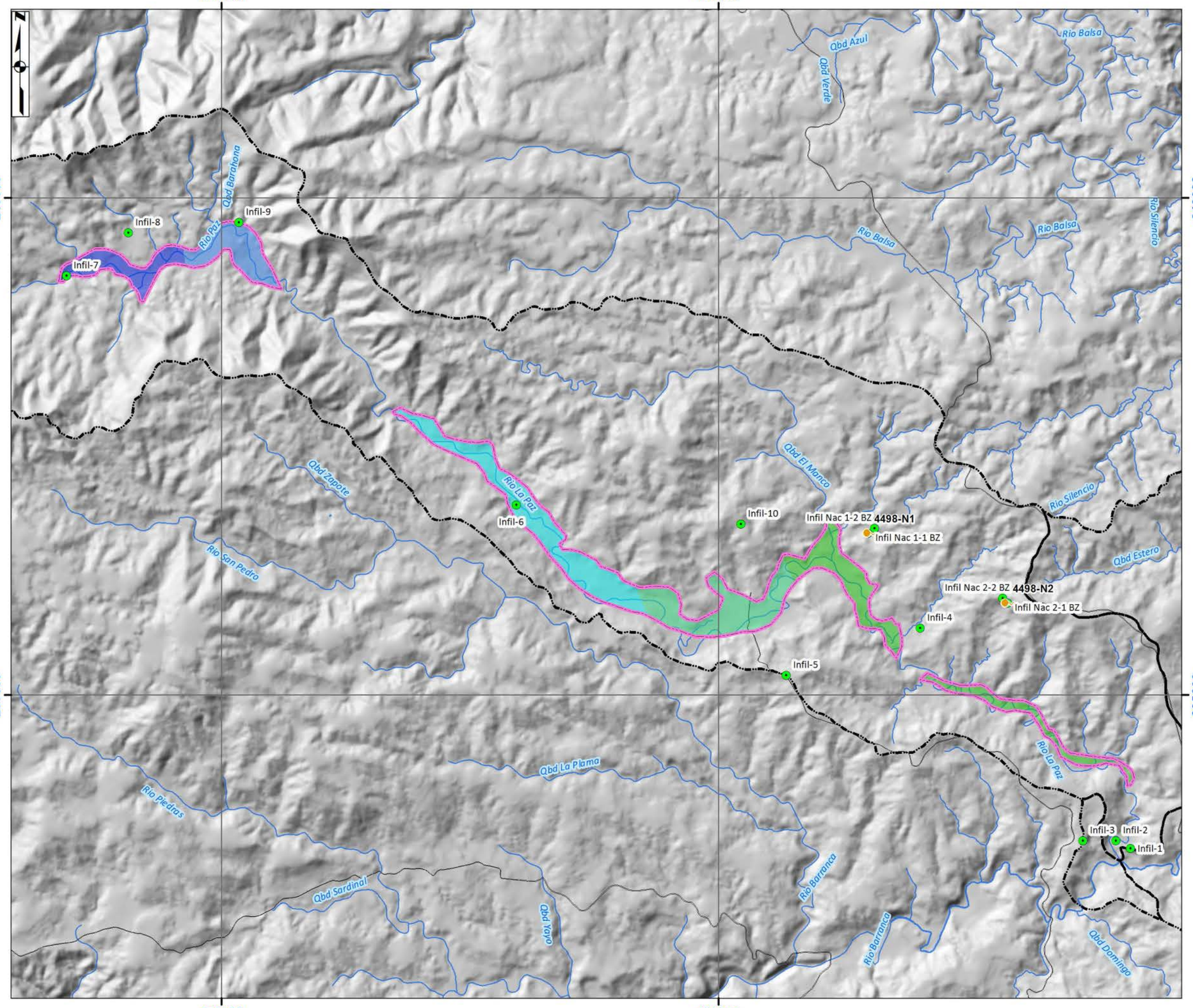
0 550 1,100 2,200 m
1:38000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Precipitación anual
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Precipitación anual (mm/mes)

- 2748 - 2820
- 2820 - 2880
- 2880 - 2950
- 2950 - 3020
- 3020 - 3066

0 550 1,100 2,200 m

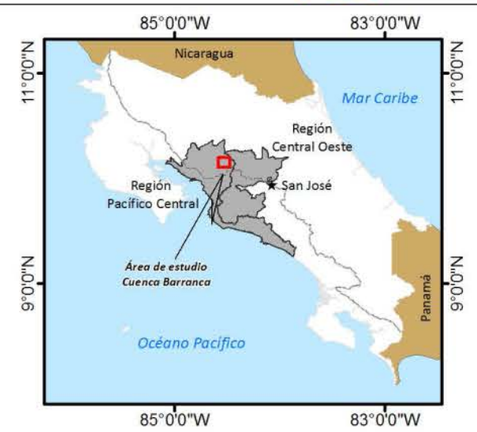
1:38000

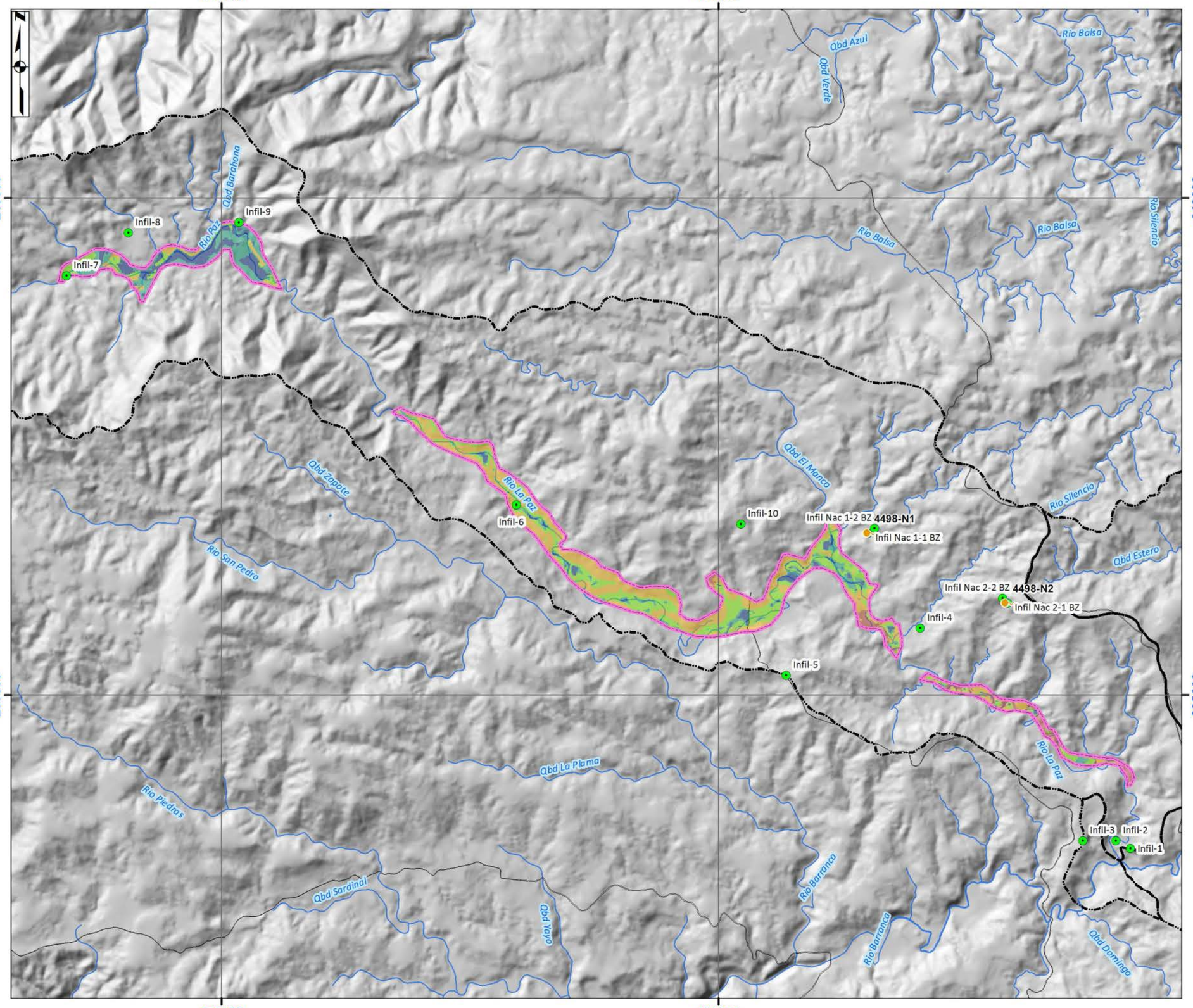
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Recarga potencial total anual
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Recarga potencial (mm/año)

- 970 - 1038
- 1038 - 1153
- 1153 - 1245
- 1245 - 1353
- 1353 - 1585

0 550 1,100 2,200 m

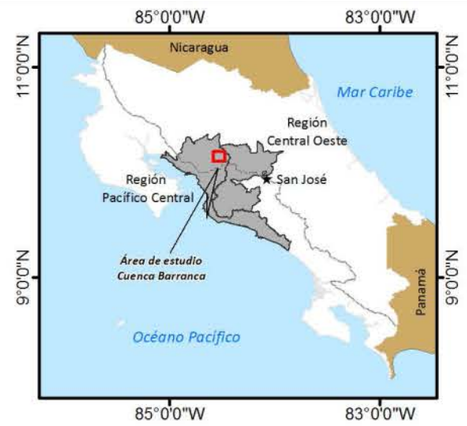
1:38000

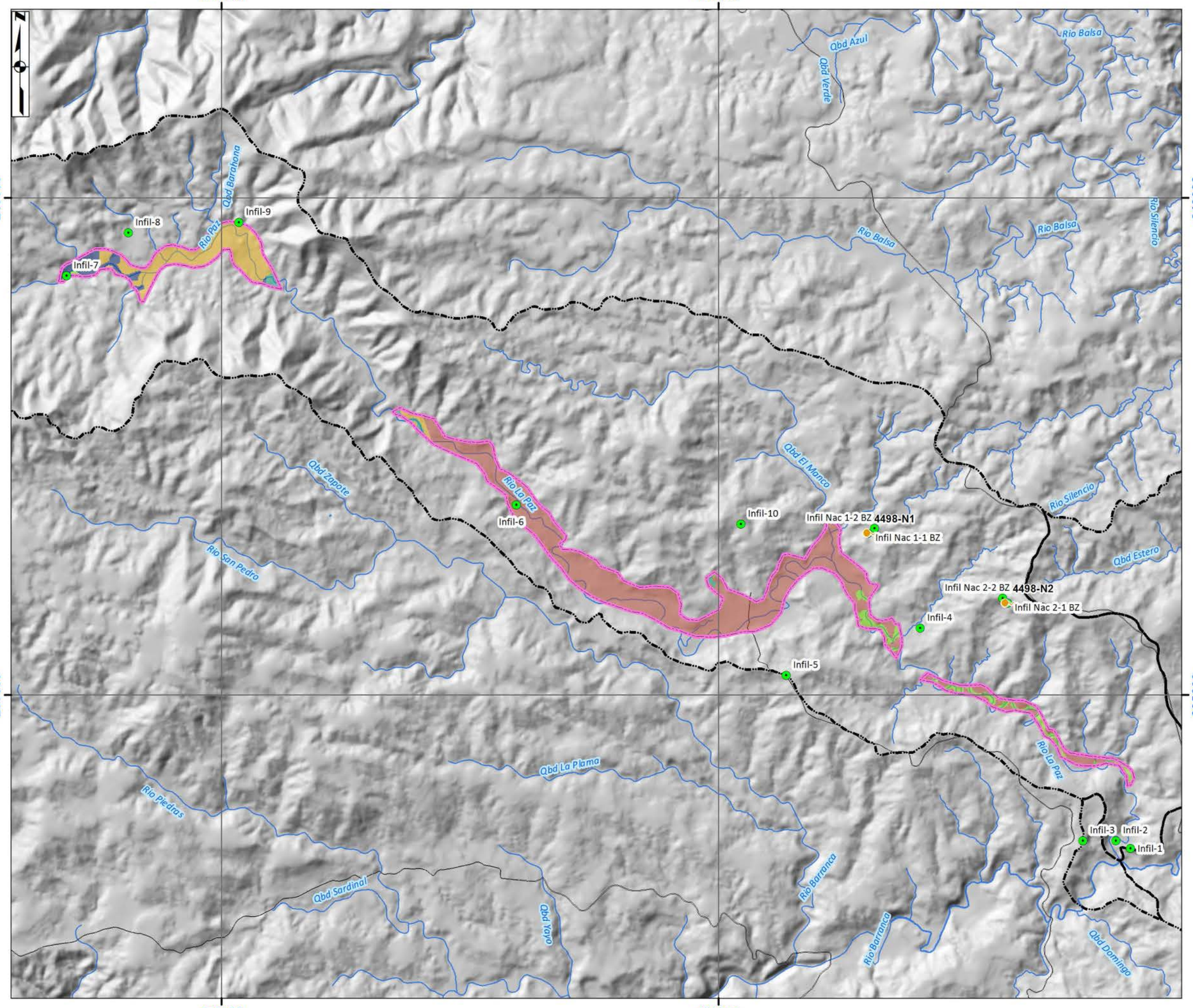
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Retención de lluvia en el follaje total anual
Unidad geológica Aluvión, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Aluvión
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Retención potencial (mm/año)

- 339 - 353
- 353 - 367
- 367 - 570
- 570 - 598
- 598 - 614

0 550 1,100 2,200 m

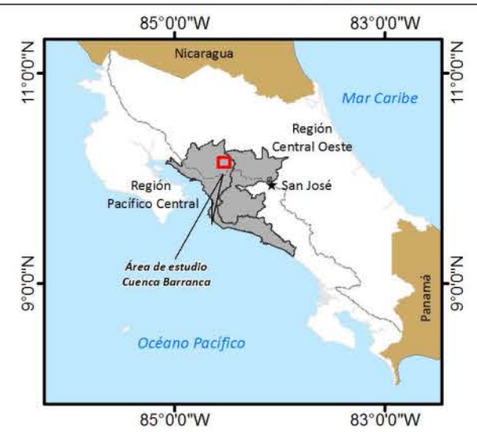
1:38000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



483500

485000

234500

233000

Río La Paz

Qbd Volio

Río Barranca

Río Barranca

Infil-3

Infil-2

Infil-1

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Agua útil en suelos
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Agua útil (mm)

- 104 - 105
- 105 - 145
- 145 - 375
- 375 - 521

0 125 250 500 m

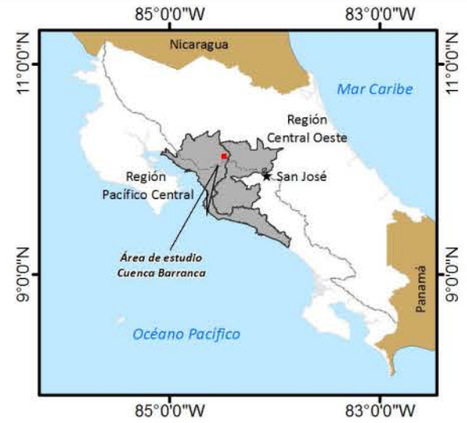
1:8000.0

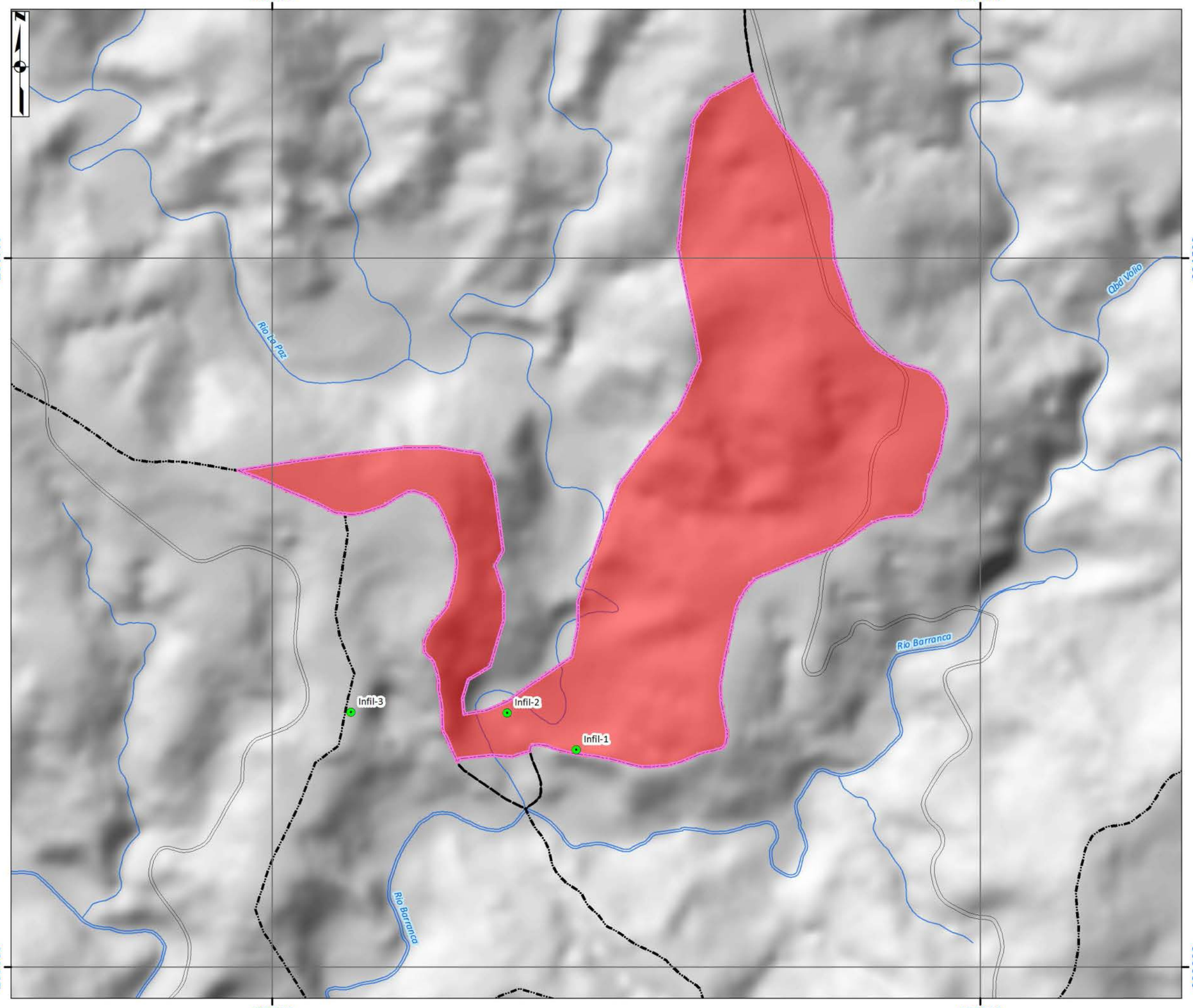
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Capacidad de campo de suelos
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Capacidad de campo (%)

- 40.17

0 125 250 500 m

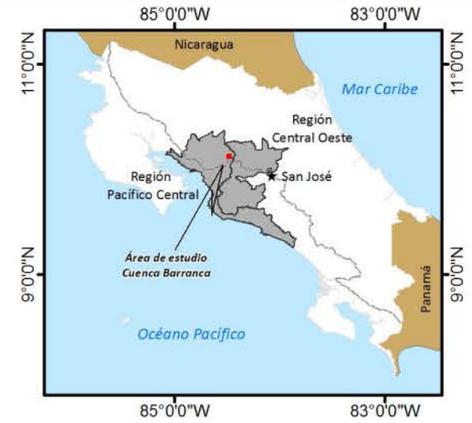
1:8000.0

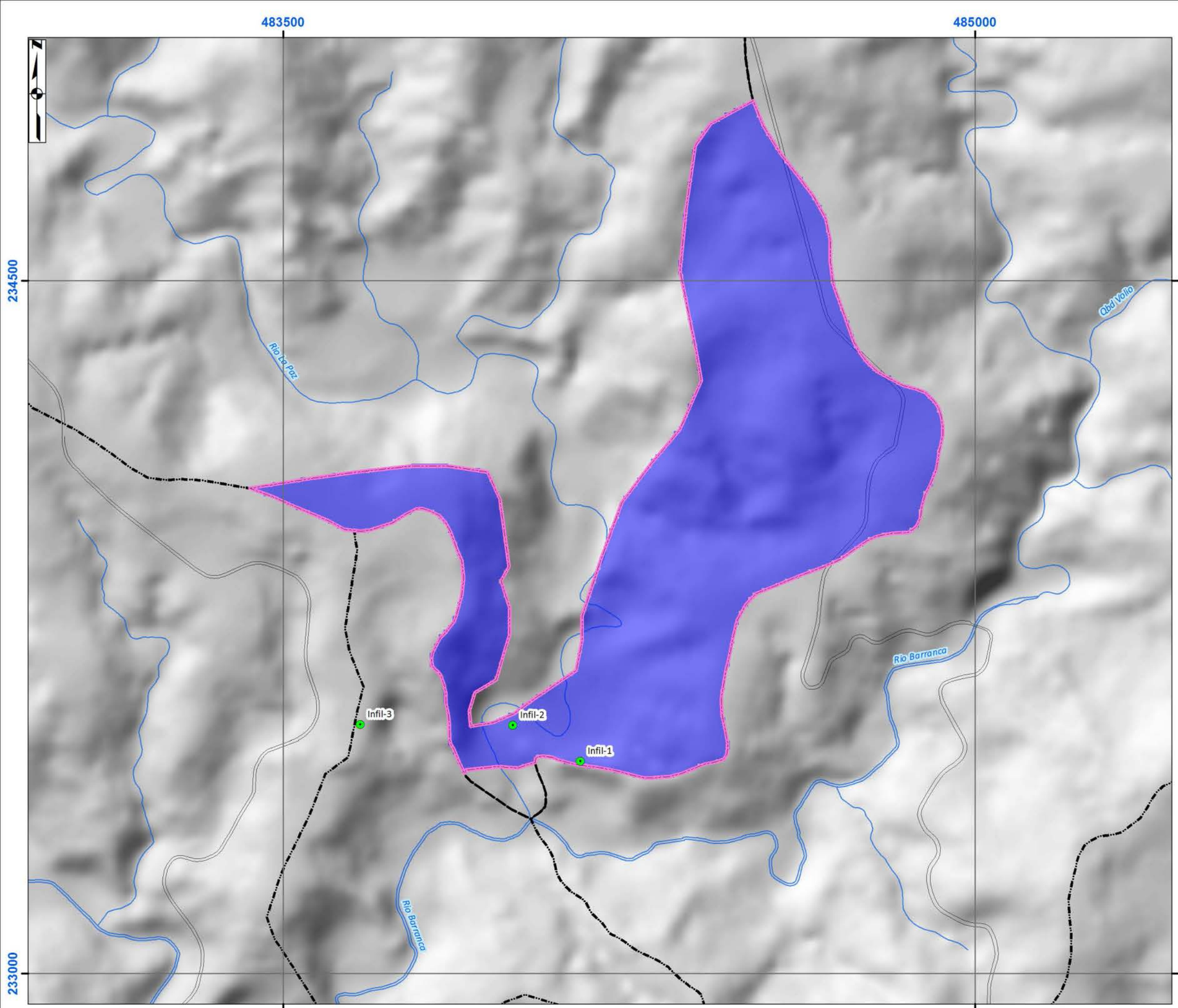
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de follaje
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Cfo

