

Desarrollador: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

# Estudio de Impacto Ambiental **Proyecto V Ampliación del Acueducto Metropolitano (PVAAM)**

Expediente N°: D1-20590-2017-SETENA

**Provincias:** Cartago y San José.  
**Cantones:** Paraíso, Cartago, El Guarco,  
Desamparados y Curridabat.

## TOMO V

### Descripción del Ambiente Físico (Geomorfología, Clima e Hidrología)

Estudio elaborado por el ICE  
Setiembre 2018



INSTITUTO COSTARRICENSE DE  
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

## Índice de contenidos del Capítulo 7 / Tomo V

7.3. Geomorfología .....	11
7.3.1. Introducción.....	11
7.3.2. Descripción geomorfológica regional.....	11
7.3.2.1. Valle Central Oriental .....	12
7.3.2.2. Valle Central Occidental.....	13
7.3.3. Descripción geomorfológica local .....	14
7.3.3.1. Pendientes.....	15
7.3.3.2. Modelado multifacético.....	17
7.3.3.3. Modelado multiconvexo.....	17
7.3.3.4. Modelado agradacional .....	18
7.3.3.5. Modelado fluvial.....	23
7.3.4. Descripción geomorfológica del AP y el AID .....	25
7.4. Clima .....	40
7.4.1. Climatología de la Zona del Acueducto Metropolitano AyA .....	40
7.4.1.1. Información disponible en la zona del acueducto metropolitano AyA .....	41
7.4.1.2. Precipitación en la zona del acueducto metropolitano del AyA.....	44
7.4.1.3. Temperatura en la zona acueducto metropolitano AyA.....	47
7.4.1.4. Humedad relativa en la zona del acueducto metropolitano AyA .....	49
7.4.1.5. Viento en la zona del acueducto metropolitano AyA .....	51
7.5. Hidrología.....	54
7.5.1. Aguas superficiales .....	54
7.5.1.1. Ubicación y Áreas de Influencia Directa e Indirecta .....	54
7.5.1.2. Obras en cauce .....	58
7.5.1.3. Régimen hidrológico en el Área de Proyecto.....	62
7.5.1.4. Caracterización fisiográfica de las cuencas de interés.....	66
7.5.1.5. Caudales promedio .....	71
7.5.1.6. Caudales máximos .....	74
7.5.1.7. Caudales mínimos.....	85
7.5.1.8. Cambio en la escorrentía producto de la construcción de las obras del proyecto .....	88
7.5.1.9. Cotas de inundación.....	89
7.5.1.10. Calidad de agua .....	94
7.5.2. Aguas subterráneas .....	117
7.5.2.1. Componente 1 (Desarenador) .....	117
7.5.2.2. Componente 2 (Obras subterráneas) .....	118
7.5.2.3. Componente 2 (Tuberías de Conducción Sector 3: Tramo entre túnel “El Llano y el túnel “Tejar”). .....	125

7.5.2.4. Componente 2 (Tuberías de Conducción: Sectores 5 y 6).....	127
7.5.2.5. Componente 2 (Tuberías de Conducción, Sector 7: tramo en la zona de Lajas de Cartago).....	130
7.5.2.6. Componente 3 (Planta Potabilizadora).....	130
7.5.2.7. Componente 4 (Tuberías de Distribución).....	132
7.5.2.8. Mapa de elementos hidrogeológicos.....	134
7.6. Referencias bibliográficas.....	135

## Índice de cuadros del Capítulo 7 / Tomo V

<b>Cuadro.7.3.1.</b> Porcentaje de pendientes en el Área de Influencia Indirecta geomorfológica... 15	15
<b>Cuadro.7.4.1.</b> Estaciones meteorológicas utilizadas para análisis de climatología de la zona del acueducto metropolitano AyA, coordenadas CRTM-05..... 42	42
<b>Cuadro.7.4.2.</b> Humedad Relativa (%) mensual de la estación meteorológica 73126 Terrena de Guatuso localizada al este del acueducto metropolitano del AyA..... 49	49
<b>Cuadro.7.4.3.</b> Patrón de variación mensual de la velocidad promedio y la dirección predominante del viento para la estación 73126 Terrena de Guatuso. Periodo 2003-2017..... 52	52
<b>Cuadro.7.5.1.</b> Principales propiedades de las estaciones hidrológicas utilizadas ..... 54	54
<b>Cuadro.7.5.2.</b> Sitios de cruce de ríos y quebradas para la tubería de conducción y tipo de paso propuesto..... 58	58
<b>Cuadro.7.5.3.</b> Sitios de cruce de ríos y quebradas para la tubería de distribución y tipo de paso propuesto..... 59	59
<b>Cuadro.7.5.4.</b> Regímenes de flujo adimensionales estandarizados por el valor promedio anual ..... 65	65
<b>Cuadro.7.5.5.</b> Escombreras a ser construidas..... 66	66
<b>Cuadro.7.5.6.</b> Cuencas definidas por los puntos de desfogue supuestos para las escombreras a ser construidas ..... 67	67
<b>Cuadro.7.5.7.</b> Estaciones de válvulas a ser construidas ..... 69	69
<b>Cuadro.7.5.8.</b> Cuencas definidas por los puntos de desfogue supuestos para las estaciones de válvulas a ser construidas ..... 70	70
<b>Cuadro.7.5.9.</b> Características fisiográficas de las cuencas asociadas a las obras en cauce .. 70	70
<b>Cuadro.7.5.10.</b> Caudal promedio diario y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia en los puntos de desfogue supuestos para la escorrentía de las escombreras.... 72	72
<b>Cuadro.7.5.11.</b> Caudal promedio diario y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia en los puntos de desfogue supuestos para la planta potabilizadora ..... 72	72
<b>Cuadro.7.5.12.</b> Caudal promedio diario y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia en los puntos de desfogue supuestos para la escorrentía de los tanques de almacenamiento ..... 73	73
<b>Cuadro.7.5.13.</b> Caudal promedio diario y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia en los puntos de desfogue supuestos para la escorrentía de las estaciones de válvulas..... 73	73
<b>Cuadro.7.5.14.</b> Caudal promedio diario y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia en los sitios de obras en cauce..... 73	73
<b>Cuadro.7.5.15.</b> Parámetros de las distribuciones de máximos..... 75	75
<b>Cuadro.7.5.16.</b> Caudales máximo instantáneos adimensionales de las estaciones 24-28 Anonos, 09-45 Puente Negro y 09-19 Palomo, estandarizados por el valor medio de la distribución padre, para distintas probabilidades de no-excedencia ..... 76	76
<b>Cuadro.7.5.17.</b> Parámetros de las distribuciones de máximos ajustadas a distintas duraciones de precipitación para las estaciones meteorológicas 73041, 84114 y 84116 ..... 77	77
<b>Cuadro.7.5.18.</b> Intensidades de precipitación asociadas a distintas duraciones y probabilidades de excedencia para la estación meteorológica 73041 La Cangreja según la distribución generalizada de valores extremos GEV..... 77	77
<b>Cuadro.7.5.19.</b> Intensidades de precipitación asociadas a distintas duraciones y probabilidades de excedencia para la estación meteorológica 84114 San Ramón según la distribución generalizada de valores extremos GEV..... 77	77
<b>Cuadro.7.5.20.</b> Intensidades de precipitación asociadas a distintas duraciones y probabilidades de excedencia para la estación meteorológica 84116 Salitrillos de Aserrí según la distribución generalizada de valores extremos GEV..... 78	78
<b>Cuadro.7.5.21.</b> Parámetros de las distribuciones regionales ..... 79	79
<b>Cuadro.7.5.22.</b> Cuantiles adimensionales asociados a distintas probabilidades de excedencia según las funciones de distribución de máximos regionales para cada vertiente..... 80	80