- 0.12
- 0.12 - 0.2

0 125 250 500 m

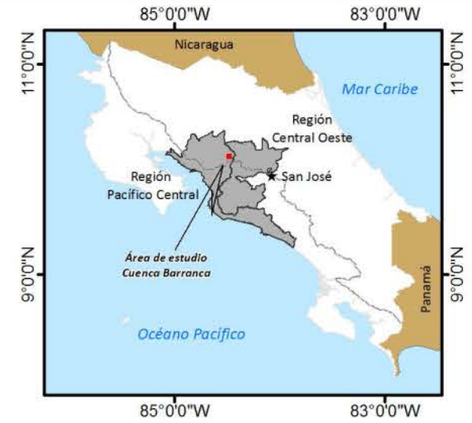
1:8000.0

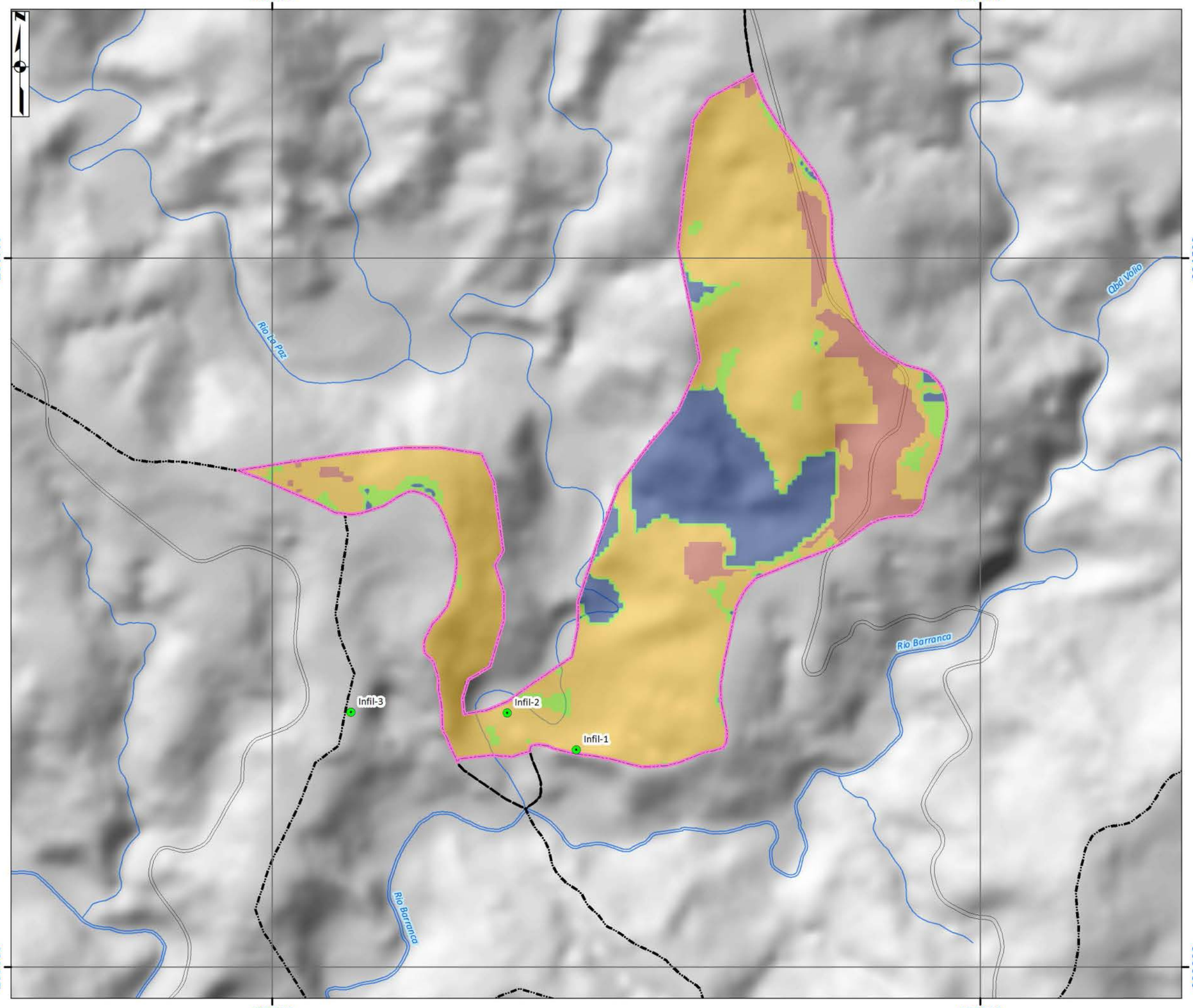
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de infiltración
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Coeficiente de infiltración

- 0.86 - 0.87
- 0.87 - 0.91
- 0.91 - 0.96
- 0.96 - 0.97
- 0.97 - 1

0 125 250 500 m

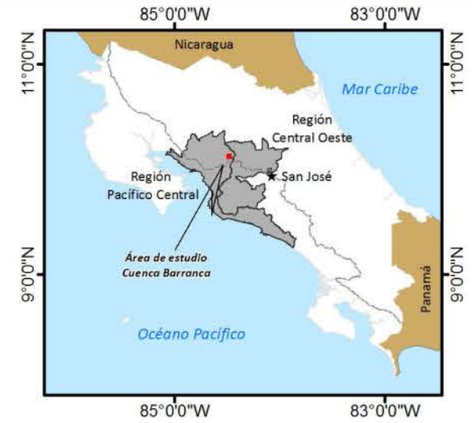
1:8000.0

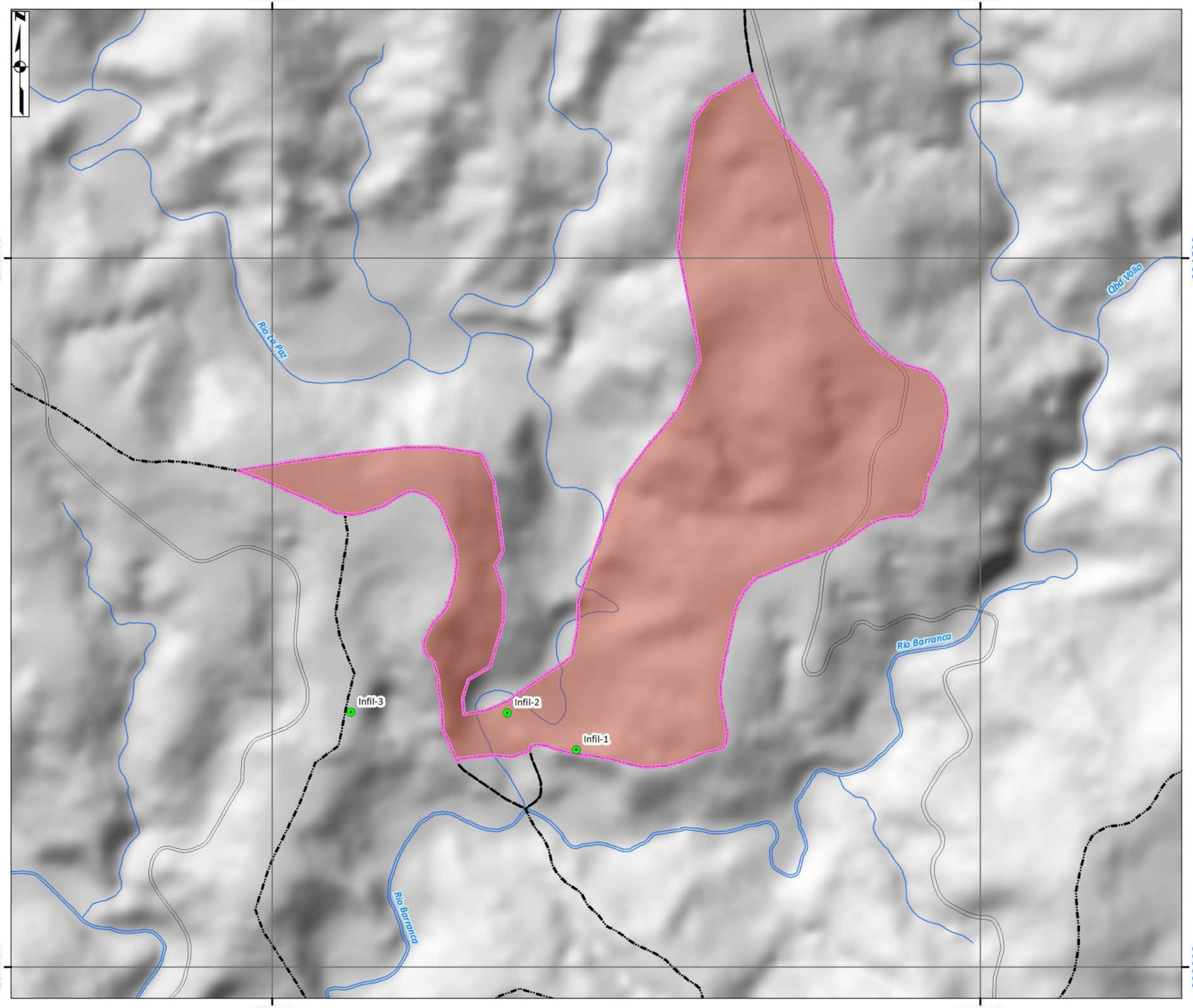
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Densidad aparente de suelos
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Densidad aparente (g/cc)

- 1.14

0 125 250 500 m

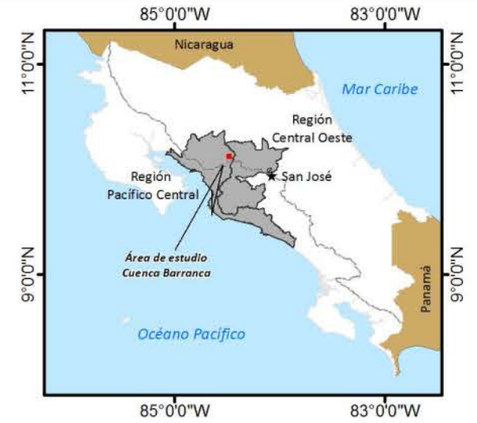
1:8000.0

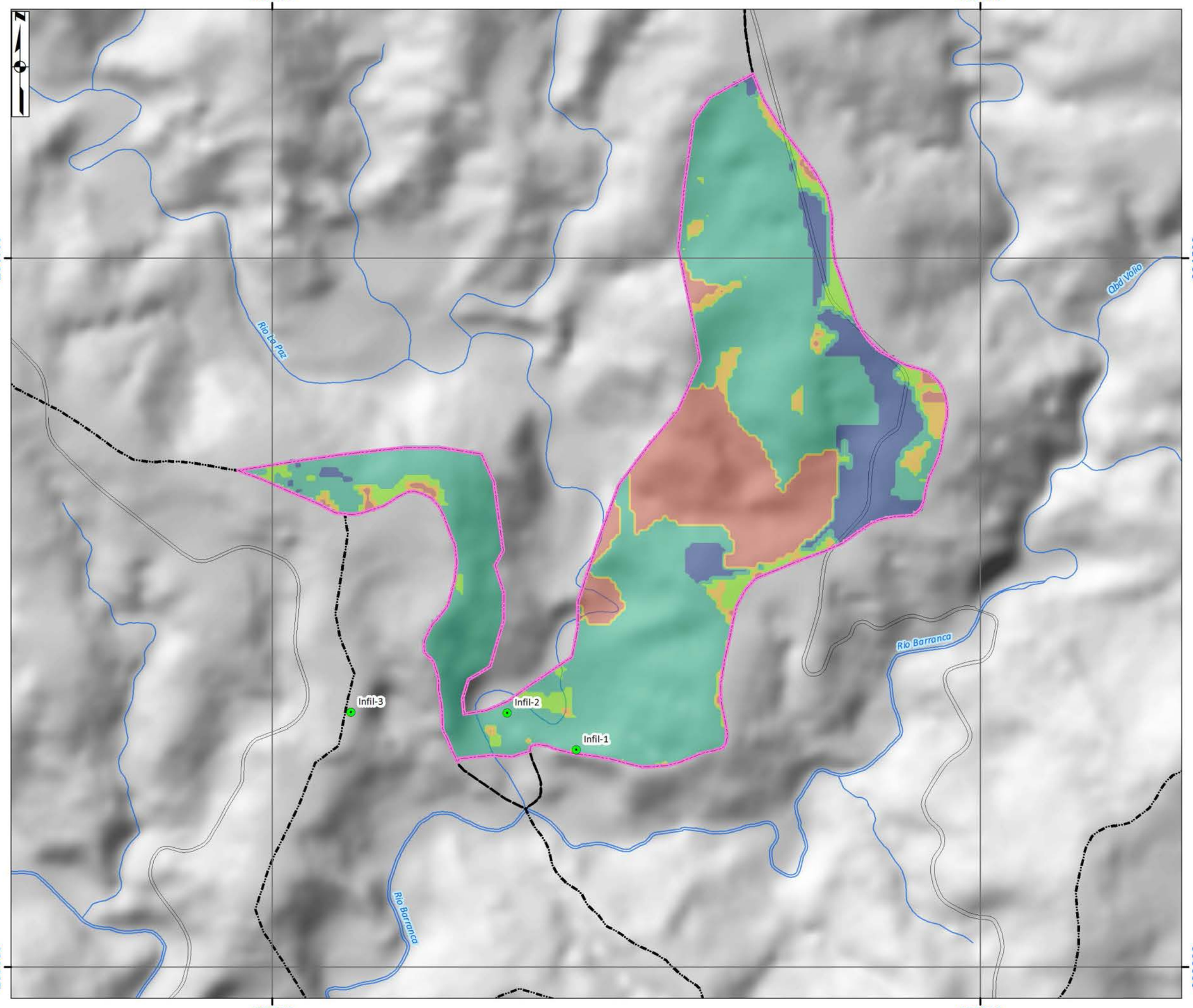
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Escorrentía superficial total anual
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Escorrentía superficial total anual (mm/año)

- 0 - 125
- 125 - 220
- 220 - 245
- 245 - 320
- 320 - 345

0 125 250 500 m

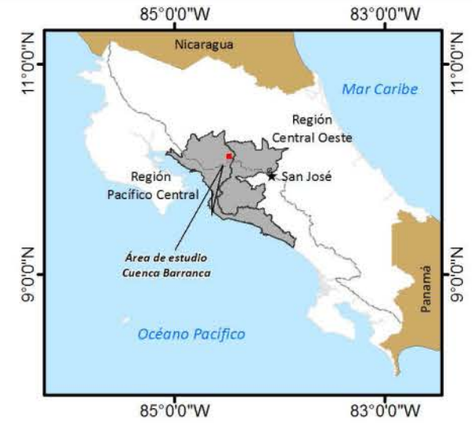
1:8000.0

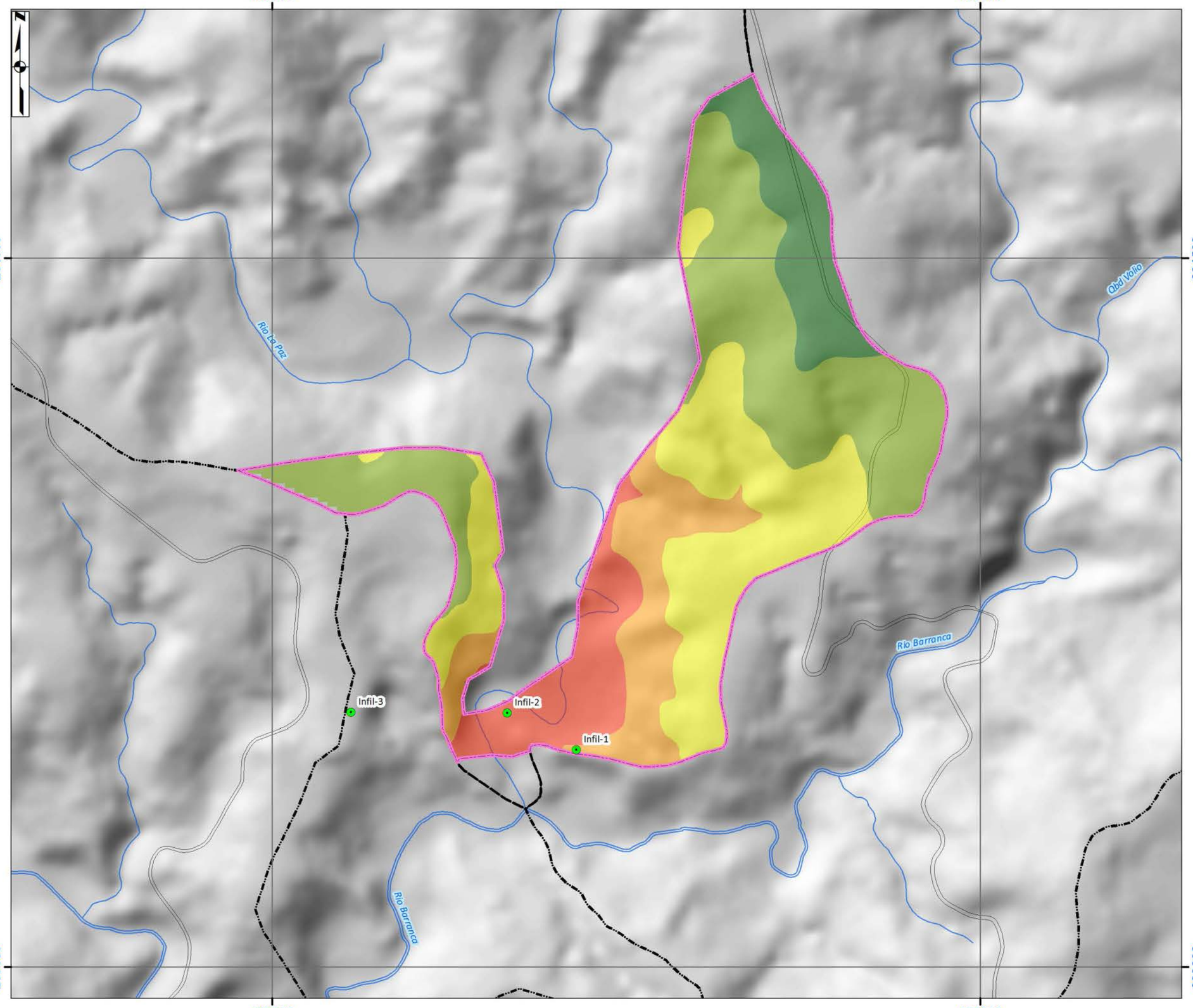
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Evapotranspiración potencial anual
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración anual (mm/mes)

- 1193 - 1200
- 1200 - 1210
- 1210 - 1220
- 1220 - 1230
- 1230 - 1237

0 125 250 500 m

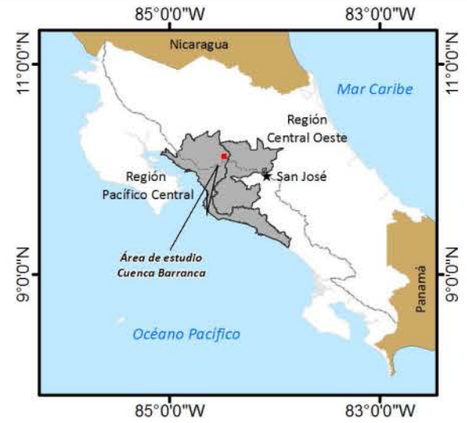
1:8000.0

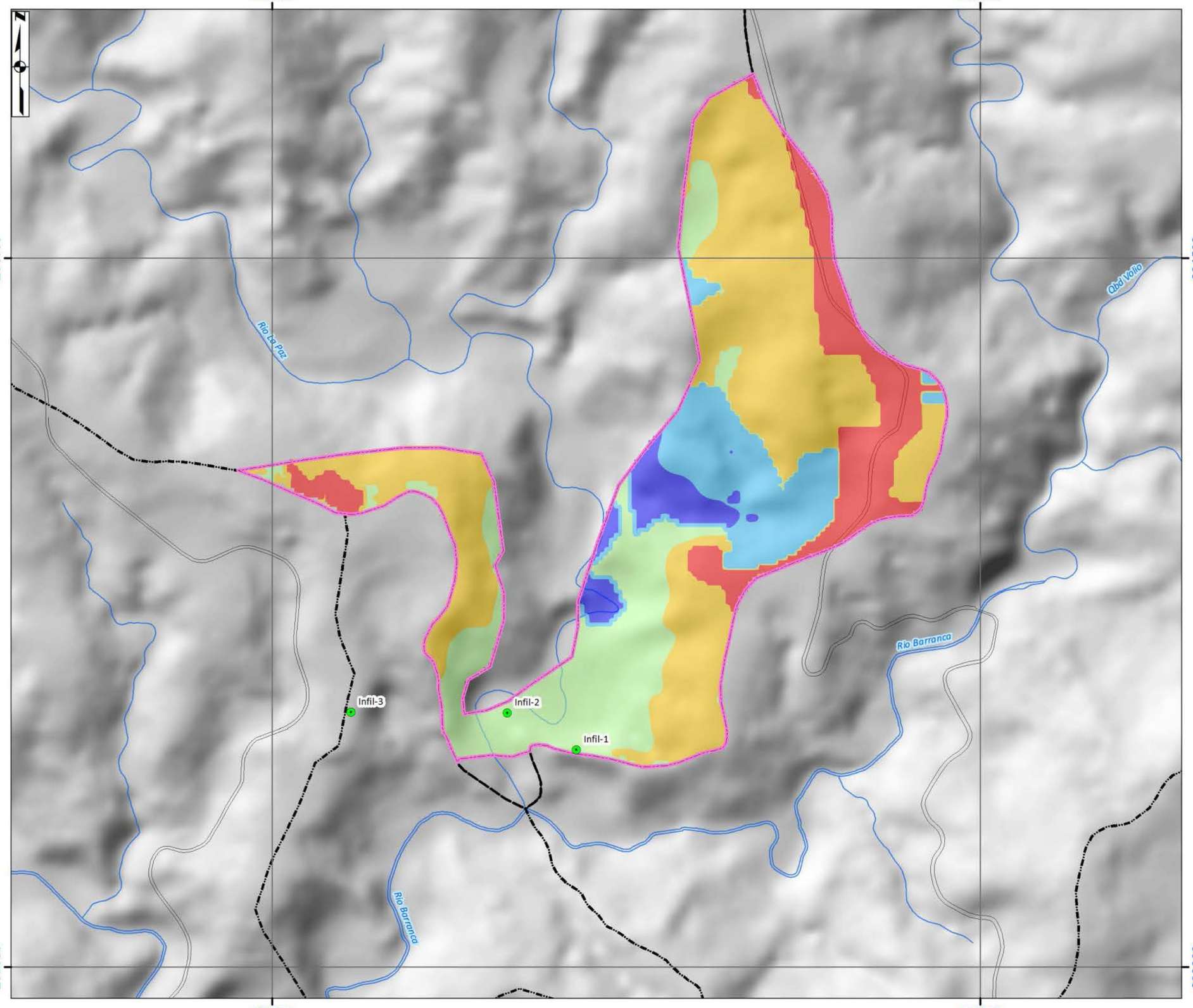
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Evapotranspiración real total anual
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración real (mm/año)

- 884 - 900
- 900 - 930
- 930 - 950
- 950 - 1067
- 1067 - 1082

0 125 250 500 m

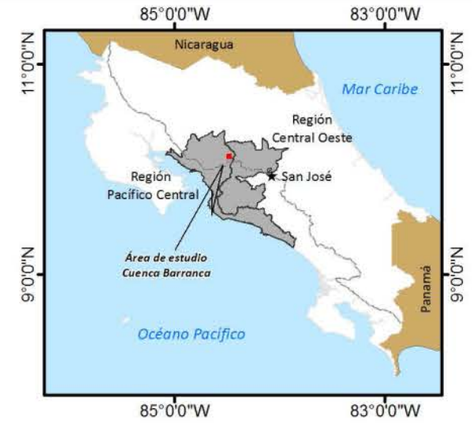
1:8000.0

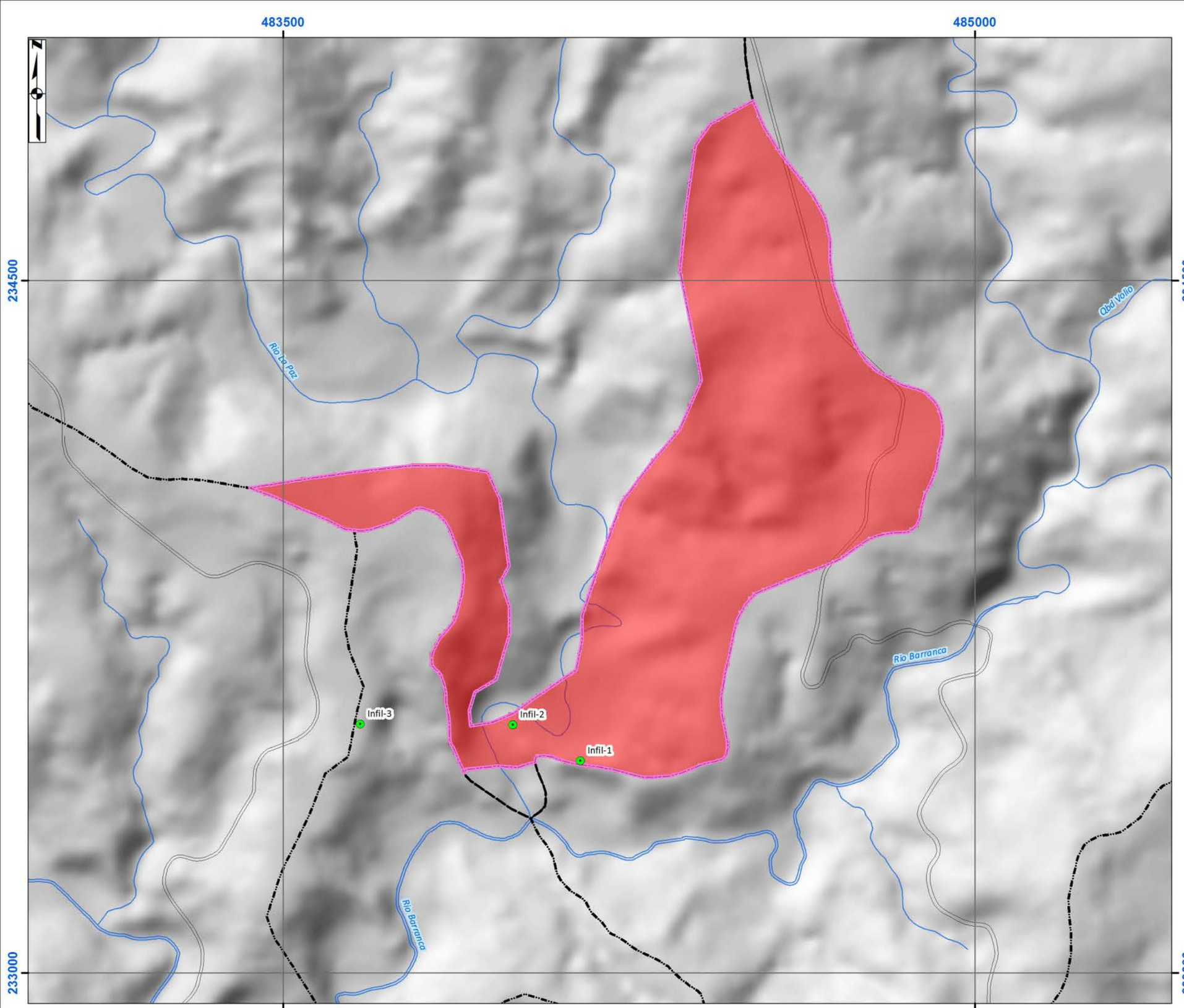
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Infiltración básica del suelo
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

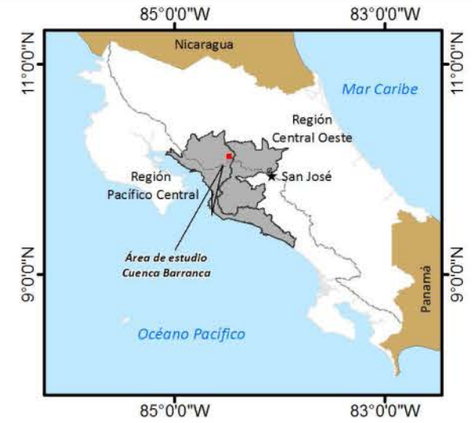
Fc (mm/día)
246

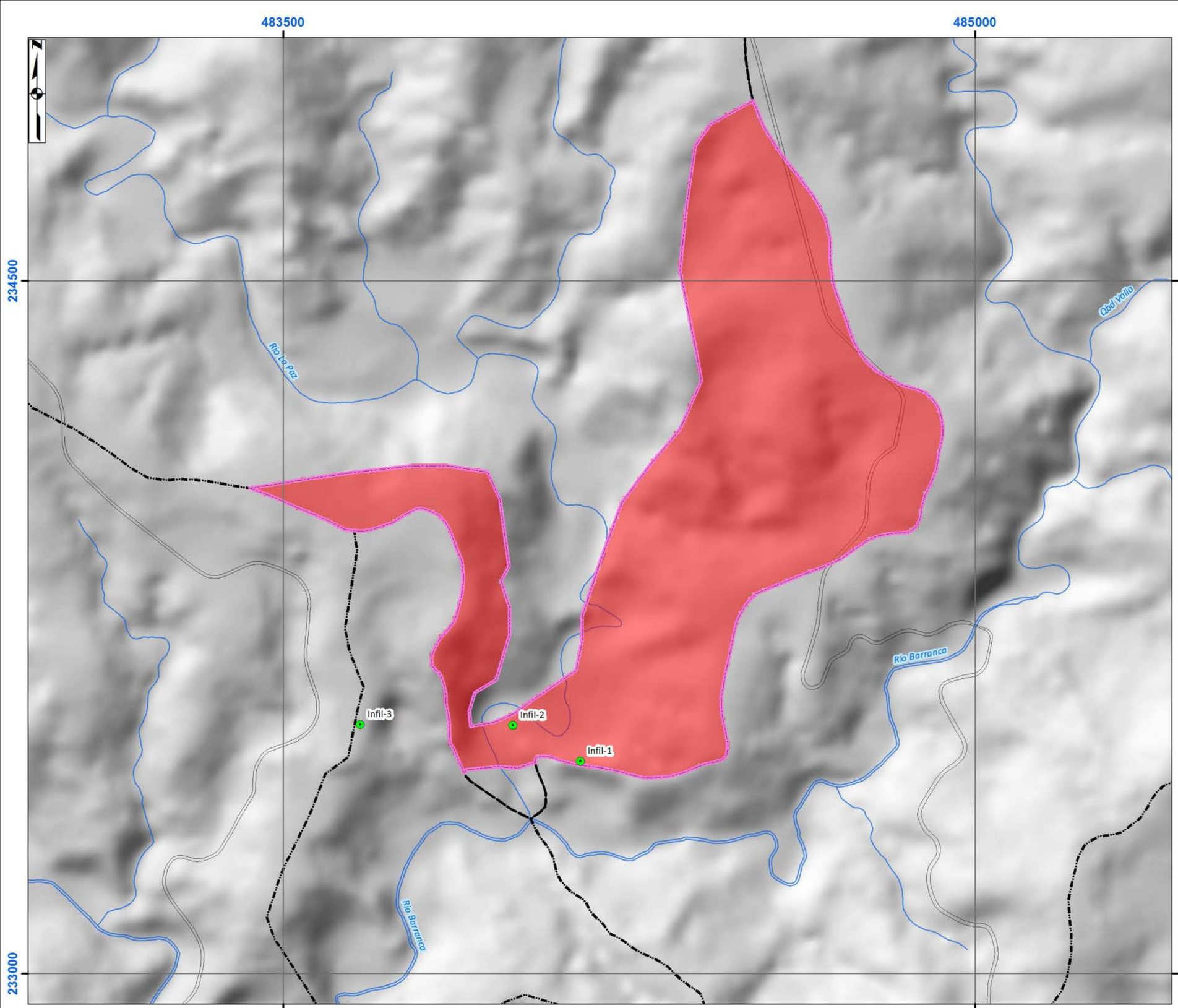
0 125 250 500 m
1:8000.0

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por textura del suelo
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

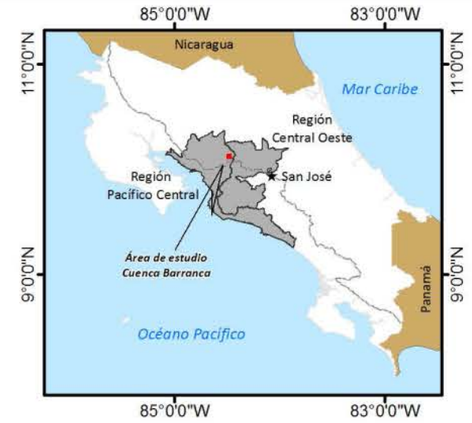
Kfc
0.71

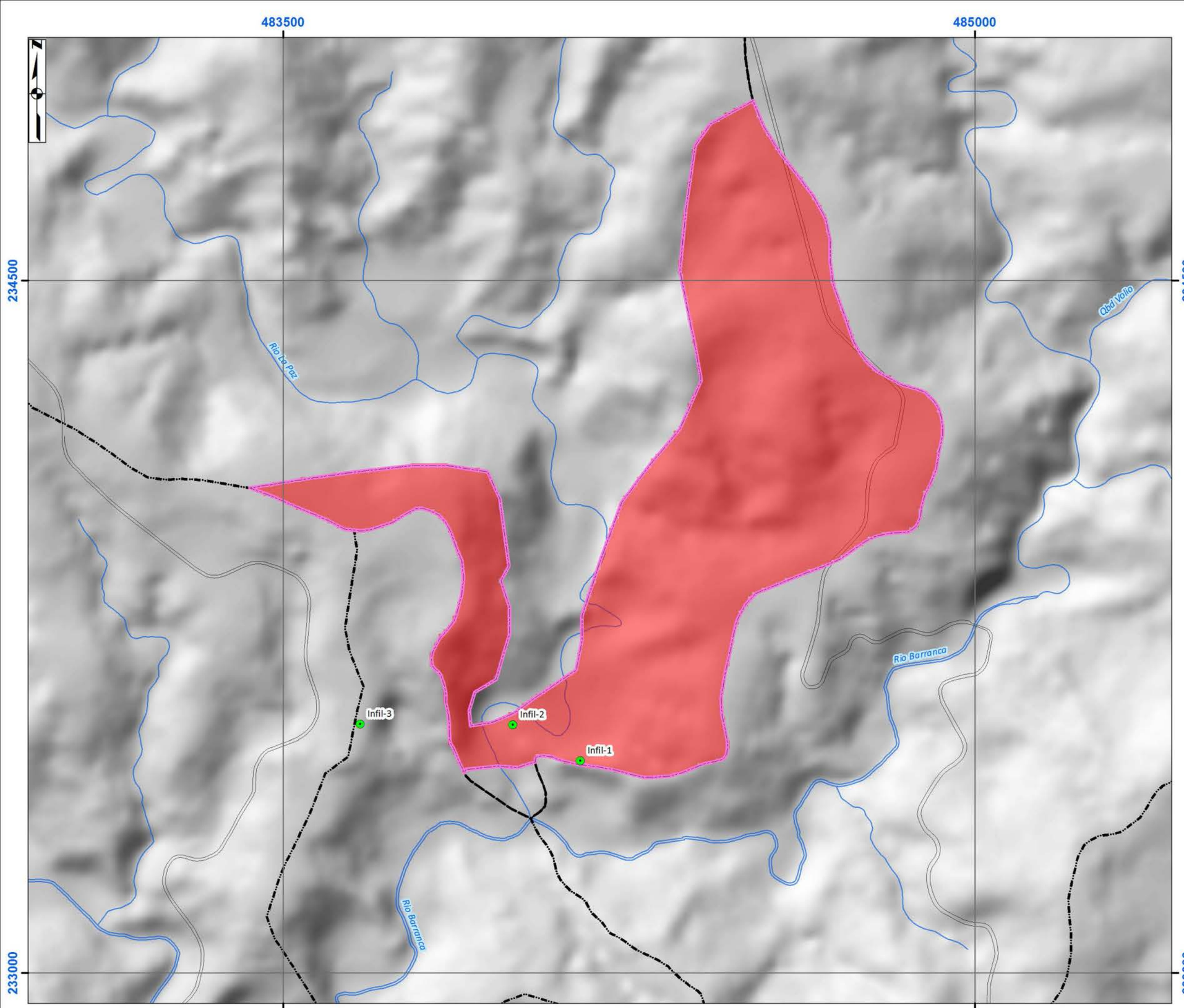
0 125 250 500 m
1:8000.0

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Punto de marchitez permanente del suelo
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

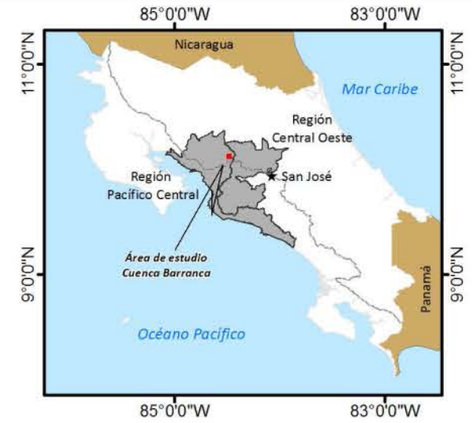
PM (%)
21.92

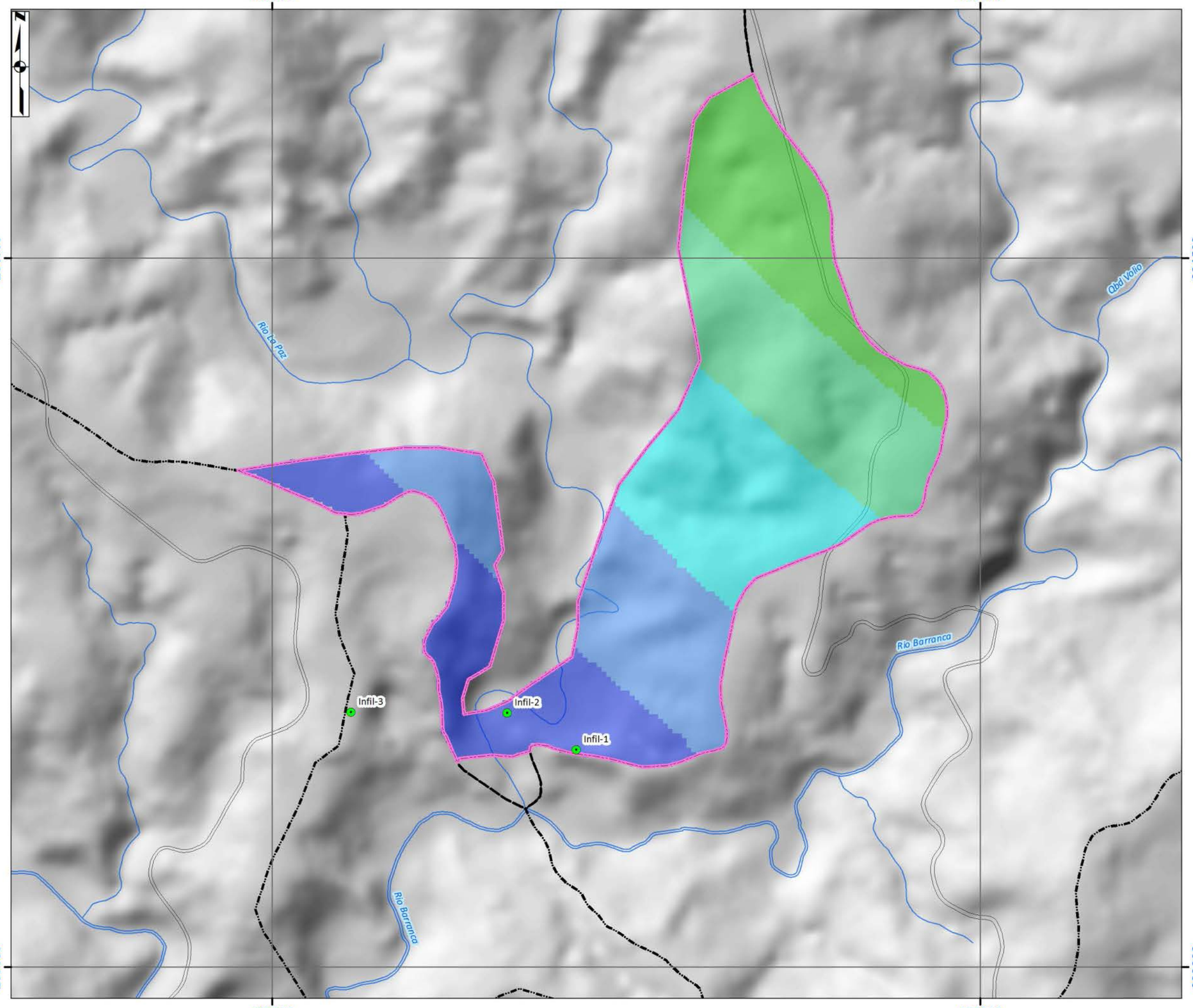
0 125 250 500 m
1:8000.0

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Precipitación anual
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Precipitación anual (mm/mes)