<b>Cuadro.7.5.23.</b> Coeficientes de escorrentía y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según método racional para las cuencas asociadas a las escombreras.....	80
<b>Cuadro.7.5.24.</b> Cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según el método de traslado área-precipitación para las cuencas asociadas a las escombreras .....	81
<b>Cuadro.7.5.25.</b> Cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según el método regional para las cuencas asociadas a las escombreras .....	81
<b>Cuadro.7.5.26.</b> Coeficientes de escorrentía y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según método racional para las cuencas asociadas a la planta potabilizadora ....	82
<b>Cuadro.7.5.27.</b> Coeficientes de escorrentía y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según método racional para las cuencas asociadas a los tanques de almacenamiento .....	82
<b>Cuadro.7.5.28.</b> Coeficientes de escorrentía y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según método racional para las cuencas asociadas a las estaciones de válvulas	82
<b>Cuadro.7.5.29.</b> Cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según el método de traslado área-precipitación para las cuencas asociadas a las estaciones de válvulas.....	83
<b>Cuadro.7.5.30.</b> Cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según el método regional para las cuencas asociadas a las estaciones de válvulas.....	83
<b>Cuadro.7.5.31.</b> Coeficientes de escorrentía y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según método racional para las cuencas asociadas a las obras en cauce .....	83
<b>Cuadro.7.5.32.</b> Cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según el método de traslado área-precipitación para las cuencas asociadas a las obras en cauce .....	84
<b>Cuadro.7.5.33.</b> Cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según el método regional para las cuencas asociadas a las obras en cauce .....	84
<b>Cuadro.7.5.34.</b> Parámetros de las distribuciones de mínimos .....	85
<b>Cuadro.7.5.35.</b> Caudales mínimo promedio diario de las estaciones 24-28 Anonos, 09-45 Puente Negro y 09-19 Palomo, estandarizados por el valor medio de la distribución padre, para distintas probabilidades de no-excedencia .....	86
<b>Cuadro.7.5.36.</b> Caudales mínimo promedio diario de los sitios de interés para distintas probabilidades de no-excedencia para las cuencas asociadas a las escombreras.....	86
<b>Cuadro.7.5.37.</b> Caudales mínimo promedio diario de los sitios de interés para distintas probabilidades de no-excedencia para las cuencas asociadas a las estaciones de válvulas...	87
<b>Cuadro.7.5.38.</b> Caudales mínimo promedio diario de los sitios de interés para distintas probabilidades de no-excedencia para las cuencas asociadas a la planta potabilizadora .....	87
<b>Cuadro.7.5.39.</b> Caudales mínimo promedio diario de los sitios de interés para distintas probabilidades de no-excedencia para las cuencas asociadas a los tanques de almacenamiento .....	87
<b>Cuadro.7.5.40.</b> Caudales mínimo promedio diario de los sitios de interés para distintas probabilidades de no-excedencia para las cuencas asociadas a las obras en cauce.....	88
<b>Cuadro.7.5.41.</b> Coeficiente de escorrentía e Incremento en el caudal pico de la correspondiente cuenca receptora después de la construcción de las obras del proyecto .....	89
<b>Cuadro.7.5.42.</b> Observaciones de campo sobre los sitios de escombrera propuestos .....	90
<b>Cuadro.7.5.43.</b> Distribución en áreas y localización geográfica de las localidades de muestreo de Calidad Físicoquímica del agua IH (Índice Holandés) y Calidad Biológica del agua BMWP-CR en el AI del PVAAM. 2017.....	98
<b>Cuadro.7.5.44.</b> Rangos de calificación del Índice de Calidad Físicoquímica del agua, Índice Holandes (IH).....	100
<b>Cuadro.7.5.45.</b> Rangos de clasificación del Índice Biológico BMWP, con base al nivel de calidad de cuerpos de agua.....	101
<b>Cuadro.7.5.46.</b> Resultado de la caracterización según índices de calidad Índice de Calidad Físicoquímica (IH: Índice Holandés) e Índice de Calidad Biológica BMWP-CR para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.....	105
<b>Cuadro.7.5.47.</b> Resultado general por áreas de la caracterización según índices de calidad promedio para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017. ....	106

<b>Cuadro.7.5.48.</b> Resultado general del Índice de calidad Fisicoquímica IH (Índice Holandés) para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017. ....	107
<b>Cuadro.7.5.49.</b> Resultados del índice de calidad Fisicoquímica (Índice Holandés) IH para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) dentro de las áreas del PVAAM. 2017. ....	108
<b>Cuadro.7.5.50.</b> Resultados del BMWP (época seca, época lluviosa) y BMWP promedio la para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017. ....	108
<b>Cuadro.7.5.51.</b> Resultado del Índice de calidad Biológica BMWP-CR para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017. ....	109
<b>Cuadro.7.5.52.</b> Resultados de la variación de la calidad biológica BMWP-CR de la época seca a la época lluviosa en las cuatro áreas de estudio para 30 cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017. ....	110
<b>Cuadro.7.5.53.</b> Resultados de la clasificación de clases (uso de las aguas) según los resultados de análisis de parámetros físicos y químicos complementarios de los cuerpos de agua (ecosistema acuático) para cada una de las cuatro áreas del Proyecto Quinta Ampliación del PVAAM. 2017. ....	111
<b>Cuadro.7.5.54.</b> Resultados de la clasificación de clases (uso de las aguas) según los resultados de análisis de parámetros físicos y químicos complementarios de los cuerpos de agua (ecosistema acuático) para cada una de las cuatro áreas del PVAAM. 2017. ....	113
<b>Cuadro.7.5.55.</b> Uso del agua según los parámetros Microbiológicos: (coliformes fecales y presencia de nematodos) complementarios de los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017. ....	114
<b>Cuadro.7.5.56.</b> Uso del agua según los parámetros Microbiológicos: (coliformes fecales y presencia de nematodos) complementarios de los cuerpos de agua (ecosistema acuático) para cada una de las cuatro áreas del PVAAM. 2017. ....	116
<b>Cuadro.7.5.57.</b> Aplicación del Método “G.O.D”. en el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea para el Desarenador. ....	118
<b>Cuadro.7.5.58.</b> Aplicación del Método “G.O.D”. en el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea para el Sector 3. ....	127
<b>Cuadro.7.5.59.</b> Aplicación del Método “G.O.D”. en el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea para los sectores 5 y 6. ....	130
<b>Cuadro.7.5.60.</b> Aplicación del Método “G.O.D”. en el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea para la planta potabilizadora. ....	132
<b>Cuadro.7.5.61.</b> Aplicación del Método “G.O.D”. en el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea para el componente 4, tuberías de distribución. ....	134