- 2717 - 2730
- 2730 - 2740
- 2740 - 2755
- 2755 - 2767
- 2767 - 2782

0 125 250 500 m

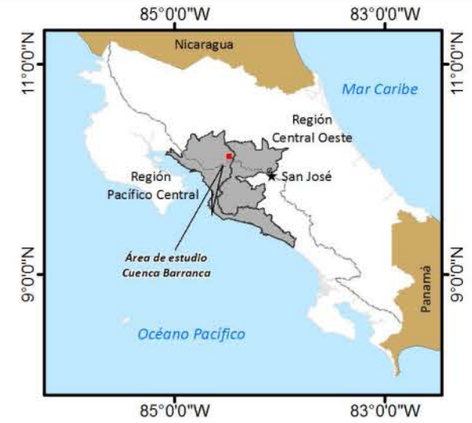
1:8000.0

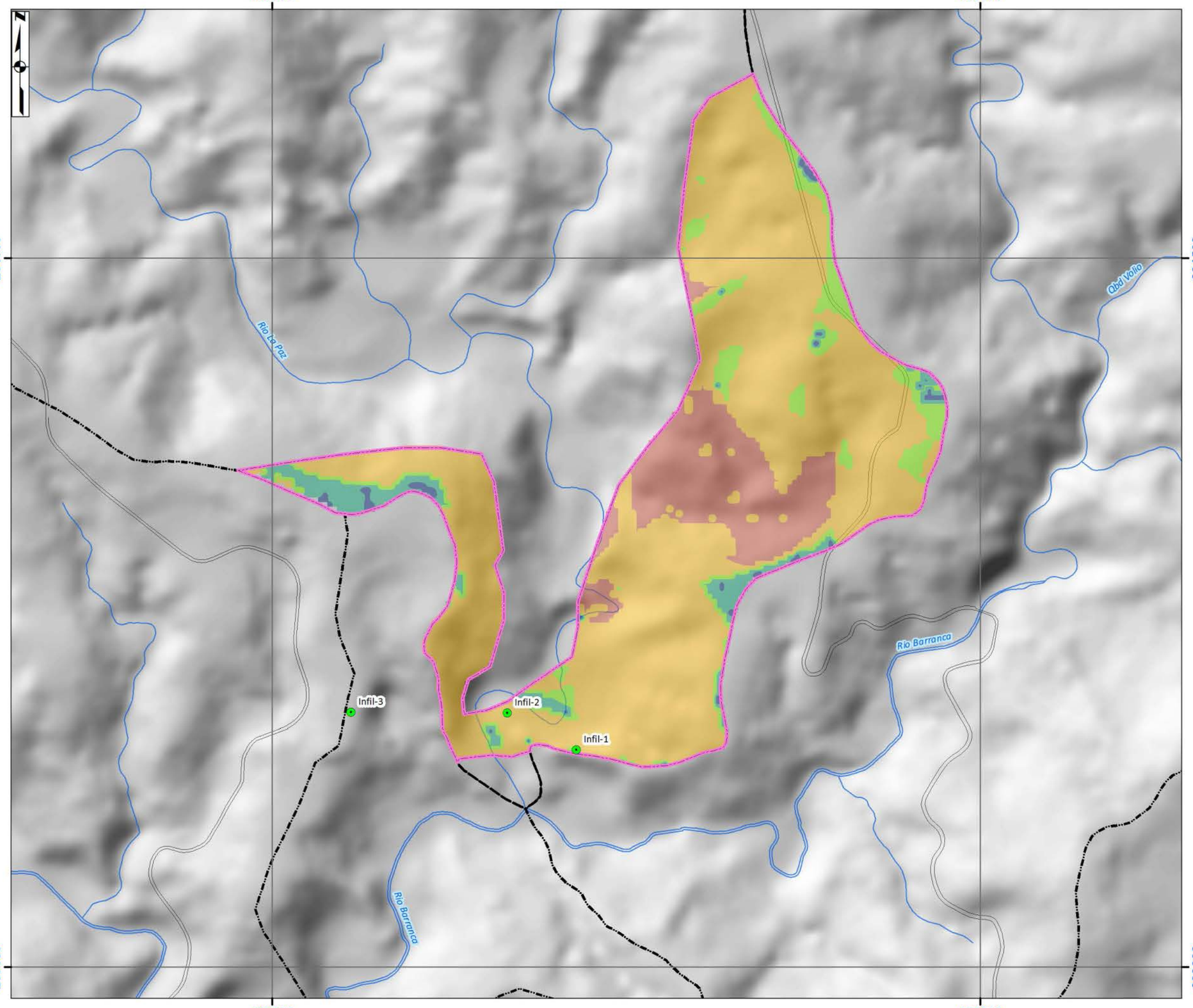
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Recarga potencial total anual
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Recarga potencial (mm/año)

- 1051 - 1065
- 1065 - 1195
- 1195 - 1265
- 1265 - 1335
- 1335 - 1510

0 125 250 500 m

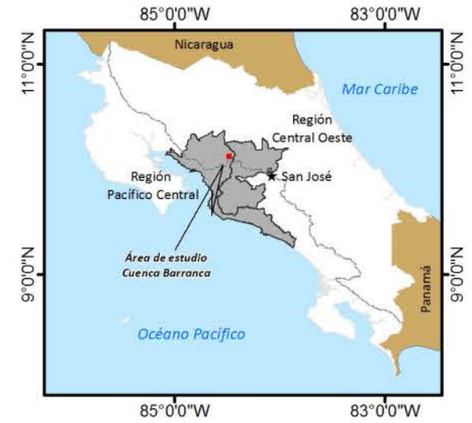
1:8000.0

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.



483500

485000

234500

233000

Río La Paz

Qbd Volio

Río Barranca

Río Barranca

Infil-3

Infil-2

Infil-1

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Retención de lluvia en el follaje total anual
Unidad geológica Toba con Biotita, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba con biotita
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Retención potencial (mm/año)

- 335 - 338
- 338 - 340
- 340 - 343
- 343 - 555
- 555 - 560

0 125 250 500 m

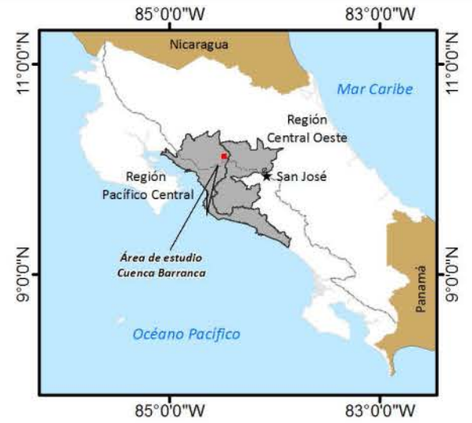
1:8000.0

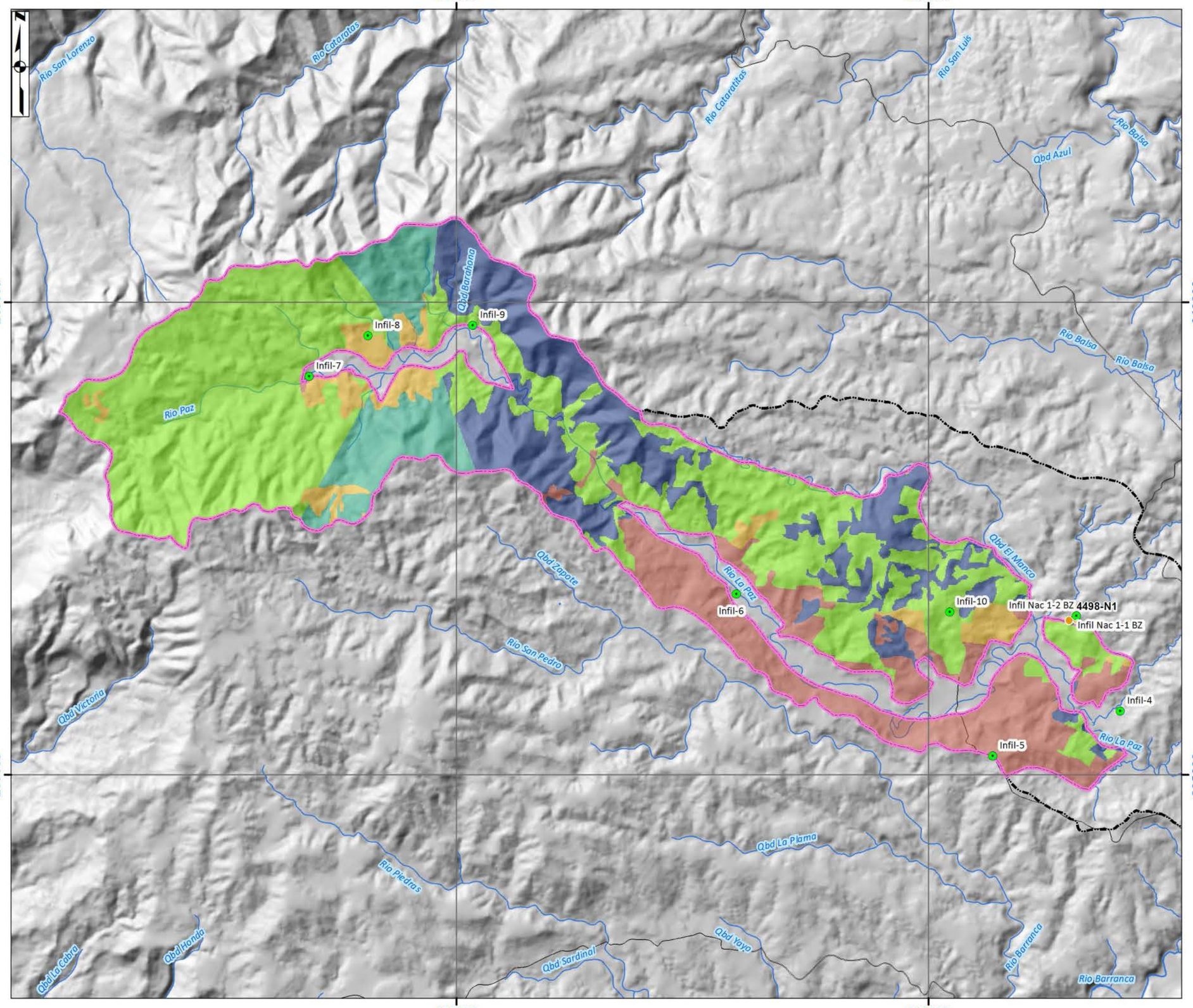
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Agua útil en suelos
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Agua útil (mm)

- 72 - 135
- 135 - 317
- 317 - 384
- 384 - 447
- 447 - 507

0 600 1,200 2,400 m

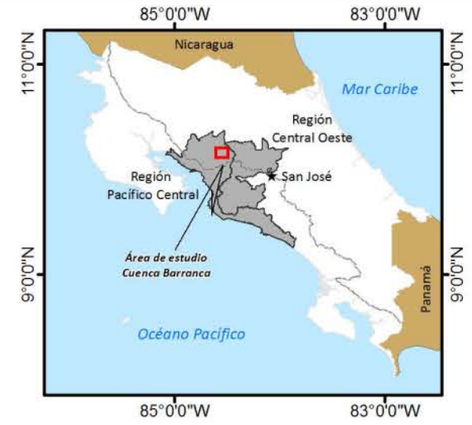
1:40000

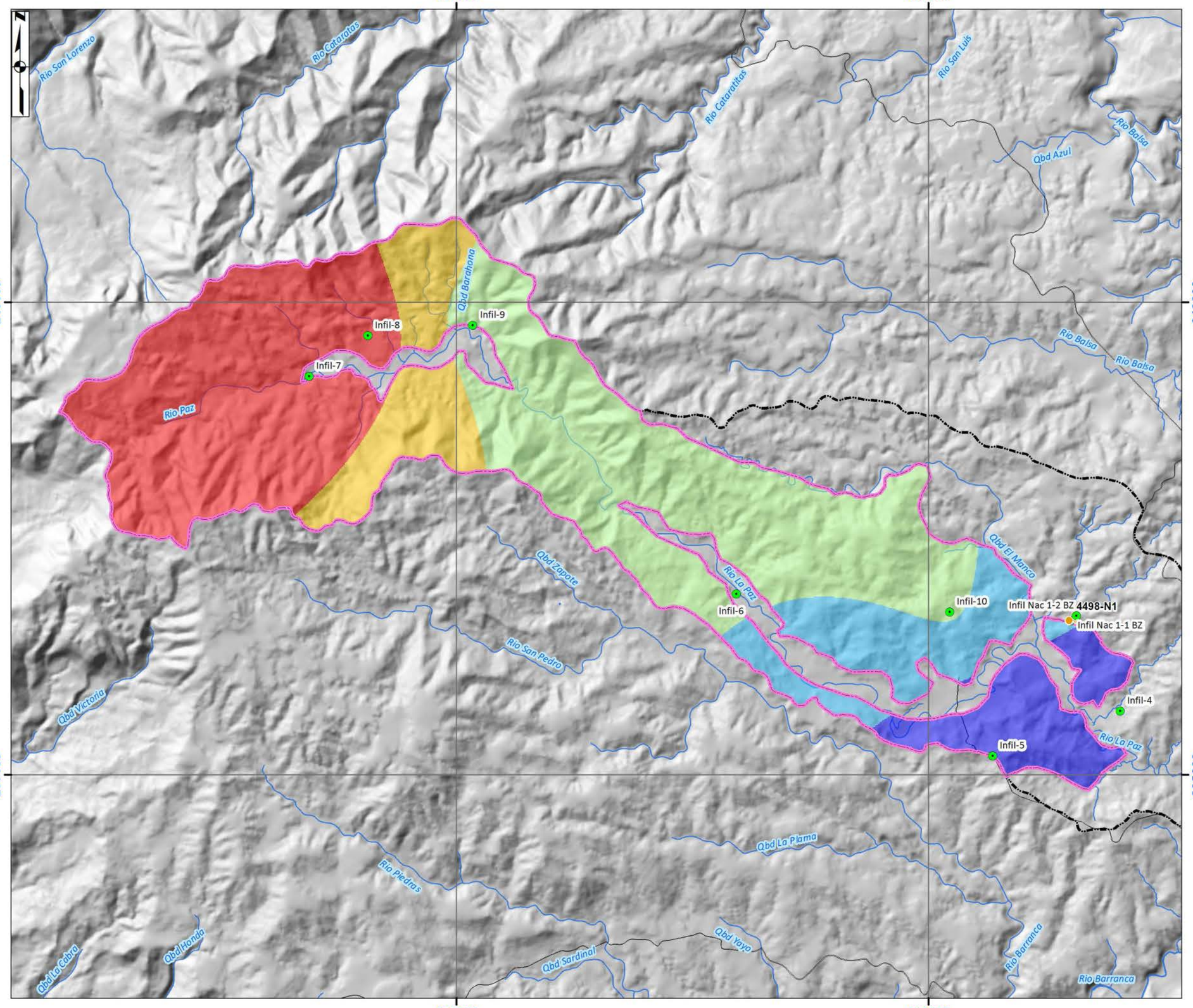
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Capacidad de campo de suelos
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Capacidad de campo (%)

- 34.35 - 35.15
- 35.15 - 36.28
- 36.28 - 37.16
- 37.16 - 37.98
- 37.98 - 39.07

0 600 1,200 2,400 m

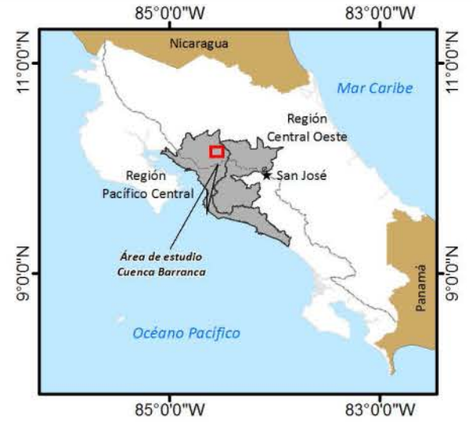
1:40000

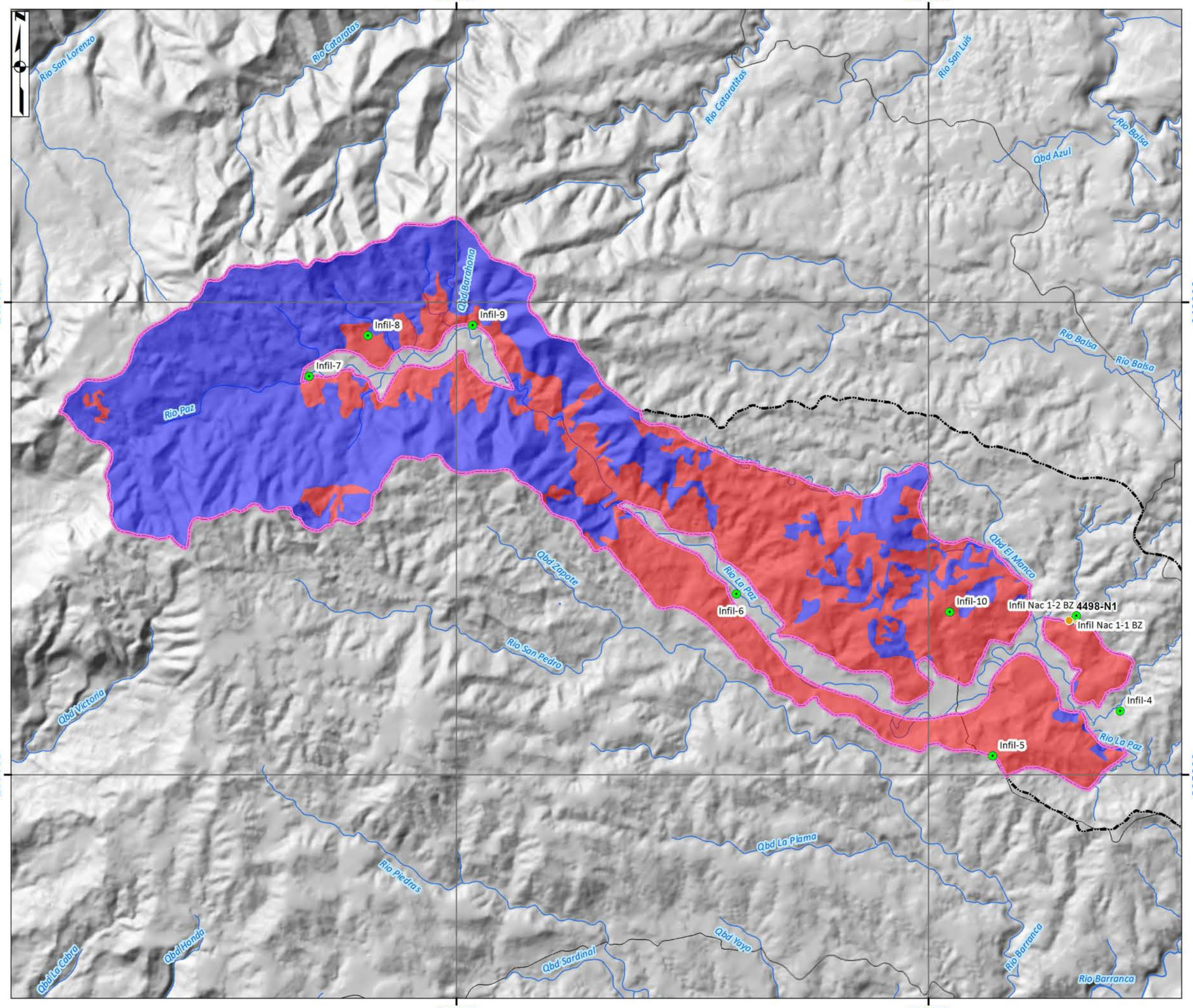
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de follaje
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Cfo

- 0.12
- 0.12 - 0.2

0 600 1,200 2,400 m

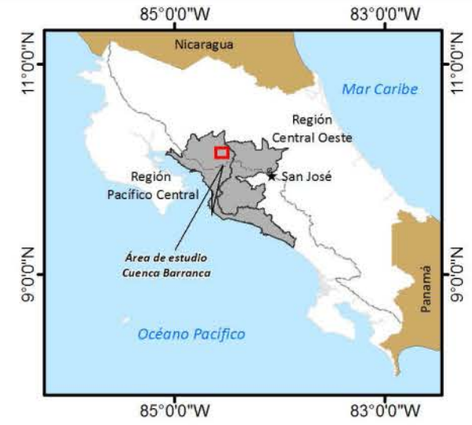
1:40000

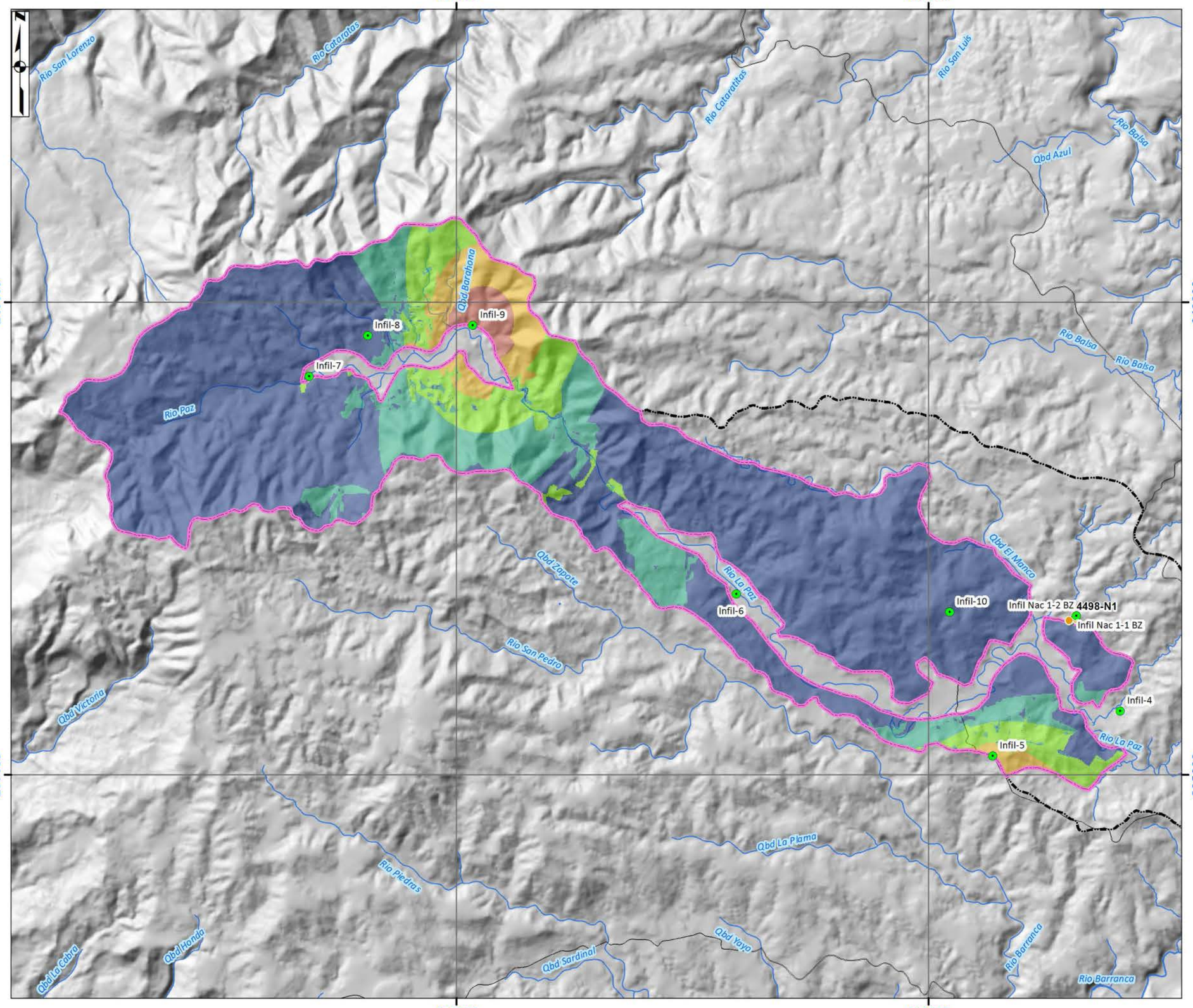
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Coeficiente de infiltración
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Coeficiente de infiltración