## Índice de figuras del Capítulo 7 / Tomo V

<b>Figura 7.3.1.</b> Corte geológico a través de los cerros de La Carpintera .....	12
<b>Figura 7.3.2.</b> Morfología del sector sur de San José .....	13
<b>Figura 7.3.3.</b> Mapa pendientes Área de Influencia Indirecta (All) geomorfológica.....	16
<b>Figura 7.3.4.</b> Detalle geomorfológico relieves multifacéticos, cuenca río Navarro.....	17
<b>Figura 7.3.5.</b> Relieve multiconvexo, sur ciudad Cartago.....	18
<b>Figura 7.3.6.</b> Depósitos de coluvios en los alrededores del Área de Proyecto del Desarenador. .....	19
<b>Figura 7.3.7.</b> Conos de deyección coalescentes, sector Río Macho.....	20
<b>Figura 7.3.8.</b> Depósitos laháricos. Coris, Cartago. ....	21
<b>Figura 7.3.9.</b> Depresión paleo-lacustre del valle Coris .....	21
<b>Figura 7.3.10.</b> Corte geológico del sinclinal fallado en la depresión paleo-lacustre del valle Coris .....	22
<b>Figura 7.3.11.</b> Depósitos de avalancha, Loma San Antonio.....	23
<b>Figura 7.3.12.</b> Terrazas fluviales, margen derecha río Navarro .....	24
<b>Figura 7.3.13.</b> Vista panorámica del valle de fondo plano del río Grande de Orosí.....	25
<b>Figura 7.3.14.</b> Geomorfología escombrera Piedra Grande.....	26
<b>Figura 7.3.15.</b> Geomorfología escombrera Cedral.....	26
<b>Figura 7.3.16.</b> Geomorfología escombrera Guatuso.....	27
<b>Figura 7.3.17.</b> Geomorfología escombrera Coris.....	28
<b>Figura 7.3.18.</b> Geomorfología Estación Válvulas y escombrera Damas .....	29
<b>Figura 7.3.19.</b> Geomorfología de Estación Válvulas y escombreras Jorco .....	30
<b>Figura 7.3.20.</b> Geomorfología del sector del desarenador .....	30
<b>Figura 7.3.21.</b> Zona de deslizamientos, margen derecha río Navarro .....	31
<b>Figura 7.3.22.</b> Geomorfología de la tubería conducción El Llano – El Tejar, cuenca río Navarro .....	32
<b>Figura 7.3.23.</b> Geomorfología de la tubería de conducción El Tejar – Lajas .....	33
<b>Figura 7.3.24.</b> Geomorfología del sector de la planta potabilizadora, Alto Coris. ....	34
<b>Figura 7.3.25.</b> Topografía multiconvexa producto de deslizamientos, sector Alto Coris.....	34
<b>Figura 7.3.26.</b> Geomorfología tubería distribución Planta – E.V Damas.....	35
<b>Figura 7.3.27.</b> Geomorfología de la tubería distribución E.V Damas – Maiquetía .....	36
<b>Figura 7.3.28.</b> Geomorfología de los tanques de almacenamiento .....	37
<b>Figura 7.3.29.</b> Detalle geomorfológico de la tubería distribución E.V Damas – Hda. Vieja .....	38
<b>Figura 7.3.30.</b> Mapa geomorfológico del Área de Influencia Indirecta (All) geomorfológica....	39
<b>Figura 7.4.1.</b> Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis climático de la zona de la V ampliación del acueducto metropolitano del AyA. ....	43
<b>Figura 7.4.2.</b> Isoyetas medias anuales en mm en la zona del proyecto de la V ampliación del acueducto metropolitano del AyA.....	44
<b>Figura 7.4.3.</b> Precipitación promedio mensual en mm en las estaciones cercanas a la zona del proyecto V ampliación del acueducto metropolitano del AyA.....	45
<b>Figura 7.4.4.</b> Distribución pentadal promedio de la precipitación de la zona del acueducto metropolitano AyA estación 73126 Terrena de Guatuso.....	46
<b>Figura 7.4.5.</b> Anomalías anuales de precipitación (mm) para la estación a) 73126 Terrena de Guatuso durante el periodo 2003-2017 y b) 84116 Salitrillos de Aserrí periodo 1992-2017 ....	47
<b>Figura 7.4.6.</b> Temperaturas promedio mensuales de la estación 73126 Terrena de Guatuso, en °C. Periodo 2003-2017 .....	48
<b>Figura 7.4.7.</b> Rangos de temperaturas máximas y mínimas absolutas (°C) de la estación 73126 Terrena de Guatuso, periodo 2003-2017.....	49
<b>Figura 7.4.8.</b> Humedad relativa promedio mensual de la estación 73126 Terrena de Guatuso, periodo 2003-2017 .....	50
<b>Figura 7.4.9.</b> Velocidad promedio mensual (m s <sup>-1</sup> ) del viento en la estación 73126 Terrena de Guatuso. Periodo 2003-2017 .....	51

<b>Figura 7.4.10.</b> Frecuencia relativa (%) de la dirección anual del viento para la estación 73126 Terrena de Guatuso, periodo 2003-2017.....	52
<b>Figura 7.4.11.</b> Distribución de frecuencias relativas de la dirección predominante del viento, a nivel mensual, para la estación 73126 Terrena de Guatuso. Periodo 2003-2017 .....	53
<b>Figura 7.5.1.</b> Área de Influencia Directa (AID) de las obras del proyecto V ampliación del acueducto metropolitano del AyA.....	55
<b>Figura 7.5.2.</b> Área de Influencia Indirecta (AII) de las obras del proyecto V ampliación del acueducto metropolitano del AyA.....	56
<b>Figura 7.5.3.</b> Delimitación de las cuencas con registro hidrológico del proyecto V ampliación del acueducto metropolitano del AyA.....	57
<b>Figura 7.5.4.</b> Ubicación de los sitios de cruces de ríos y quebradas para las tuberías de conducción y distribución .....	61
<b>Figura 7.5.5.</b> Caudales promedio mensual en la estación 09-19 Palomo .....	62
<b>Figura 7.5.6.</b> Caudales promedio mensual en la estación 09-45 Puente Negro .....	63
<b>Figura 7.5.7.</b> Caudales promedio mensual en la estación 24-28 Anonos .....	63
<b>Figura 7.5.8.</b> Régimen de caudales promedio: cuenca del río Reventazón.....	64
<b>Figura 7.5.9.</b> Régimen de caudales promedio: cuenca del río Grande de Tárcoles .....	65
<b>Figura 7.5.10.</b> Ubicación de escombreras.....	67
<b>Figura 7.5.11.</b> Ubicación de la cuenca asociada a la planta potabilizadora.....	68
<b>Figura 7.5.12.</b> Ubicación de la cuenca asociada a los tanques de almacenamiento.....	69
<b>Figura 7.5.13.</b> Ubicación de la cuenca asociada a las estaciones de válvulas .....	70
<b>Figura 7.5.14.</b> Caudal máximo instantáneo, normalizado por el valor medio de la serie de caudales diarios, asociado a diferentes probabilidades de excedencia.....	75
<b>Figura 7.5.15.</b> Distribución adimensional asociada a cada vertiente para distintas probabilidades de excedencia.....	79
<b>Figura 7.5.16.</b> Caudal máximo instantáneo, normalizado por el valor medio de la serie de caudales diarios, asociado a diferentes probabilidades de excedencia.....	86
<b>Figura 7.5.17.</b> Zonas de inundación según estudio de percepción de los habitantes de las comunidades del AID y los mapas de amenazas naturales de la CNE .....	93
<b>Figura 7.5.18.</b> Río Sombrero / Navarro Muñeco. ....	95
<b>Figura 7.5.19.</b> Río Grande de Orosi / Orosi.....	95
<b>Figura 7.5.20.</b> Río Purires / Tejar. ....	96
<b>Figura 7.5.21.</b> Río Damas quinta / Desamparados. ....	96
<b>Figura 7.5.22.</b> Delimitación de áreas para los ecosistemas acuáticos según el de uso del suelo y actividad antropogénica establecido alrededor de los cuerpos de agua que constituyen el ecosistema acuático del PVAAM. 2017. ....	97
<b>Figura 7.5.23.</b> Panorámica de técnica de muestreo para la toma de muestras para determinar la calidad de agua fisicoquímica en cada una de las 39 localidades de muestreo acuático del Al del PVAAM. 2017. ....	100
<b>Figura 7.5.24.</b> Ubicación de los 46 cuerpos de agua para la toma de las muestras de agua para análisis de Calidad Biológica (índice BMWP-CR), en los sectores que constituyen el ambiente acuático del PVAAM. 2017. Uso de Kick Net.....	102
<b>Figura 7.5.25.</b> Uso de Kick Net.....	103
<b>Figura 7.5.26.</b> Recolección con pinzas .....	103
<b>Figura 7.5.27.</b> Identificación de muestras .....	103
<b>Figura 7.5.28.</b> Mapa de elementos hidrogeológicos para la obra del desarenador e inicio del Túnel El Llano.....	119
<b>Figura 7.5.29.</b> Mapa de elementos hidrogeológicos para el Túnel El Llano.....	121
<b>Figura 7.5.30.</b> Mapa de elementos hidrogeológicos para el Túnel Tejar.....	123
<b>Figura 7.5.31.</b> Mapa de elementos hidrogeológicos para el Túnel Lajas. ....	124
<b>Figura 7.5.32.</b> Mapa de elementos hidrogeológicos sector 03. ....	126
<b>Figura 7.5.33.</b> Mapa de elementos hidrogeológicos componente 2. Tubería superficial sector 5. ....	128

<b>Figura 7.5.34.</b> Mapa de elementos hidrogeológicos componente 2. Tubería superficial sector 6. .....	129
<b>Figura 7.5.35.</b> Mapa de elementos hidrogeológicos componente 3. Planta Potabilizadora... .....	131
<b>Figura 7.5.36.</b> Mapa de elementos hidrogeológicos Componente 4: Tuberías de distribución. .....	133

## Índice de anexos del Capítulo 7 / Tomo V

<b>Anexo 7.1.</b> Mapa de categorías de pendientes para el Área de Influencia del PVAAM-AyA, 2018. Escala 1:40.000.....	139
<b>Anexo 7.2.</b> Mapa geomorfológico del Área de Influencia Indirecta (AII) geomorfológica del PVAAM-AyA, 2017. Eescala 1:40.000.....	141
<b>Anexo 7.3.</b> Modelación hidráulica de los sitios de escombrera .....	143
<b>Anexo 7.4.</b> Decreto 33903-MINAE – Artículo 4° .....	147
<b>Anexo 7.5.</b> Decreto 33903-MINAE – Artículo 7° .....	149
<b>Anexo 7.6.</b> Metodología para la implementación del Índice de calidad Biológica BMWP-CR establecidas por ley Decreto 33903-MINAE .....	151
<b>Anexo 7.7.</b> Resultados del Índice de calidad Físicoquímica IH (Índice Holandés) para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.....	152
<b>Anexo 7.8.</b> Resultado general del análisis microbiológico (parámetro complementario) para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.....	154
<b>Anexo 7.9.</b> Resultados de análisis físicoquímicos (Clasificación inicial y complementario) para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.....	156
<b>Anexo 7.10.</b> Resultado general de Clasificación de Usos del agua según resultados de análisis Físicoquímicos (Clasificación inicial y complementario) para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017. ....	163
<b>Anexo 7.11.</b> Resultados obtenidos del Índice de calidad Biológica BMWP-CR y familias de macroinvertebrados presentes por cuerpo de agua en las época seca y época lluviosa del PVAAM. 2017. ....	170
<b>Anexo 7.12.</b> Resultados obtenidos del Índice de calidad Biológica BMWP-CR, total de individuos y familias de macroinvertebrados presentes por cuerpo de agua en las época seca y época lluviosa del PVAAM. 2017. ....	218
<b>Anexo 7.13.</b> Acuerdo de la Comisión Plenaria ACP-179-2017-SETENA.....	258
<b>Anexo 7.14.</b> Acuerdo de la Comisión Plenaria ACP-042-2018-SETENA.....	262

## **7.3. Geomorfología**

### **7.3.1. Introducción**

La geomorfología fue elaborada mediante el análisis de Modelos Digitales del Terreno (MDT) (generados a partir de curvas nivel), imágenes satelitales de alta resolución, mapas de pendientes y fotografías de campo, los cuales en conjunto permiten identificar las principales geoformas, alineamientos y procesos que se presentan en el Área de Influencia Indirecta (AII) geomorfológica.