- 0.65 - 0.8
- 0.8 - 0.87
- 0.87 - 0.93
- 0.93 - 0.98
- 0.98 - 1

0 600 1,200 2,400 m

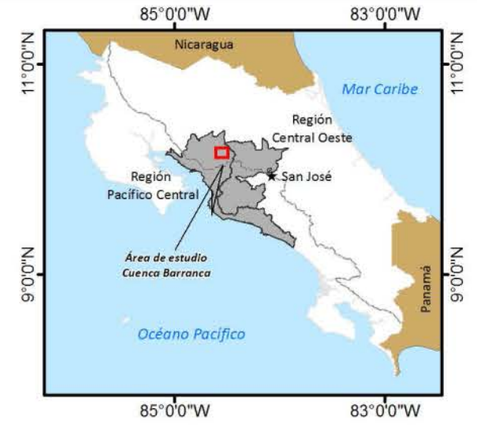
1:40000

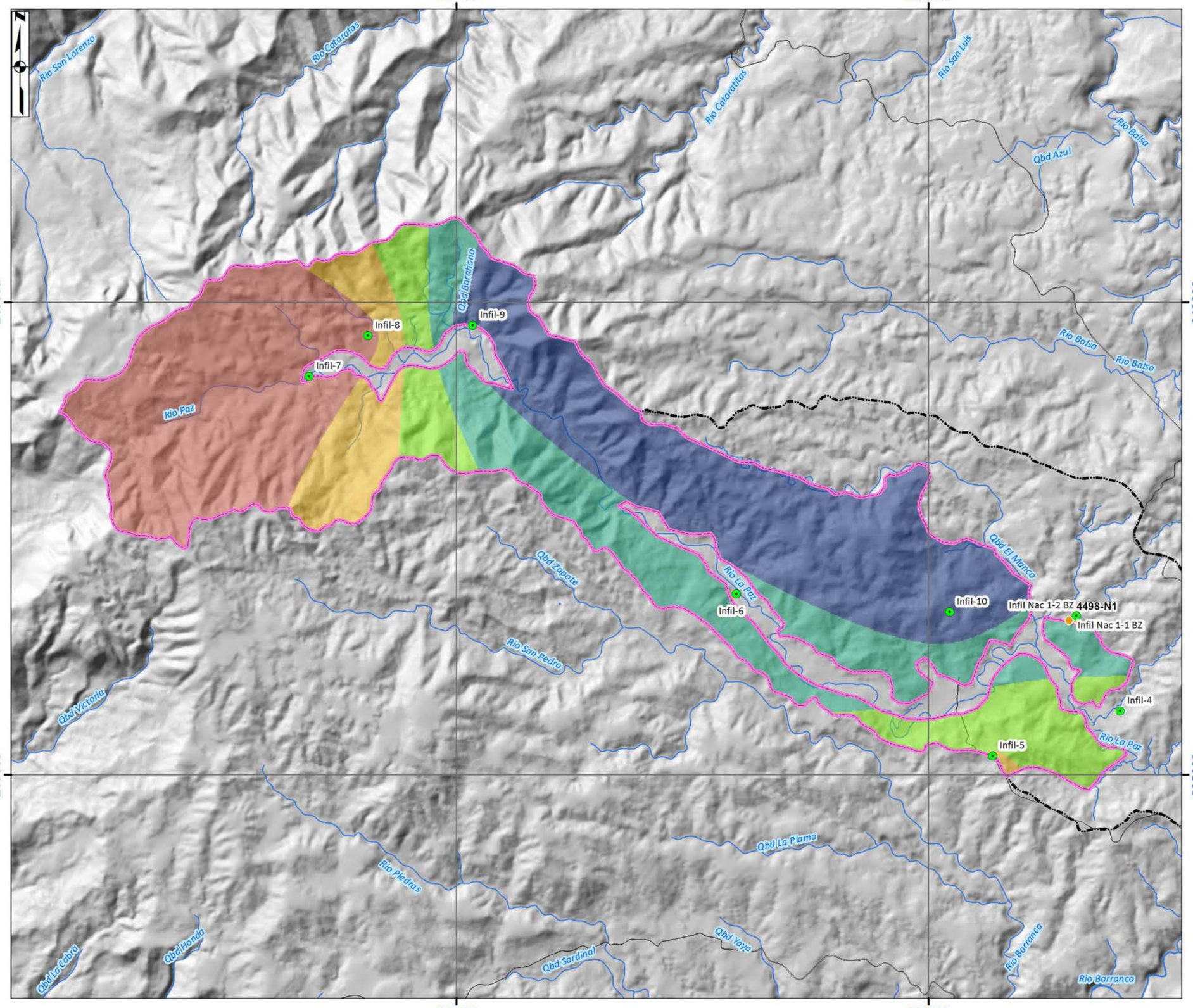
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Densidad aparente de suelos
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Densidad aparente (g/cc)

- 1.05 - 1.08
- 1.08 - 1.12
- 1.12 - 1.17
- 1.17 - 1.21
- 1.21 - 1.25

0 600 1,200 2,400 m

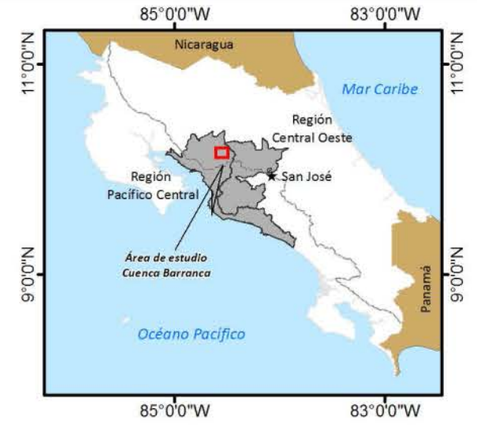
1:40000

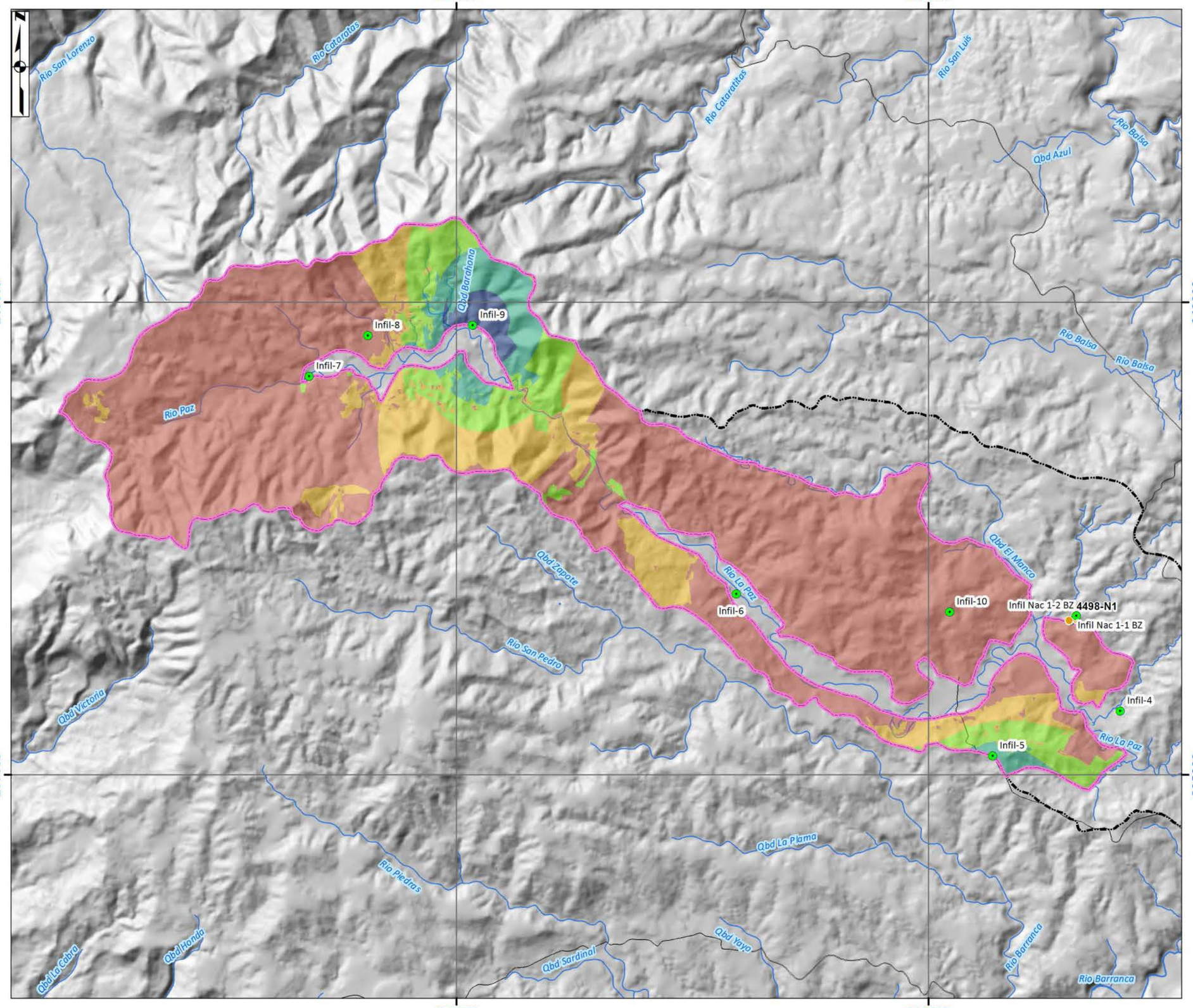
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Escorrentía superficial total anual
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Escorrentía superficial total anual (mm/año)

- 0 - 60
- 60 - 180
- 180 - 330
- 330 - 513
- 513 - 934

0 600 1,200 2,400 m

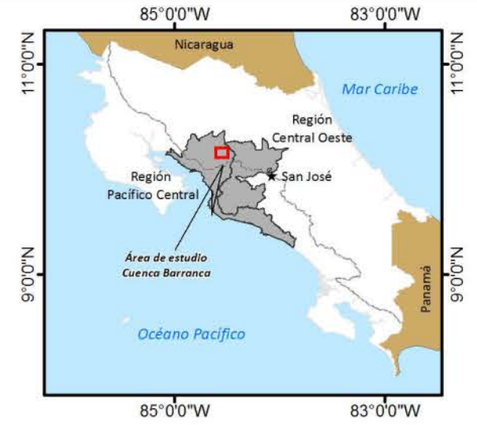
1:40000

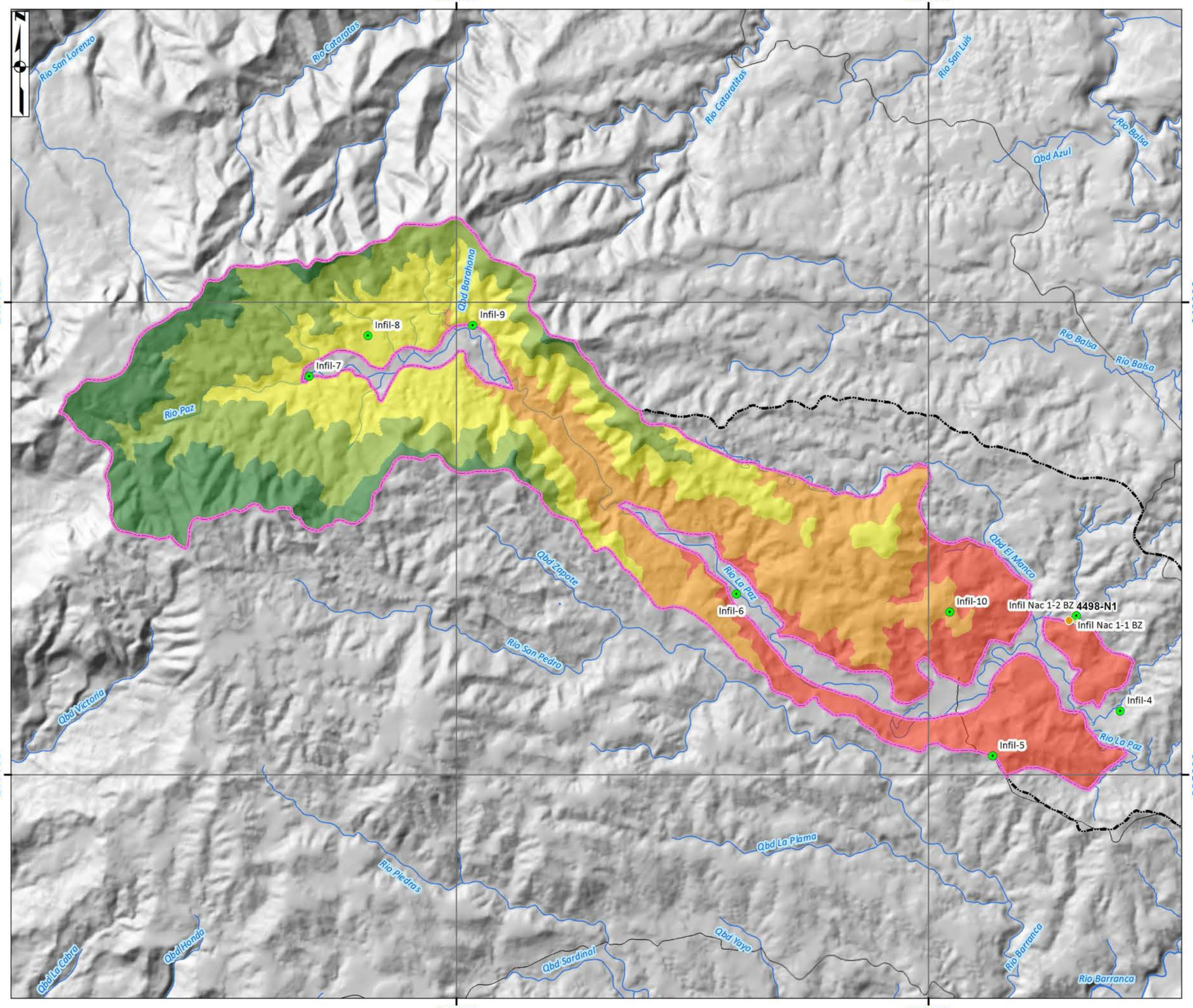
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Evapotranspiración potencial anual
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración anual (mm/mes)

- 1025 - 1087
- 1087 - 1120
- 1120 - 1150
- 1150 - 1180
- 1180 - 1223

0 600 1,200 2,400 m

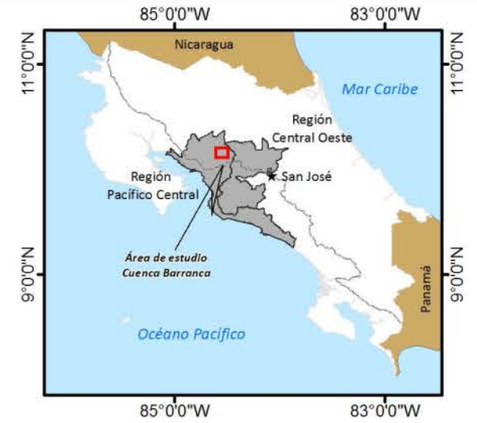
1:40000

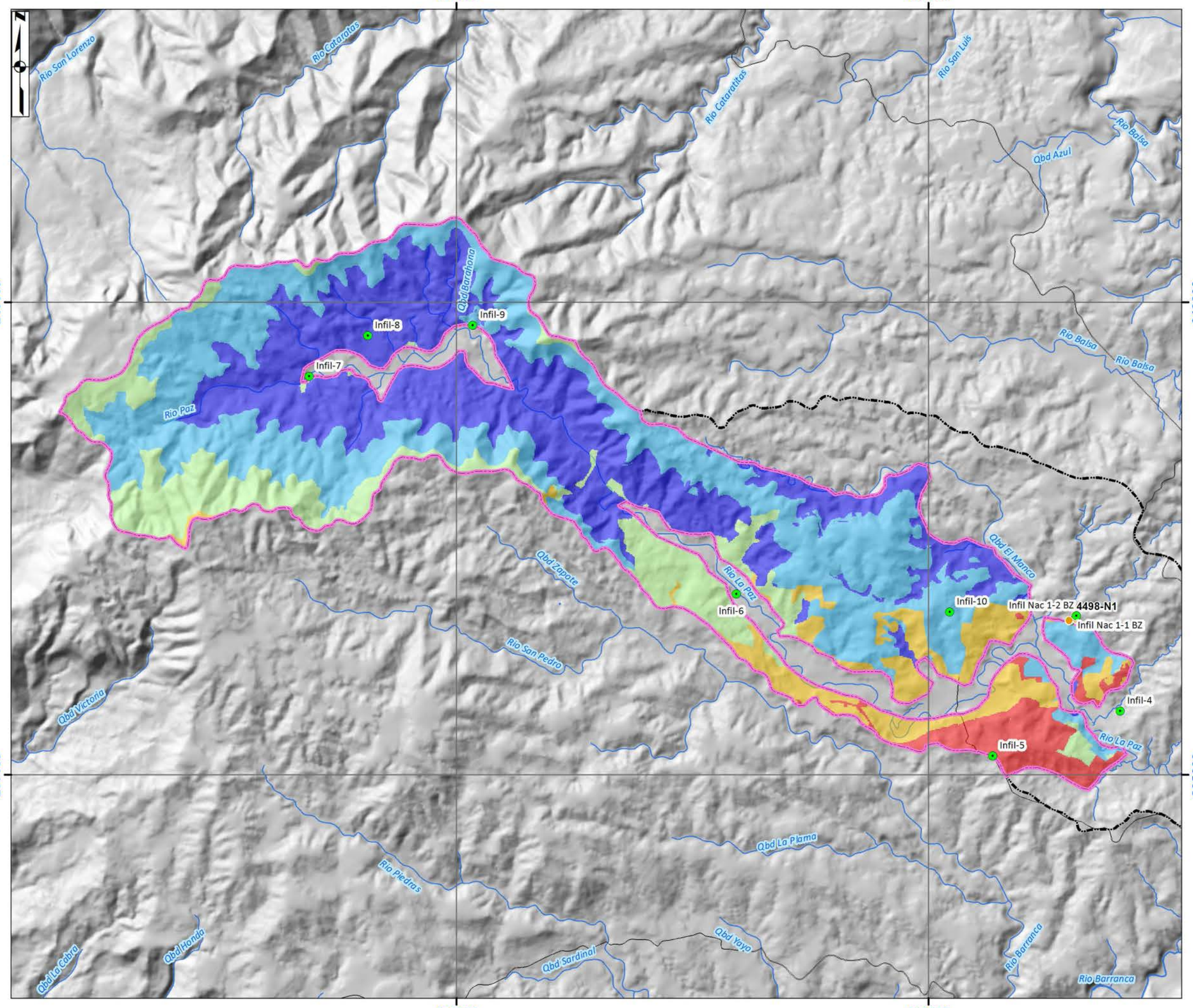
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Evapotranspiración real total anual
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración real (mm/año)

- 894 - 968
- 968 - 1015
- 1015 - 1057
- 1057 - 1087
- 1087 - 1130

0 600 1,200 2,400 m

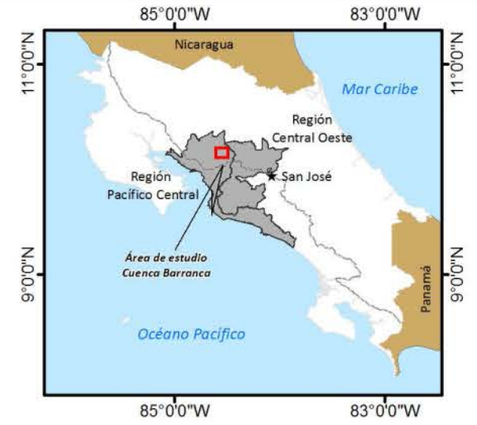
1:40000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.