El levantamiento de la información geomorfológica se realizó a partir de para esta AII, la cual contiene completamente el Área de Proyecto (AP). Lo anterior se decidió con el objetivo de identificar y mapear las formas y procesos que se desarrollan sobre la superficie del AII y poder así entender el contexto geomorfológico en el que se circunscriben las obras del proyecto. Los criterios para la definición de esta área se encuentran en el Capítulo 5, específicamente en los apartados 5.5.2 (AID geomorfológica) y 5.5.3 (AII geomorfológica).

El AII geomorfológica del Proyecto, comprende un área aproximada de 51,03km<sup>2</sup>. Se ubica entre los cantones San José, Desamparados, Aserrí y Curridabat de la provincia San José, mientras que Cartago, Paraíso, La Unión y El Guarco se encuentran en la provincia Cartago. Las coordenadas medias del proyecto son 505.944 (F.E) y 1.085.234 (F.N) del sistema de proyección CRTM05 y entre las coordenadas geográficas 83°57' longitud Oeste y 09°49' latitud norte. Se encuentra en las hojas cartográficas Abra, Istarú y Tapantí, escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional.

Su elevación máxima alcanza los 1975 m.s.n.m en las estribaciones del Alto Cedral, ubicado a 1,5 km del embalse El Llano, mientras que, por otra parte, la elevación mínima (1050 m.s.n.m) se presenta en el cauce del río Agua Caliente, en las cercanías de Puente Negro, Orosi.

### **7.3.2. Descripción geomorfológica regional**

El Valle Central puede definirse tectónicamente como una depresión, constituida por una serie de fallas escalonadas sobre la vertiente norte de Talamanca. Esta depresión y sus fallas en escalones, están recubiertas por las series de depósitos volcánicos modernos de la cordillera Central. Esta cordillera constituye entonces la vertiente norte del Valle Central y está compuesta por varios edificios volcánicos separados en parte, por cuellos a través de los que ingresan los flujos húmedos del Caribe. Esta vertiente norte está conformada por dos conjuntos homogéneos; al este, el complejo Turrialba-Irazú, al oeste el complejo formado por el Barva-Poás-Chayote. Estos dos conjuntos están separados por la depresión de la Palma.

La vertiente sur del complejo volcánico occidental (Barva-Chayote), está desplazada hacia el suroeste. Esto es notorio al observar la trama hidrográfica sub-paralela que se dibuja en este piedemonte (Bergoeing, 2014).

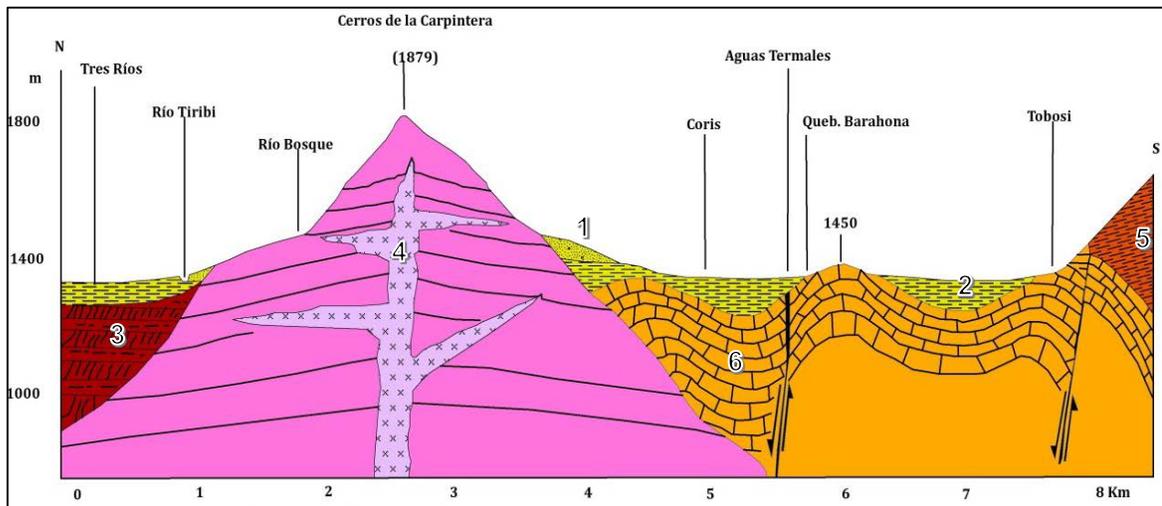
El Valle Central se divide en dos vertientes distintas, separadas por la pequeña cordillera volcánica-sedimentaria de finales del terciario de la Carpintera, que divide este valle disponiendo un trazado noreste-suroeste. El Valle Central Oriental, donde se inscribe el río Reventazón que drena sus aguas hacia el Caribe y el valle Central Occidental, recorrido por el río Virilla Tárcoles, cuyas aguas van a dar al Océano Pacífico (Bergoeing, 2014).

De esta forma, los cerros de la Carpintera constituyen la línea continental divisoria de aguas. El vulcanismo abortado de esta cordillera pertenece al Plioceno Superior-Cuaternario Antiguo. Es probable que, durante este periodo, un pequeño foco volcánico haya permitido subidas magmáticas asociadas a las del Irazú, deformando y afallando las areniscas silíceas y las calizas miocénicas de las formaciones Coris y San Miguel, que componen la parte sur de esta pequeña cordillera. Fue a comienzos del Cuaternario, al mismo tiempo que el empuje orogénico y el vulcanismo de la cordillera Central se producían, cuando la pequeña cordillera de la Carpintera apareció. La construcción de esta cordillera determinó la individualización de dos cuencas hidrográficas distintas, drenadas en sentido opuesto, una hacia el Pacífico y otra hacia el Caribe (Bergoeing, 2014).

### 7.3.2.1. Valle Central Oriental

A partir del extremo noreste de la Carpintera, siguiendo la carretera Interamericana Sur, se encuentra el sector oriental del valle Central. Es mucho más grande y vasto que el sector occidental. El collado de Ochomogo (como se le conoce a este sector noreste) albergaba antes tres pequeños lagos, hoy desaparecidos por la acción antrópica. Es también el límite sur de la vertiente del Irazú con la Carpintera y debido a ello, constituye la línea de división de aguas (Bergoeing, 2014).

Contrariamente a la vertiente occidental, el principal drenaje se sitúa, en el sector oriental, al sur. En este sector, el desaguadero principal de esta parte del Valle Central es el río Reventazón, el cual nace en el cerro Cuericí, en las estribaciones del noreste de la cordillera de Talamanca. Este río principal está desplazado hacia el sur porque lo esencial del material que constituye el valle Central oriental proviene del norte (volcanes Irazú y Turrialba). El Reventazón, desde su nacimiento, cambia en varios tramos de nombre, en su curso superior se llama Cuericí, luego Orosi hasta la represa hidroeléctrica de Cachí. Es después de esta represa que el río adopta su verdadero nombre, Reventazón y aún al llegar a la planicie, antes de su desembocadura, su último afluente, el Parismina, le da su nombre (Bergoeing, 2014).



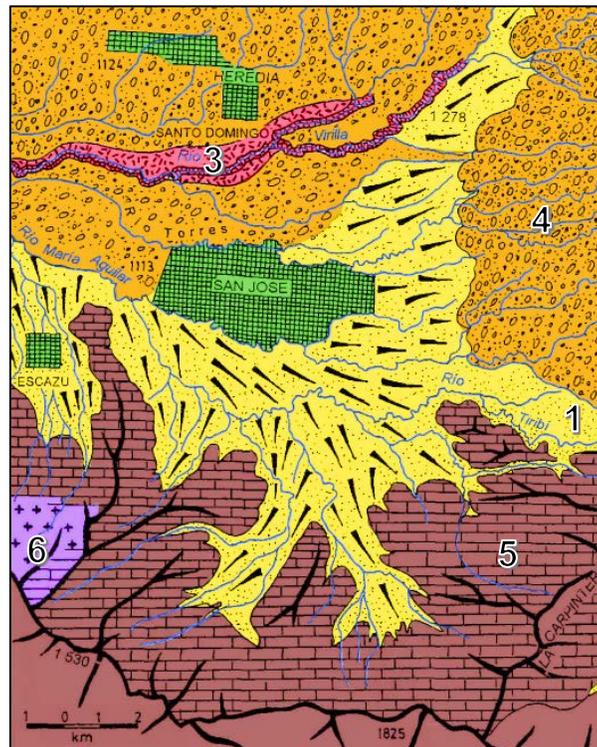
**Figura 7.3.1.** Corte geológico a través de los cerros de La Carpintera  
Fuente: Bergoeing, 2014.

La Figura 7.3.1 muestra un perfil geológico trazado en dirección Norte-Sur del valle Central Oriental, entre las ciudades de Tres Ríos y Tobosi, respectivamente. Según esta imagen, el valle central Oriental está conformado por: conos de deyección (1), depósitos fluvio-lacustres (2), coladas de lava provenientes del volcán Irazú (3), ascensos magmáticos enfriados al interior de la superficie (4), depresión vulcano-sedimentaria de la Cordillera de Talamanca (5) y una serie de pliegues sinclinales y anticlinales conformadas por calizas y areniscas (6).

Aquí el principal sistema de drenajes se sitúa al sur, donde importantes afluentes se dibujan: Naranjo, Pejibaye, Atirro y Tuis. La vertiente norte, volcánica, es la mejor explotada desde el punto de vista agrícola, pero esto es verdadero solo para la parte inmediatamente al norte de la ciudad de Cartago, en el flanco sur del volcán Irazú, donde los cultivos hortícolas están muy desarrollados. Esta vertiente volcánica es explotada en gran parte como pastizales para la cría de ganado bovino con fines lecheros (Bergoeing, 2014).

### 7.3.2.2. Valle Central Occidental

Es una cuenca drenada por las aguas del río Virilla y por sus numerosos afluentes que se sitúan, contrariamente al sector oriental, en el piedemonte volcánico norte. Los más importantes son los ríos Ciruelas, Poás y Grande. Entallan profundamente la vertiente volcánica cuaternaria, formando una trama de cañones subparalela que corre en el sentido noreste-suroeste (Bergoeing, 2014).



**Figura 7.3.2.** Morfología del sector sur de San José  
Fuente: Bergoeing, 2014

La Figura 7.3.2 muestra la geomorfología del sector sur de las ciudades de San José y Escazú, las cuales forman parte del valle central Occidental. Este sector está formado por: aluviones modernos (1), conos de deyección (2), Ignimbritas del cañón del río Virilla (3), Lahares y lavas torrenciales (4), series sedimentarias (5) y el intrusivo de Escazú (6).

La vertiente norte del sector occidental del valle Central es uniforme gracias a la coalescencia de los conos volcánicos del Barva, Poás y Chayote. Estos últimos son estrato-volcanes constituidos por series de colados de lavas andesíticas, interestratificadas con capas de arcillas de color rojo que ocultan a menudo las coladas, dando un paisaje ondulado donde progresa un bosque muy condicionado por el hombre (Bergoeing, 2014).

Aguas abajo, el piedemonte entra en contacto con una meseta de lavas mediante una serie de conos de deyección, muy entallados por la erosión y formados por depósitos de lahares y lavas torrenciales. El sector de contacto se caracteriza también por un escarpe de falla este-oeste que entalla las coladas volcánicas basalto andesíticas de la base de los conos modernos (Bergoeing, 2014).

El río Virilla ha entallado profundamente la meseta volcánica, dejando aparecer en la parte superior del cañón depósitos de ignimbritas del Cuaternario Medio. Los mismos se extienden desde la ciudad de Heredia hasta Naranjo, siguiendo una línea que se sitúa a los pies del escarpe de falla E-O. Están también presentes en Palmares, Atenas y en el sector de confluencia del Virilla con el Grande, que da nacimiento al río Tárcoles (Bergoeing, 2014).

Al oeste de San José, el cañón del río Virilla, que se hunde más de 100m en la meseta volcánica, sirve de límite entre los depósitos cuaternarios de esta última y la vertiente sur (Bergoeing, 2014).

La vertiente sur contrasta mucho con la vertiente norte, tanto por su morfología como por la diversidad de su litología. Son montañas bajas, entalladas por la erosión y casi completamente deforestadas, lo que las hace palidecer durante la estación seca. El punto culminante se encuentra en Pico Blanco (2.300m), en el macizo granodiorítico de los cerros de Escazú (Bergoeing, 2014).

### **7.3.3. Descripción geomorfológica local**

El sector Conducción comprende desde el Desarenador (515091.04 F.E y 1079977.85 F.N), ubicado en las cercanías del embalse El Llano, a una altitud de 1571m.s.n.m, hasta la Planta Potabilizadora (499413.91 F.E y 1091467.67 F.N) a una altitud de 1530m.s.n.m, localizada en la divisoria de aguas de los cerros La Carpintera, la cual morfológicamente divide el Valle Central en dos secciones: Occidental y Oriental.

El sector Conducción se encuentra emplazado completamente en el Valle Central Oriental, el cual se encuentra drenado por numerosos afluentes que desagan hacia el mar Caribe. El río Reventado, el cual aguas abajo, a partir de la represa hidroeléctrica Cachí, cambia su nombre a río Reventazón, es el principal curso fluvial que drena las aguas provenientes desde el volcán Irazú (flanco sur), hasta el mar Caribe.

Por otra parte, el sector Distribución se encuentra completamente en el Valle Central Occidental, desde la divisoria de aguas de los cerros La Carpintera hasta los conos de deyección de la zona de Higuito, San Miguel y San Rafael Arriba de Desamparados (Interconexión Maiquetía) y los depósitos de lahares y cenizas en el sector de Hacienda Vieja, Curridabat (Interconexión Hacienda Vieja).