475000

480000

240000

235000

Rio San Lorenzo
Rio Cataratas
Rio Cataratitas
Rio San Luis
Qbd Azul
Rio Balsa
Qbd Barahona
Infil-8
Infil-9
Infil-7
Rio Paz
Rio Balsa
Rio Balsa
Qbd Zapote
Rio La Paz
Infil-6
Infil-10
Qbd El Manco
Infil Nac 1-2 BZ 4498-N1
Infil Nac 1-1 BZ
Rio San Pedro
Infil-4
Qbd Victoria
Infil-5
Rio La Paz
Qbd La Plama
Rio Piedras
Qbd Honda
Qbd La Cabra
Qbd Sardinal
Qbd Yayo
Rio Barranca
Rio Barranca

475000

480000

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

BCIE

Mapa
Infiltración básica del suelo
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Fc (mm/día)

- 72 - 225
- 222 - 340
- 340 - 470
- 470 - 600
- 600 - 772

0 600 1,200 2,400 m

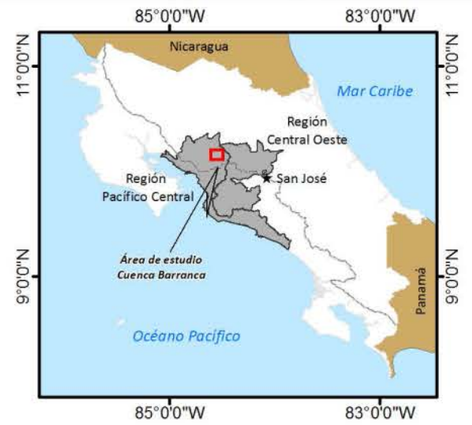
1:40000

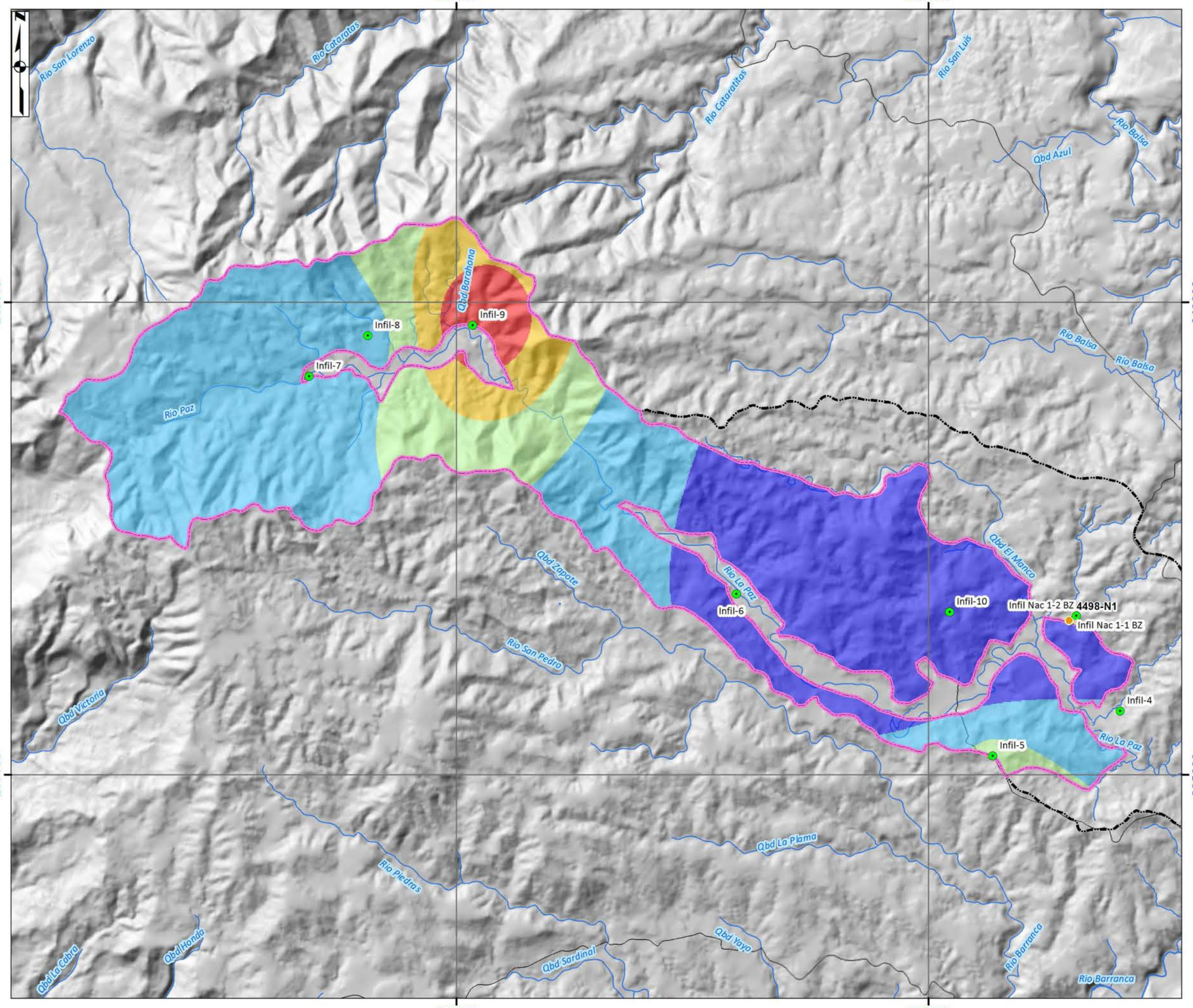
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por textura del suelo Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

kfc

- 0.406 - 0.576
- 0.576 - 0.654
- 0.654 - 0.716
- 0.716 - 0.807
- 0.807 - 0.933

0 600 1,200 2,400 m

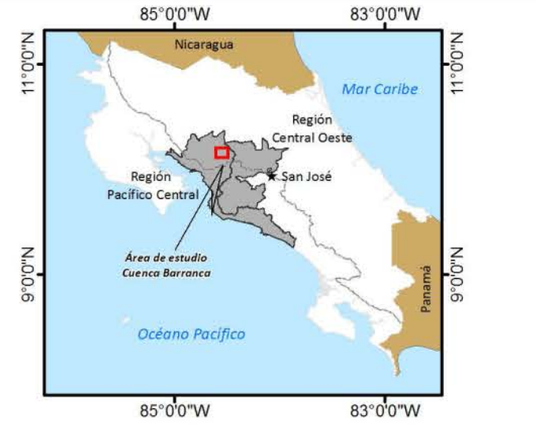
1:40000

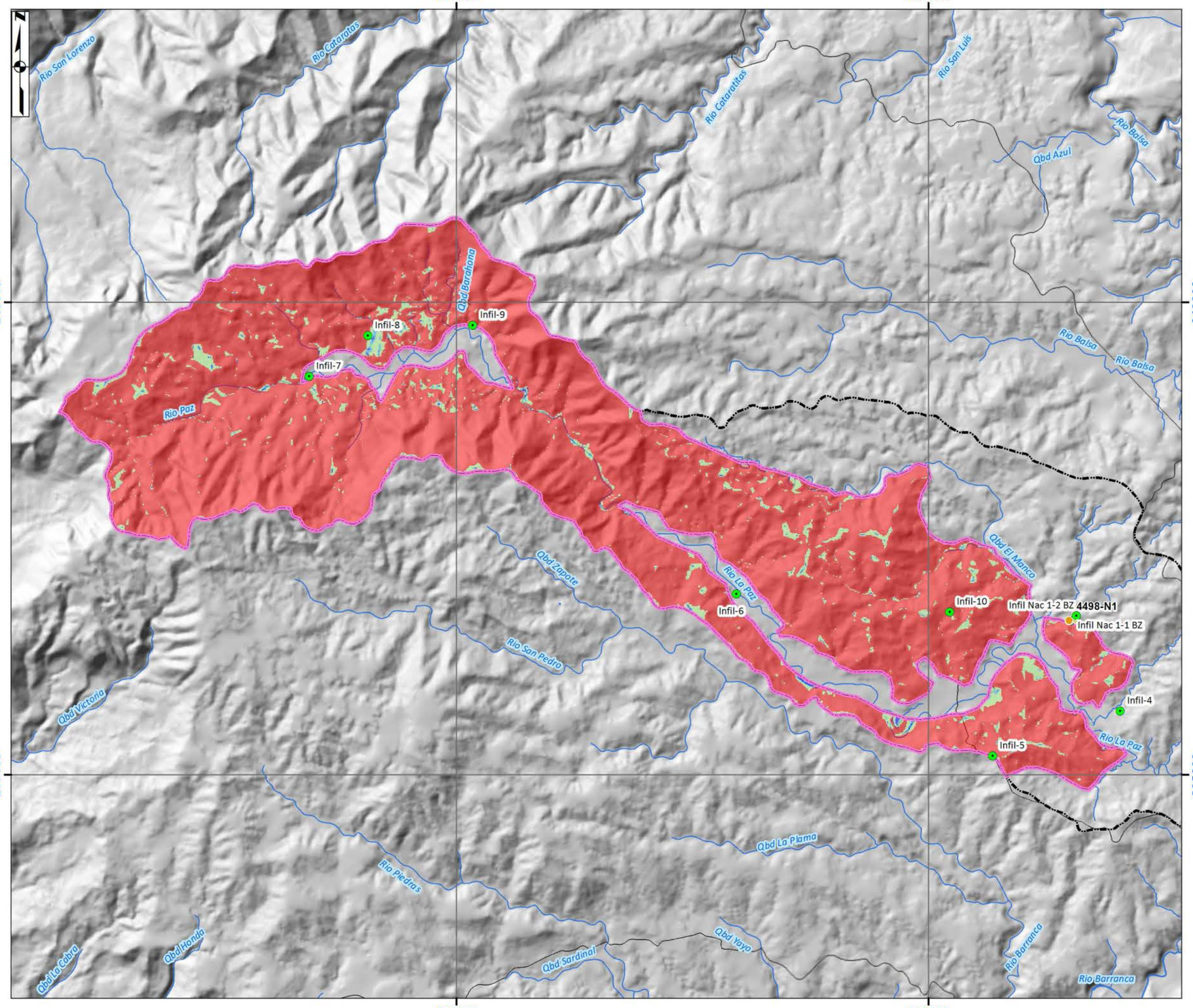
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por efecto de la pendiente
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

kp

- Mayor a 7% (0.06)
- 2% - 7% (0.1)
- 1% - 2% (0.15)
- 0.3% - 0.4% (0.2)
- 0.02% - 0.06% (0.3)

0 600 1,200 2,400 m

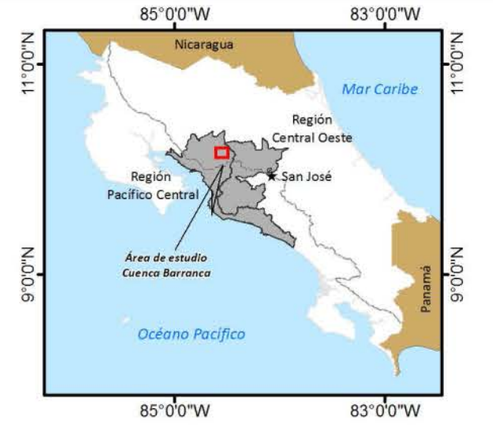
1:40000

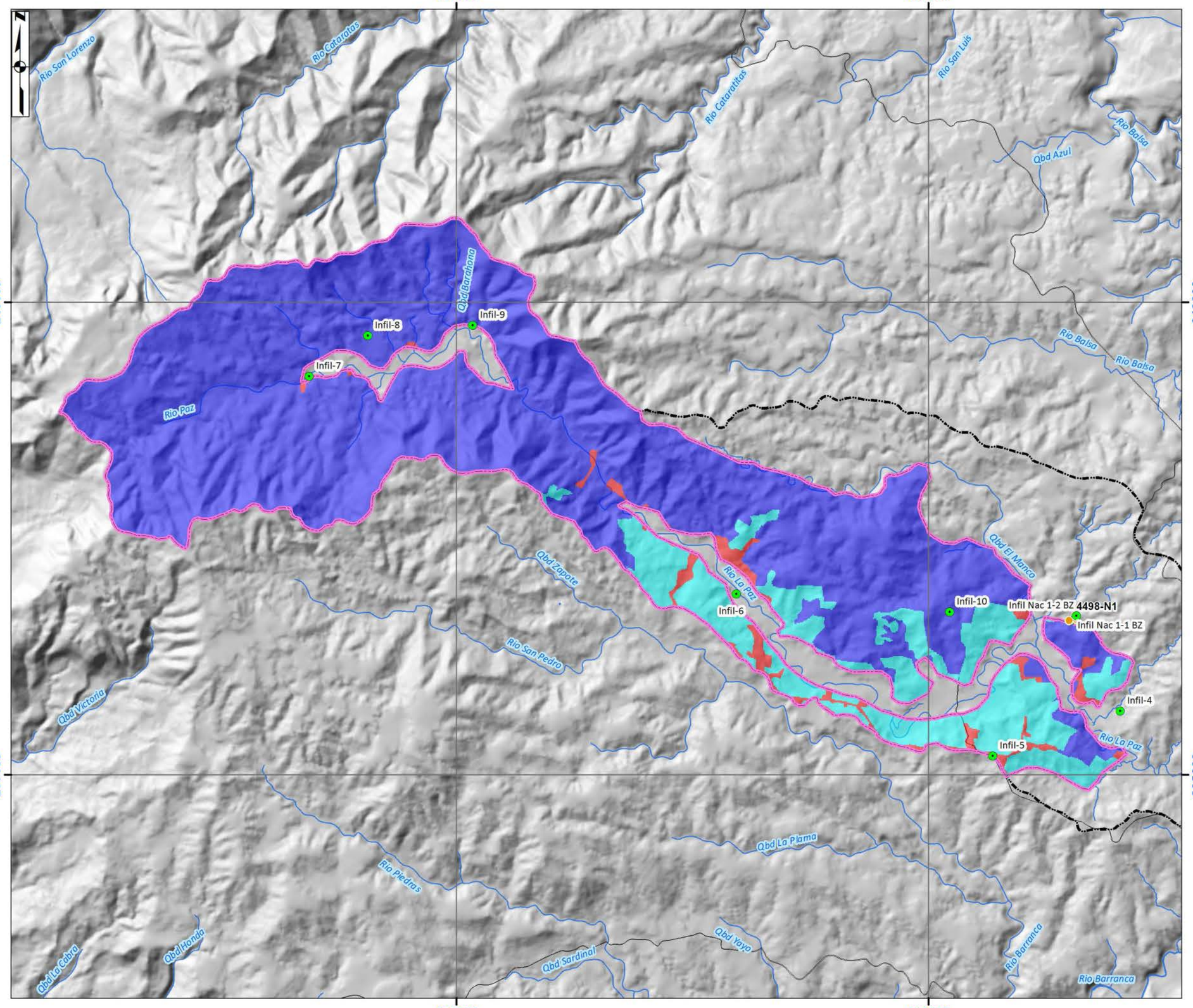
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por efecto de la covertura vegetal
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

kv

- Suelos descubiertos, urbanos y con árboles dispersos (0.09)
- Cultivos (0.1)
- Pastos (0.18)
- Bosques (0.2)

0 600 1,200 2,400 m

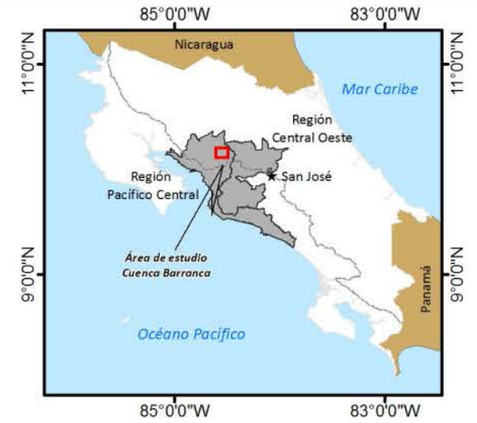
1:40000

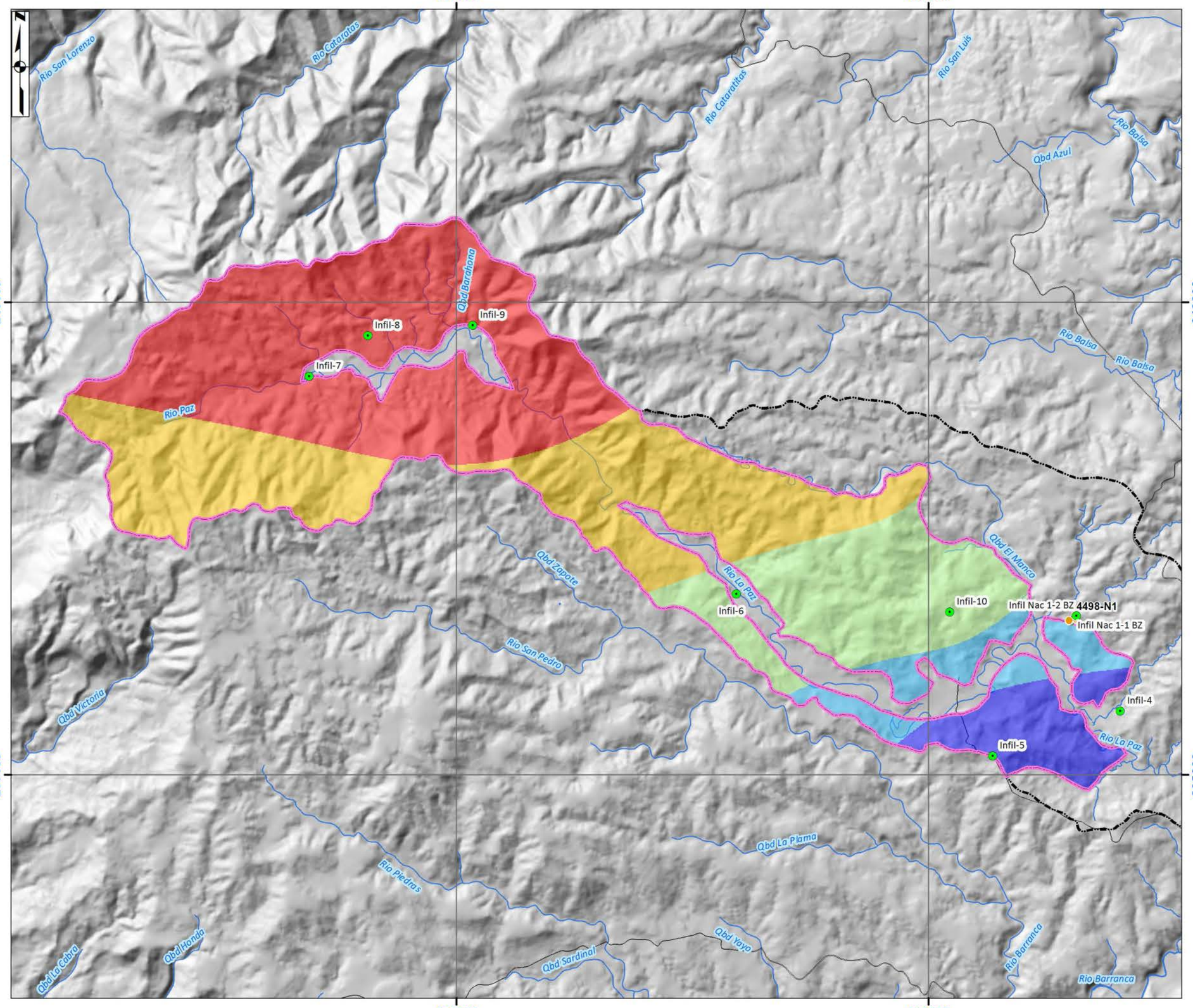
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Punto de marchitez permanente del suelo
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

PM (%)

- 20.68 - 20.93
- 20.93 - 21.24
- 21.24 - 21.6
- 21.6 - 21.95
- 21.95 - 22.34

0 600 1,200 2,400 m

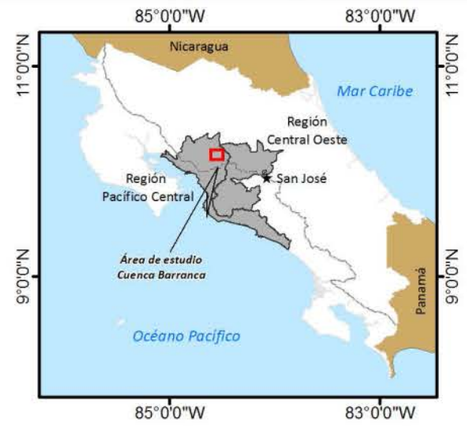
1:40000

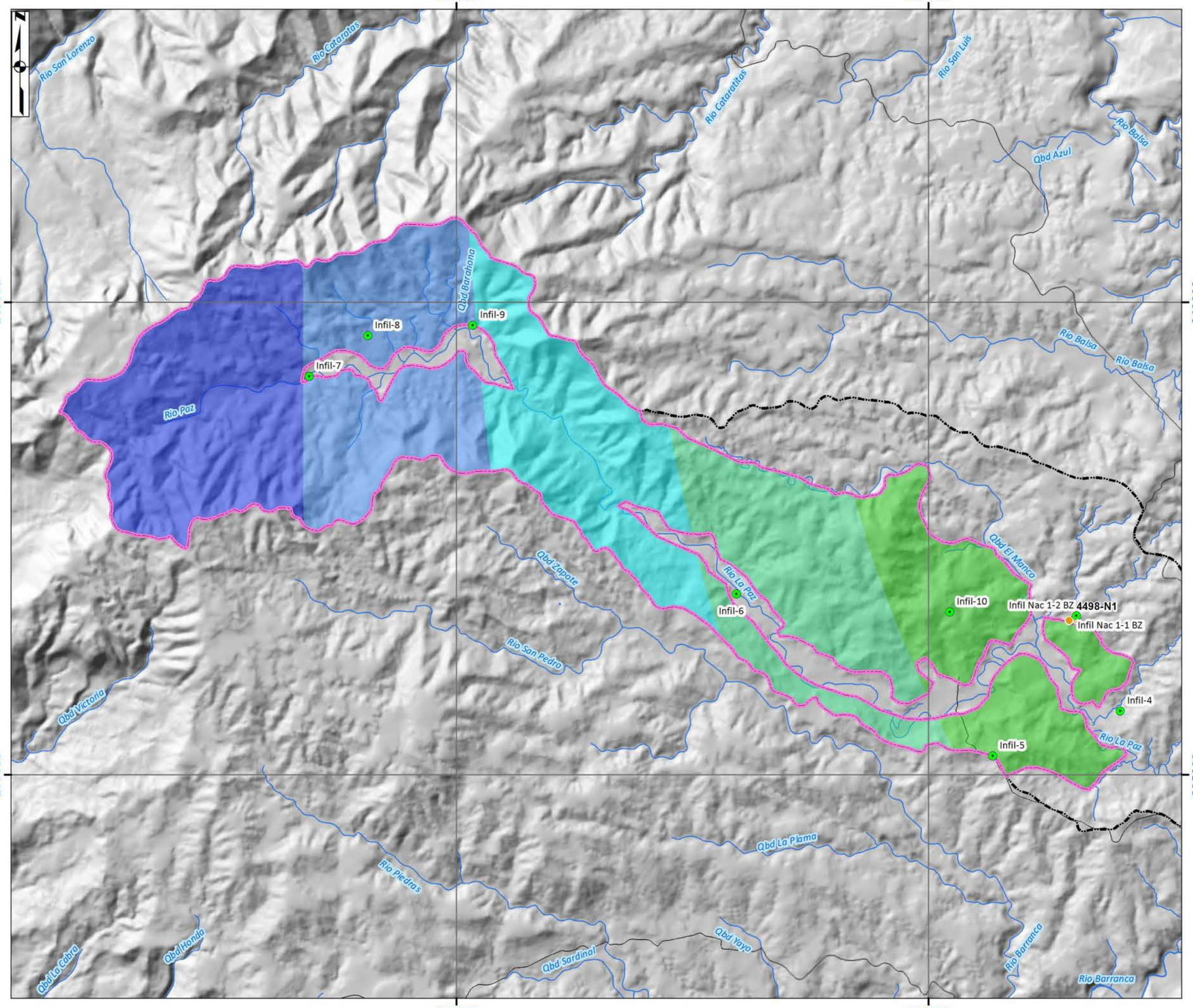
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Precipitación anual
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Precipitación anual (mm/mes)