### 7.3.3.1. Pendientes

La distribución y clasificación general de las pendientes (Cuadro.7.3.1) permite observar que alrededor de un 14,9% del AII geomorfológica, presenta pendientes fuertemente escarpadas (>60%), además un 25% se encuentra con pendientes de moderada a fuertemente ondulada y por último, un 60,2% del relieve de la zona está clasificado como una topografía plano-ondulada (<30%), las cuales se concentran en las partes bajas del área de estudio, principalmente en la zona de la depresión paleo-lacustre de Coris (Figura 7.3.3). Para un mayor detalle, consultar el Anexo 7.1 que muestra el mapa de categoría de pendientes a una escala 1:40.000.

**Cuadro.7.3.1.** Porcentaje de pendientes en el Área de Influencia Indirecta geomorfológica

<b>Categoría (%)</b>	<b>Topografía</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Porcentaje</b>
0-15	Plano-Ondulado	2165.91	42.9
15-30		872.15	17.3
30-45	Fuertemente ondulada	718.20	14.2
45-60		542.58	10.7
60-75	Escarpada	374.93	7.4
>75	Muy Escarpada	375.15	7.4

Fuente: Elaboración propia

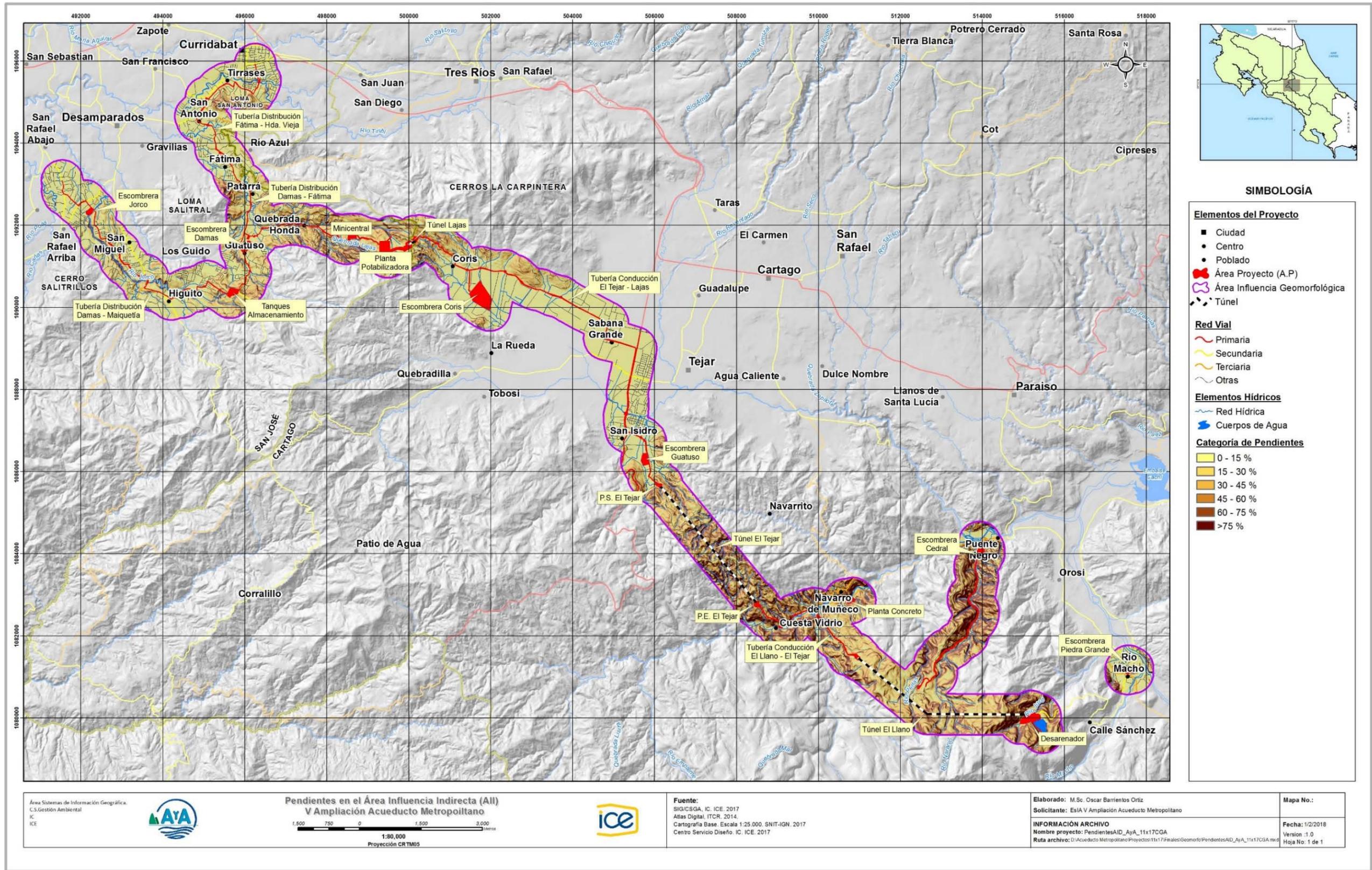


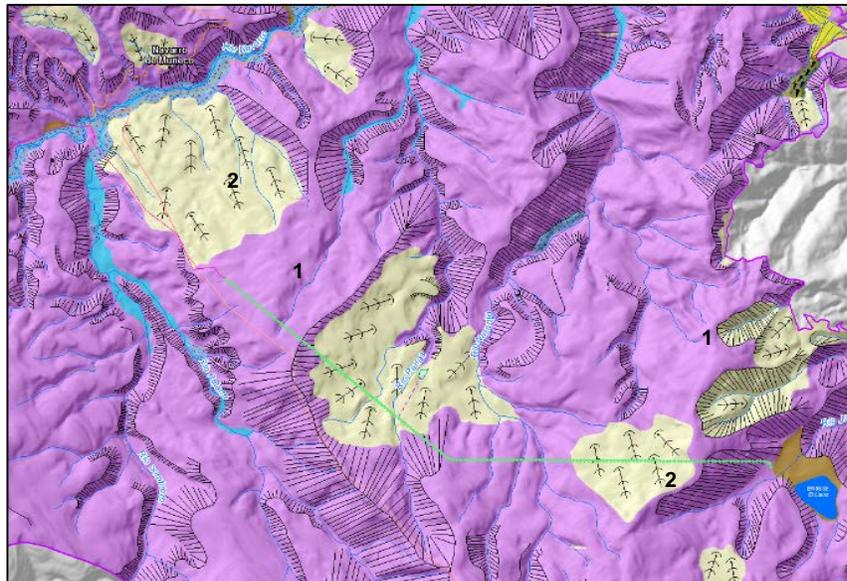
Figura 7.3.3. Mapa pendientes Área de Influencia Indirecta (AII) geomorfológica

### 7.3.3.2. Modelado multifacético

Se encuentran en los sectores donde existen fuertes pendientes y cobertura forestal densa y en los sectores de cumbres, es posible encontrar rocas de origen plutónico (intrusivo). Este tipo de modelado cubre gran parte de los sectores montañosos del Área de Influencia Indirecta (AII) geomorfológica, lugar donde los ríos entallan profundamente la roca, generando poderosos talwegs y modelando las vertientes en facetas de tipo triangular. Esta topografía de facetas se muestra, por lo tanto, ordenada por el entalle de los ríos, por las pendientes acusadas y por las lluvias abundantes, sobre todo en la zona alta de Orosi, Jucó y Tapantí, donde son más evidentes este tipo de facetas.