- 2766 - 2854
- 2854 - 2924
- 2924 - 2997
- 2997 - 3065
- 3065 - 3146

0 600 1,200 2,400 m

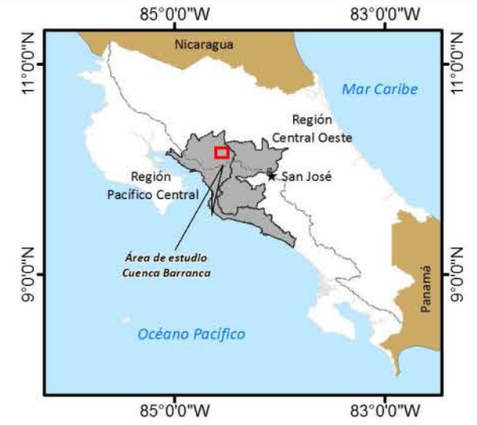
1:40000

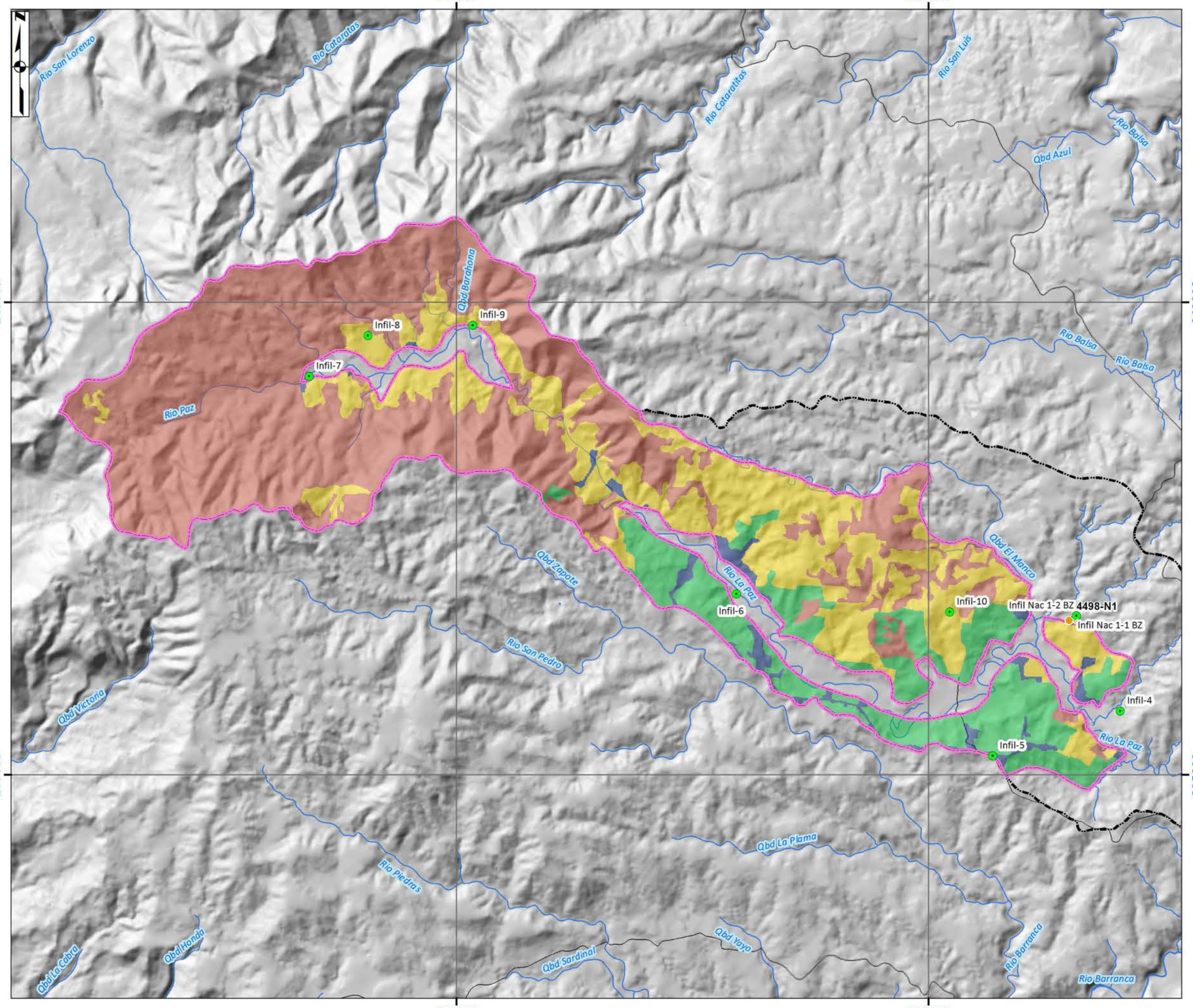
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Profundidad de las raíces
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Profundidad de las raíces (mm)

- Suelo urbano y pastos (500)
- Cultivos (700)
- Pastos con árboles dispersos (1800)
- Bosques (2500)

0 600 1,200 2,400 m

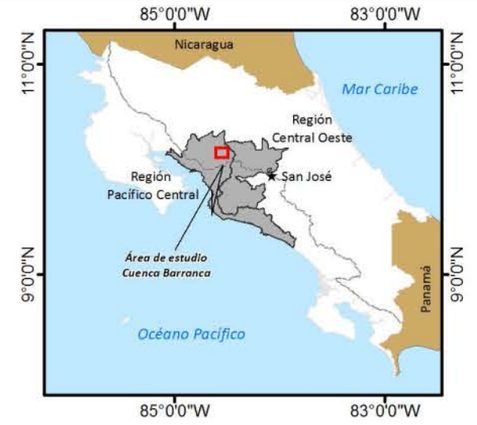
1:40000

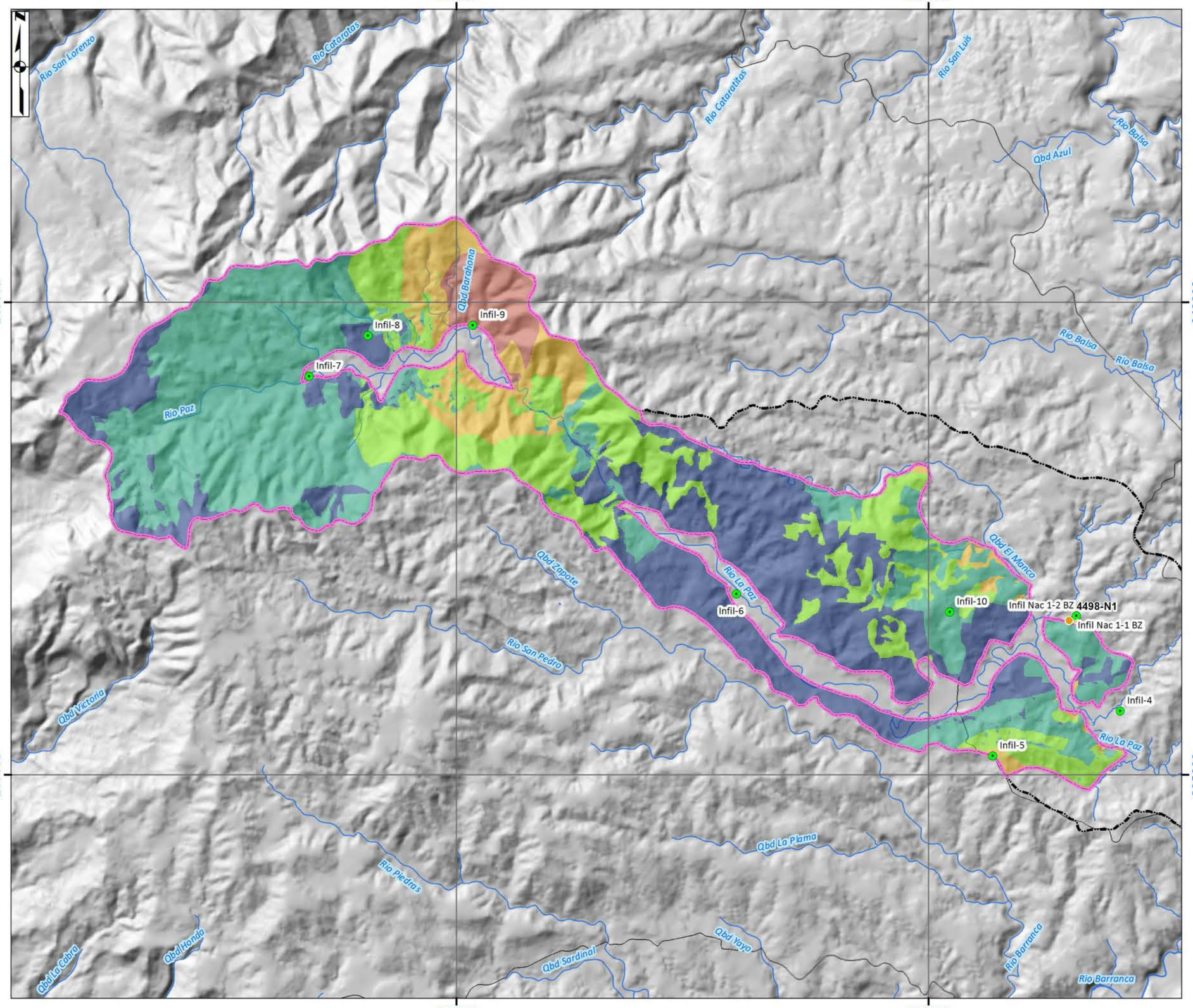
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Recarga potencial total anual
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Recarga potencial (mm/año)

- 577 - 970
- 970 - 1158
- 1158 - 1306
- 1306 - 1435
- 1435 - 1718

0 600 1,200 2,400 m

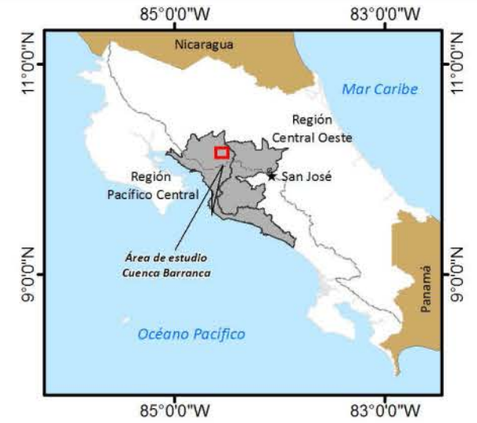
1:40000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Retención de lluvia en el follaje total anual
Unidad geológica Monteverde, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Monteverde
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Retención potencial (mm/año)

- 337 - 350
- 350 - 375
- 375 - 580
- 580 - 605
- 605 - 630

0 600 1,200 2,400 m

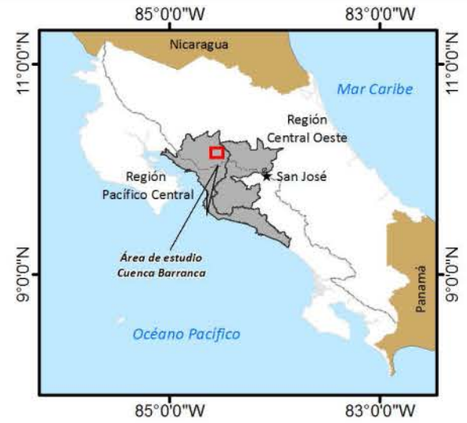
1:40000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica,
MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.



480000
485000
240000
235000
N
Rio Balsa
Rio Silencio
Qbd Plato
Rio La Paz
Infil-6
Qbd Zapote
Rio San Pedro
Infil-10
Qbd El Manco
Infil Nac 1-2 BZ
4498-N1
Infil Nac 1-1 BZ
Rio Silencio
Qbd Estero
Infil Nac 2-2 BZ
4498-N2
Infil Nac 2-1 BZ
Infil-4
Infil-5
Qbd La Plama
Rio La Paz
Qbd Volio
Rio Barranca
Infil-3
Infil-2
Infil-1
Rio Barranca
Qbd Sardinal
Rio Piedras
Qbd Ivyo
Qbd Domingo
480000
485000

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Agua útil en suelos
Unidad geológica Toba lítica, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Agua útil (mm)

- 95 - 150
- 150 - 370
- 370 - 395
- 395 - 500
- 500 - 535

0 462.5 925 1,850 m

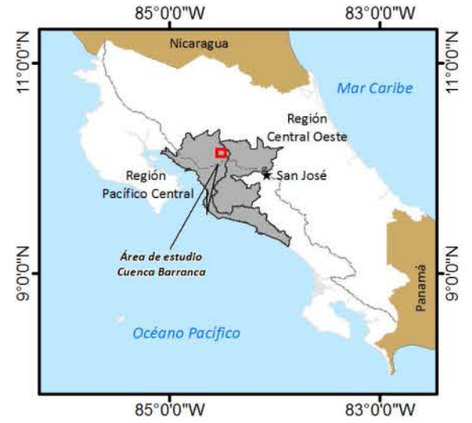
1:30000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



480000

485000

240000

235000

Rio Balsa

Rio Silencio

Qbd Plato

Qbd El Manco

Rio La Paz

Infil-6

Infil-10

Infil Nac 1-2 BZ 4498-N1

Infil Nac 1-1 BZ

Qbd Zapote

Rio San Pedro

Infil Nac 2-2 BZ 4498-N2

Infil Nac 2-1 BZ

Infil-4

Infil-5

Qbd Estero

Qbd La Plama

Rio Barranca

Infil-3

Infil-2

Infil-1

Qbd Volio

Qbd Sardinal

Rio Piedras

Qbd Yoya

Qbd Domingo

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Capacidad de campo de suelos
Unidad geológica Toba lítica, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Capacidad de campo (%)

- 38.4 - 38.84
- 38.84 - 39.42
- 39.42 - 39.93
- 39.93 - 40.45
- 40.45 - 41.57

0 462.5 925 1,850 m

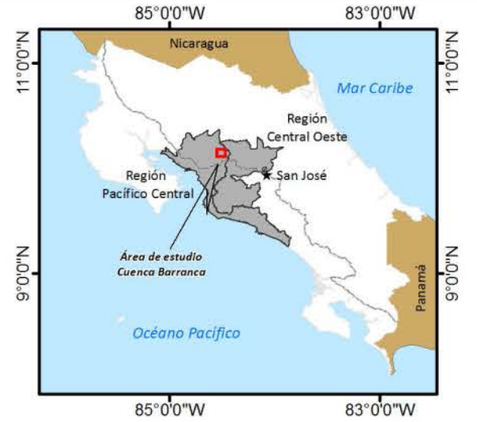
1:30000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.



480000

485000

240000

235000

Rio Balsa

Rio Silencio

Qbd Plato

Rio La Paz

Infil-6

Qbd Zapote

Rio San Pedro

Infil-10

Qbd El Manco

Infil Nac 1-2 BZ

4498-N1

Infil Nac 1-1 BZ

Rio Silencio

Qbd Estero

Infil Nac 2-2 BZ

4498-N2

Infil Nac 2-1 BZ

Infil-4

Infil-5

Qbd La Plama

Rio La Paz

Qbd Volio

Rio Barranca

Infil-3

Infil-2

Infil-1

Rio Barranca

Rio Piedras

Qbd Sardinal

Qbd Ivayo

Qbd Domingo

480000

485000

240000

235000

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

BCIE

Mapa
Coeficiente de infiltración
Unidad geológica Toba lítica, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Coeficiente de infiltración

- 0.15 - 0.41
- 0.41 - 0.63
- 0.63 - 0.79
- 0.79 - 0.93
- 0.93 - 1

0 462.5 925 1,850 m

1:30000

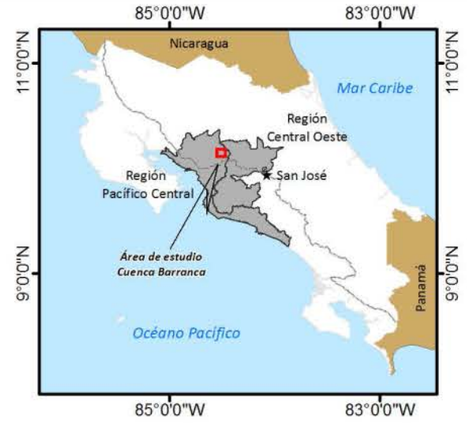
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por:

HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.



480000
485000
240000
235000
N
Rio Balsa
Rio Silencio
Qbd Plato
Rio La Paz
Infil-6
Qbd Zapote
Rio San Pedro
Infil-10
Qbd El Manco
Infil Nac 1-2 BZ
4498-N1
Infil Nac 1-1 BZ
Rio Silencio
Qbd Estero
Infil Nac 2-2 BZ
4498-N2
Infil Nac 2-1 BZ
Infil-4
Infil-5
Qbd La Plama
Rio La Paz
Qbd Volio
Rio Barranca
Infil-3
Infil-2
Infil-1
Qbd Sardinal
Rio Piedras
Qbd Ivayo
Rio Barranca
Qbd Domingo

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Densidad aparente de suelos
Unidad geológica Toba lítica, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Densidad aparente (g/cc)

- 1.03 - 1.13
- 1.13 - 1.15
- 1.15 - 1.18
- 1.18 - 1.21
- 1.21 - 1.29

0 462.5 925 1,850 m

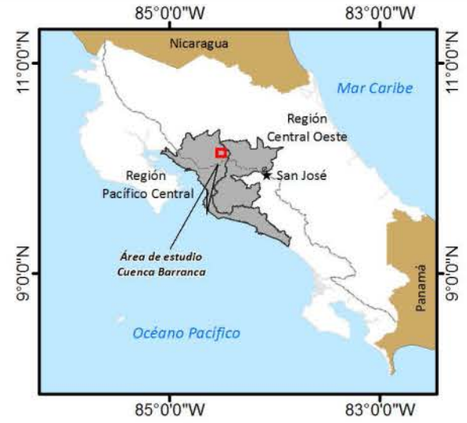
1:30000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



480000
485000
240000
235000

Rio Balsa
Rio Silencio
Qbd Plato
Qbd El Manco
Rio La Paz
Infil-6
Infil-10
Infil Nac 1-2 BZ 4498-N1
Infil Nac 1-1 BZ
Rio Silencio
Qbd Zapote
Rio San Pedro
Qbd Estero
Infil Nac 2-2 BZ 4498-N2
Infil Nac 2-1 BZ
Infil-4
Infil-5
Qbd La Plama
Rio La Paz
Rio Barranca
Infil-3
Infil-2
Infil-1
Qbd Volio
Rio Barranca
Qbd Sardinal
Rio Piedras
Qbd Ivayo
Qbd Domingo

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Escorrentía superficial total anual
Unidad geológica Toba lítica, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Escorrentía superficial total anual (mm/año)

- 0 - 160
- 160 - 480
- 480 - 870
- 870 - 1390
- 1390 - 2040

0 462.5 925 1,850 m

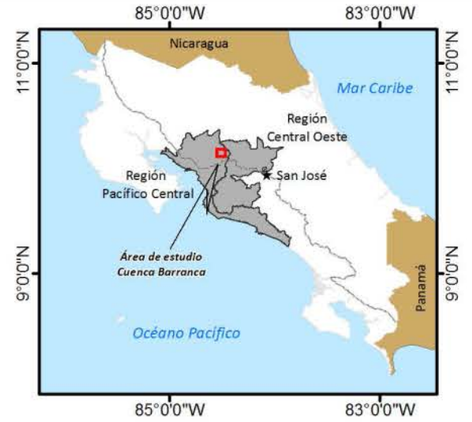
1:30000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



480000
485000
240000
235000

Rio Balsa
Rio Silencio
Qbd Plato
Rio La Paz
Infil-6
Qbd Zapote
Rio San Pedro
Infil-10
Qbd El Manco
Infil Nac 1-2 BZ
4498-N1
Infil Nac 1-1 BZ
Rio Silencio
Qbd Estero
Infil Nac 2-2 BZ
4498-N2
Infil Nac 2-1 BZ
Infil-4
Infil-5
Qbd La Plama
Rio La Paz
Qbd Volio
Rio Barranca
Infil-3
Infil-2
Infil-1
Rio Barranca
Qbd Sardinal
Rio Piedras
Qbd Yayo
Qbd Domingo

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Evapotranspiración potencial anual
Unidad geológica Toba lítica, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración anual (mm/mes)

- 1101 - 1150
- 1150 - 1175
- 1175 - 1190
- 1190 - 1210
- 1210 - 1237

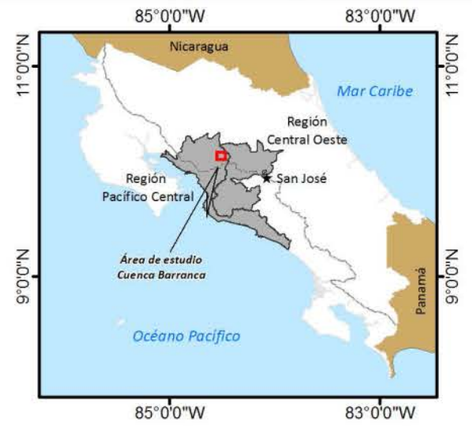
0 462.5 925 1,850 m

1:30000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.



480000

485000

240000

235000

Rio Balsa

Rio Silencio

Qbd Plato

Rio La Paz

Infil-6

Qbd Zapote

Rio San Pedro

Infil-10

Qbd El Manco

Infil Nac 1-2 BZ

4498-N1

Infil Nac 1-1 BZ

Rio Silencio

Qbd Estero

Infil Nac 2-2 BZ

4498-N2

Infil Nac 2-1 BZ

Infil-4

Infil-5

Qbd La Plama

Rio La Paz

Qbd Volio

Rio Barranca

Infil-3

Infil-2

Infil-1

Rio Barranca

Qbd Sardinal

Rio Piedras

Qbd Ivyo

Qbd Domingo

480000

485000

240000

235000

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

BCIE

Mapa
Evapotranspiración potencial anual
Unidad geológica Toba lítica, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Evapotranspiración real (mm/año)

- 425 - 615
- 615 - 820
- 820 - 925
- 925 - 1010
- 1010 - 1115

0 462.5 925 1,850 m

1:30000

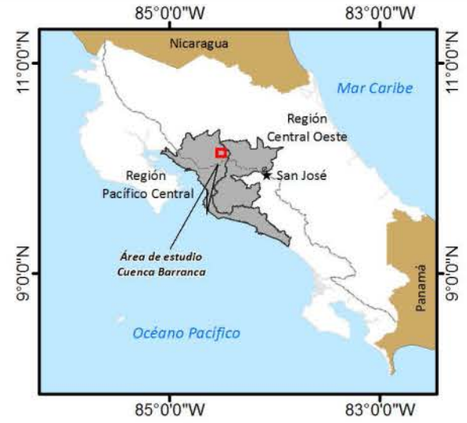
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por:

HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.



480000

485000

240000

235000

Rio Balsa

Rio Silencio

Qbd Plato

Rio La Paz

Infil-6

Qbd Zapote

Rio San Pedro

Infil-10

Qbd El Manco

Infil Nac 1-2 BZ 4498-N1

Infil Nac 1-1 BZ

Rio Silencio

Qbd Estero

Infil Nac 2-2 BZ 4498-N2

Infil Nac 2-1 BZ

Infil-4

Infil-5

Qbd La Plama

Rio La Paz

Qbd Volio

Rio Barranca

Infil-3

Infil-2

Infil-1

Rio Barranca

Qbd Sardinal

Rio Piedras

Qbd Volio

Qbd Domingo

480000

485000

240000

235000

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

BCIE

Mapa
Infiltración básica del suelo
Unidad geológica Toba lítica, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Fc (mm/día)

- 0 - 200
- 201 - 645
- 646 - 1120
- 1121 - 1380
- 1381 - 1605

0 462.5 925 1,850 m

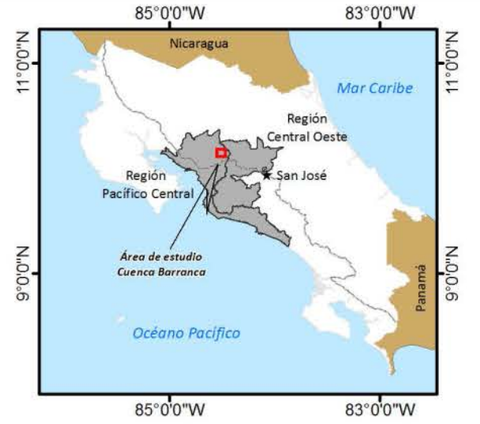
1:30000

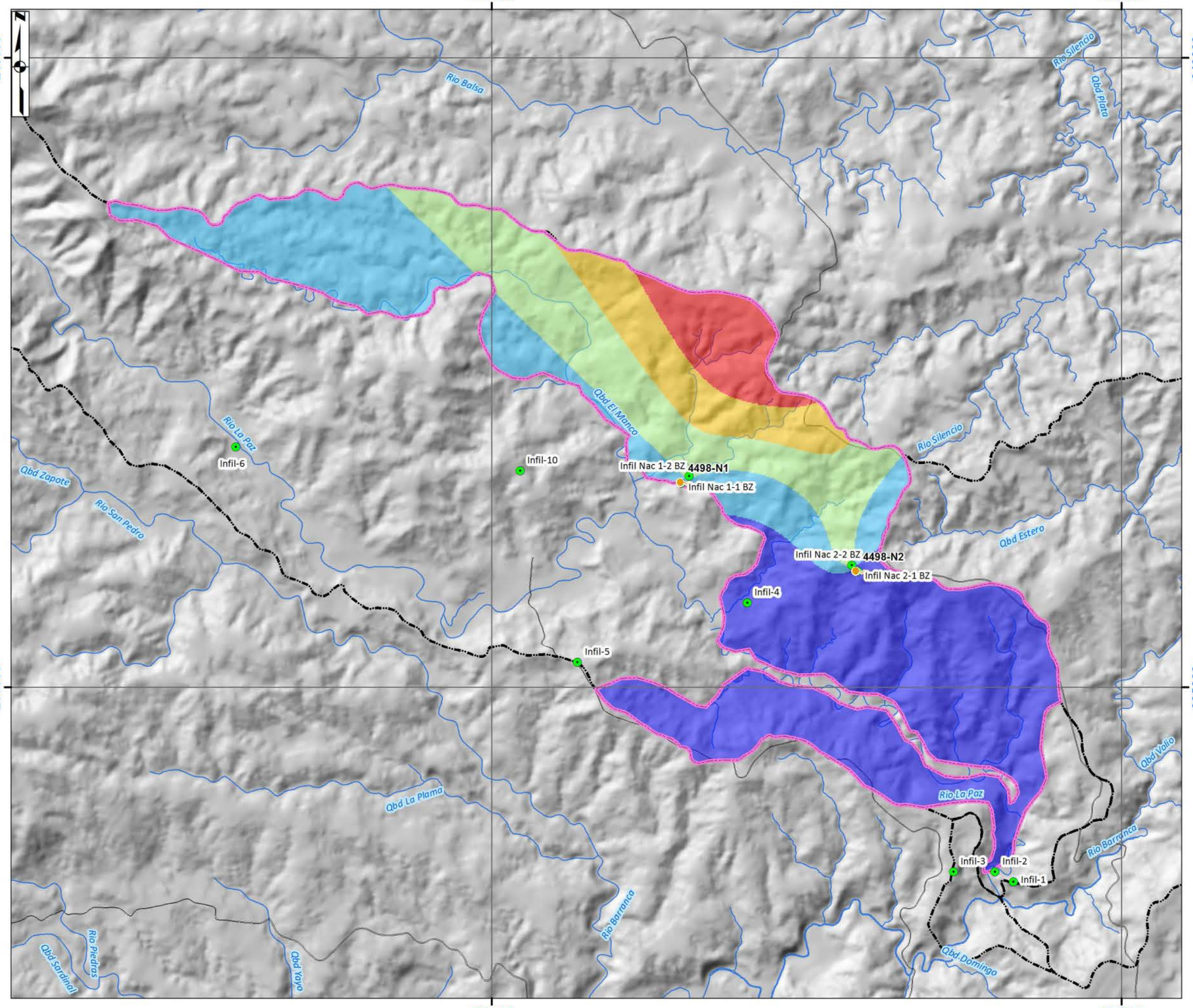
Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Fracción que infiltra por textura del suelo
Unidad geológica Toba lítica, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

kfc

- 0 - 0.216
- 0.216 - 0.478
- 0.478 - 0.667
- 0.667 - 0.863
- 0.863 - 1

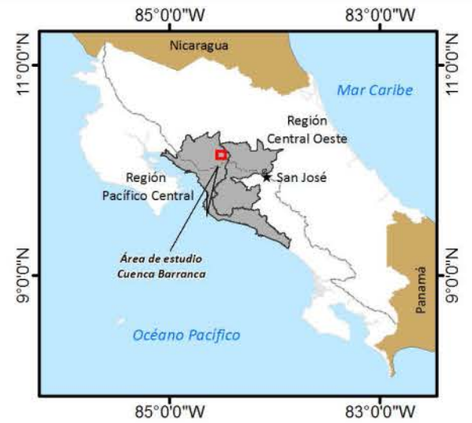
0 462.5 925 1,850 m

1:30000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.



480000
485000
240000
235000

Rio Balsa
Rio Silencio
Qbd Plato
Rio La Paz
Infil-6
Qbd Zapote
Rio San Pedro
Infil-10
Qbd El Manco
Infil Nac 1-2 BZ
4498-N1
Infil Nac 1-1 BZ
Rio Silencio
Qbd Estero
Infil Nac 2-2 BZ
4498-N2
Infil Nac 2-1 BZ
Infil-4
Infil-5
Qbd La Plama
Rio La Paz
Qbd Volio
Rio Barranca
Infil-3
Infil-2
Infil-1
Rio Barranca
Rio Piedras
Qbd Sardinal
Qbd Ivoyo
Qbd Domingo

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Punto de marchitez permanente del suelo
Unidad geológica Toba lítica, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

PM (%)

- 21.36 - 21.61
- 21.61 - 21.82
- 21.82 - 22.04
- 22.04 - 22.32
- 22.32 - 22.86

0 462.5 925 1,850 m

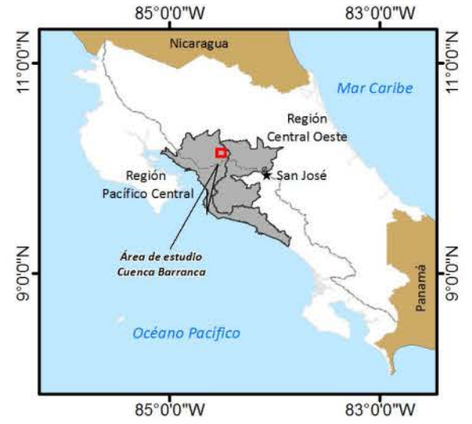
1:30000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HIDROGEOTECNIA Ltda.



480000
485000
240000
235000
N
Rio Balsa
Rio Silencio
Qbd Plato
Rio La Paz
Infil-6
Qbd Zapote
Rio San Pedro
Infil-10
Qbd El Manco
Infil Nac 1-2 BZ
4498-N1
Infil Nac 1-1 BZ
Rio Silencio
Qbd Estero
Infil Nac 2-2 BZ
4498-N2
Infil Nac 2-1 BZ
Infil-4
Infil-5
Qbd La Plama
Rio La Paz
Qbd Volio
Rio Barranca
Infil-3
Infil-2
Infil-1
Rio Barranca
Qbd Sardinal
Rio Piedras
Qbd Ivyo
Qbd Domingo

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Precipitación anual
Unidad geológica Toba lítica, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Precipitación anual (mm/mes)

- 2701 - 2745
- 2745 - 2775
- 2775 - 2810
- 2810 - 2860
- 2860 - 2935

0 462.5 925 1,850 m

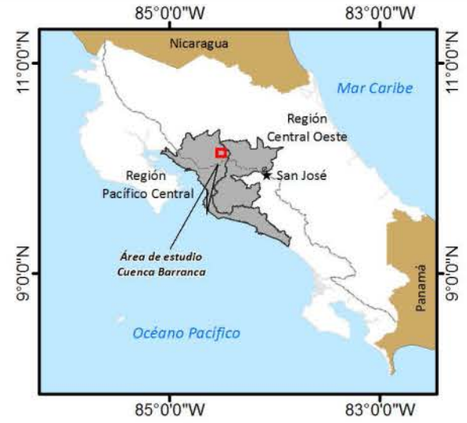
1:30000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



480000

485000

240000

235000

Rio Balsa

Rio Silencio

Qbd Plato

Rio La Paz

Infil-6

Qbd Zapote

Rio San Pedro

Infil-10

Qbd El Manco

Infil Nac 1-2 BZ

4498-N1

Infil Nac 1-1 BZ

Rio Silencio

Qbd Estero

Infil Nac 2-2 BZ

4498-N2

Infil Nac 2-1 BZ

Infil-4

Infil-5

Qbd La Plama

Rio La Paz

Rio Barranca

Infil-3

Infil-2

Infil-1

Qbd Volio

Qbd Domingo

Rio Barranca

Rio Piedras

Qbd Sardinal

Qbd Ivyo

480000

485000

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Recarga potencial total anual
Unidad geológica Toba lítica, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Recarga potencial (mm/año)

- 0 - 253
- 254 - 648
- 649 - 980
- 981 - 1283
- 1284 - 1573

0 462.5 925 1,850 m

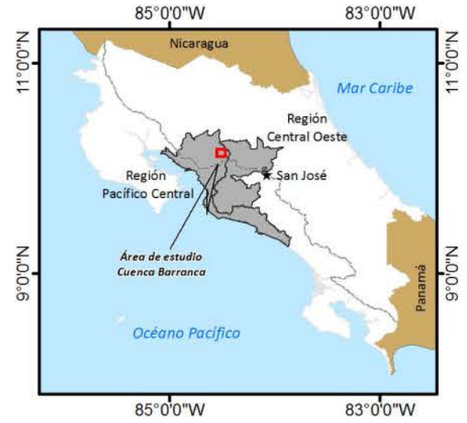
1:30000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015

Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por: HGT Hidrogeotecnia Ltda.



480000
485000
240000
235000

Rio Balsa
Rio Silencio
Qbd Plato
Qbd El Manco
Rio La Paz
Infil-6
Infil-10
Infil Nac 1-2 BZ
4498-N1
Infil Nac 1-1 BZ
Qbd Zapote
Rio San Pedro
Qbd Estero
Infil Nac 2-2 BZ
4498-N2
Infil Nac 2-1 BZ
Infil-4
Infil-5
Qbd La Plama
Qbd Volio
Rio Barranca
Infil-3
Infil-2
Infil-1
Qbd Sardinal
Rio Piedras
Qbd Ivayo
Qbd Domingo

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
Área Funcional de Hidrogeología
Unidad Ejecutora BCIE

Mapa
Retención de lluvia en el follaje total anual
Unidad geológica Toba lítica, La Paz

Estudio Integral del Recurso Hídrico Subterráneo de la Parte Alta de la Cuenca del Río Barranca y la Subcuenca del Río la Paz

Simbología

- Nacientes ASADA de Bajo Zúñiga
- Nacientes ASADA de Volio
- Nacientes ASADA de Ángeles Sur
- Infiltraciones
- Litología Toba lítica
- Cuencas
- Red Hidrográfica
- Red Vial

Retención potencial (mm/año)

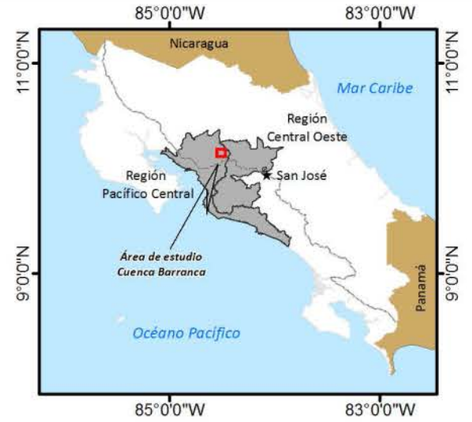
- 331 - 339
- 339 - 352
- 352 - 555
- 555 - 566
- 566 - 587

0 462.5 925 1,850 m
1:30000

Sistema de Coordenadas Planas
Lambert Norte, Ocotepeque
Fecha: Junio, 2015
Fuente de datos:
Hidrografía y Red Vial
Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Cuenca hidrográfica, Agua útil, unidad geológica, MED y Modelo de Sombras, Hidrogeotecnia 2015 (1:5000)

Contratación AyA: 2014LA-000067-PRI

Elaborado por:
HGT HIDROGEOTECNIA Ltda.



Anexo 15. Descargas medias diarias del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Cuadro A15.1. Descargas medias diarias en toma Barranca – Río Barranca unión con Río La Paz
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (UEN Gestión Ambiental – Estudios)
Básicos)

CÓDIGO: 22 0 21
LATITUD: 233457
LONGITUD: 483814

ELEVACIÓN: 954 M.S.N.M
HOJA: NARANJO
AREA DE DRENAJE: N/D

CAUDAL MÁXIMO (l/s): 10309.00
CAUDAL MÍNIMO (l/s): 666.00
CAUDAL CAPTADO (l/s):

No.	Fecha	Caudal(l/s)
1	18/03/1999	1446
2	17/05/2001	763
3	09/08/2001	2005
4	16/05/2002	1044
5	18/07/2002	1753
6	21/08/2002	2445
7	26/09/2002	4487
8	21/05/2003	1540
9	27/11/2003	4547
10	17/02/2004	1104
11	27/04/2004	1205
12	12/05/2004	1088
13	22/06/2004	2636
14	23/07/2004	2614.92
15	27/08/2004	3229
16	15/09/2004	4693
17	24/11/2004	3559.36
18	14/01/2005	3618
19	21/01/2005	4913
20	28/01/2005	3668
21	04/02/2005	2151
22	11/02/2005	2741.27
23	18/02/2005	2442.8
24	04/03/2005	1599.88
25	11/03/2005	1245
26	18/03/2005	1495.7
27	15/04/2005	930.77
28	22/04/2005	953
29	29/04/2005	666
30	06/05/2005	768
31	13/05/2005	1350
32	20/05/2005	2524.9
33	31/05/2005	1844
34	01/07/2005	3769
35	15/07/2005	2602
36	18/07/2005	1210
37	22/07/2005	3825
38	29/07/2005	3762.61
39	05/08/2005	2538
40	12/08/2005	2887
41	20/08/2005	4287
42	26/08/2005	4419
43	02/09/2005	5243
44	09/09/2005	3758
45	16/09/2005	3478
46	30/09/2005	7278
47	15/12/2005	4061
48	22/12/2005	2005
49	13/01/2006	4033
50	27/01/2006	2762
51	03/02/2006	1494
52	10/02/2006	1863
53	17/02/2006	1807
54	23/02/2006	1246.94
55	03/03/2006	1247
56	10/03/2006	1121
57	16/03/2006	1820
58	24/03/2006	1775
59	30/03/2006	1326
60	29/04/2006	749
61	12/05/2006	1506
62	19/05/2006	881
63	26/05/2006	1467
64	02/06/2006	1503.5
65	08/06/2006	4366
66	06/07/2006	2675
67	28/07/2006	6016.5
68	04/08/2006	3579
69	25/08/2006	1880
70	01/09/2006	2978
71	14/09/2006	2431
72	29/09/2006	2411
73	20/10/2006	4506.5
74	25/10/2006	2851
75	03/11/2006	2684
76	10/11/2006	2934
77	24/11/2006	3190
78	30/11/2006	2796
79	13/12/2006	3160
80	05/01/2007	1566.4
81	25/01/2007	1346.4
82	16/02/2007	674
83	01/03/2007	1081.5
84	08/03/2007	957
85	31/03/2007	948
86	10/05/2007	984
87	31/08/2007	10309
88	07/09/2007	7763
89	04/10/2007	5451
90	26/10/2007	6021
91	11/01/2008	2134
92	01/02/2008	1325
93	23/02/2008	1129
94	31/03/2008	867
95	04/04/2008	848
96	24/04/2008	667.5
97	23/05/2008	2303
98	09/06/2008	9890
99	31/07/2008	3621
100	21/08/2008	4731
101	27/10/2008	7056
102	06/11/2008	5535
103	16/12/2008	4233
104	22/01/2009	2204
105	17/02/2009	1826
106	17/02/2009	1826
107	11/03/2009	1505
108	21/04/2009	854
109	21/05/2009	1307
110	19/06/2009	1756
111	22/07/2009	1967
112	22/08/2009	3371
113	09/09/2009	1977
114	09/10/2009	2471
115	11/11/2009	4901
116	09/12/2009	1900.3
117	15/01/2010	4306
118	15/02/2010	981
119	19/03/2010	1014
120	12/04/2010	974.8
121	13/05/2010	854
122	07/06/2010	1853
123	24/06/2010	3211.5
124	18/07/2010	2800
125	17/08/2010	5109.1
126	16/09/2010	5248
127	19/11/2010	4880
128	08/12/2010	4186.1
129	24/01/2011	2100
130	18/02/2011	2077
131	17/03/2011	872.5
132	18/04/2011	799
133	20/05/2011	750
134	20/06/2011	2198
135	20/07/2011	3212
136	20/08/2011	1424
137	21/09/2011	5255
138	13/12/2011	8803
139	19/09/2012	2659
140	12/10/2012	2802
141	18/01/2013	1046

Valores resaltados en color: caudal máximo y mínimo