En la Figura 7.3.4, el sector zona que presenta modelados multifacéticos (1), está cubierta por numerosos taludes de erosión (3) provocados por las fuertes pendientes, la abundante precipitación de este sector y por el entalle de los ríos en el relieve.

Otro proceso que es posible identificar en las zonas de relieves multifacéticos, son los numerosos movimientos en masa (2), algunos recientes (Holoceno) y otros más antiguos, los cuales, en algunos casos, únicamente son posibles identificarlos con curvas de nivel de detalle de estos sectores, ya que la sucesión natural ha borrado los rastros superficiales de estos grandes deslizamientos (Figura 7.3.4).

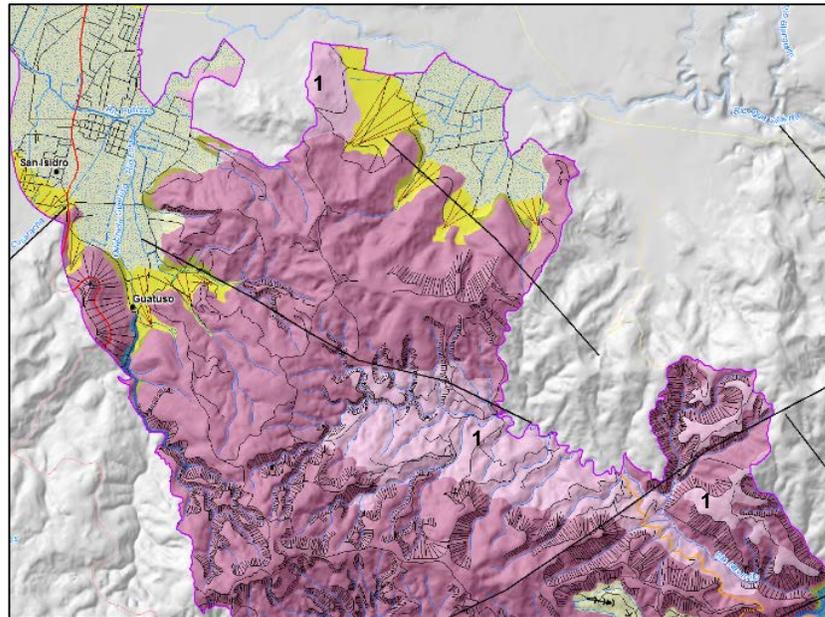


**Figura 7.3.4.** Detalle geomorfológico relieves multifacéticos, cuenca río Navarro.  
Fuente: Elaboración propia

### 7.3.3.3. Modelado multiconvexo

Corresponden a las formas del relieve y paisajes de colinas redondeadas, en su mayoría deforestadas producto de actividades ganaderas, donde solo sobreviven algunas manchas de bosque natural en ambas márgenes de los valles o en las cimas de las colinas. Acá el agua solo discurre en períodos de lluvias, con excepción de la de los ríos.

Este tipo de modelado (1) lo podemos encontrar en el sector sur de la ciudad de Cartago, en las estribaciones del flanco norte de la cordillera de Talamanca, justo donde empiezan a dibujarse los piedemontes de esta cordillera (Figura 7.3.5).



**Figura 7.3.5.** Relieve multiconvexo, sur ciudad Cartago  
Fuente: Elaboración propia

Se trata de un sistema de colinas terciarias sedimentarias que son la prolongación de la cordillera de la Carpintera. Compuestas de areniscas silíceas y calizas de formaciones Coris y San Miguel, afalladas y plegadas en anticlinales y sinclinales.

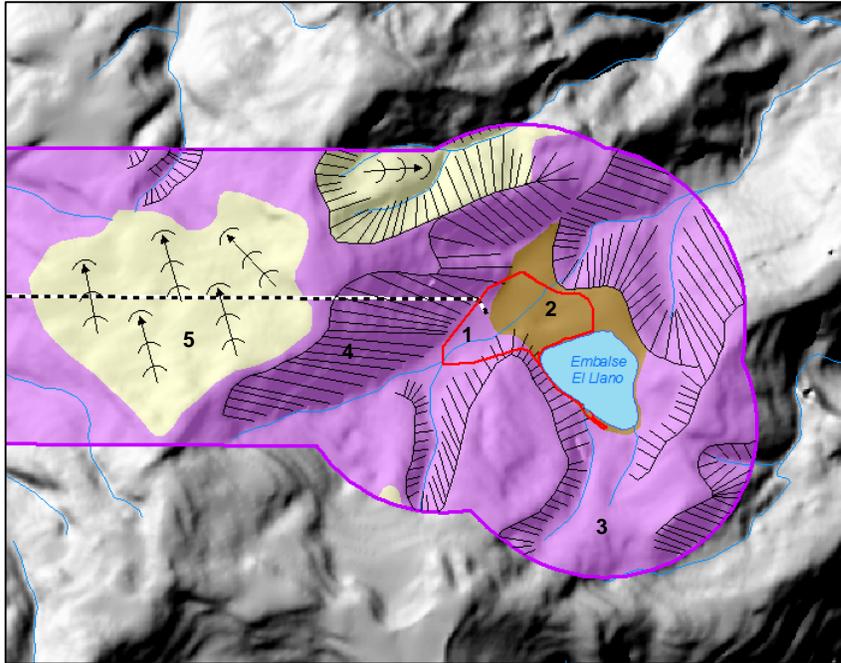
Acá los taludes de erosión son escasos, esto debido a que las pendientes son relativamente moderadas y la precipitación en muchos de estos sectores, es menor que la que se produce en la alta montaña. Es frecuente encontrar procesos de soliflucción y terraceo, ocasionada en gran medida por las actividades ganaderas y agrícolas que se desarrollan sobre estos sectores.

#### 7.3.3.4. Modelado agradacional

##### a. Depósitos de coluvios

Corresponde a un sector de acumulación de materiales producto de deslizamientos cercanos que ocurrieron en la parte alta de la cuenca del río Jucó, los cuales, por gravedad, se depositaron en los alrededores del embalse El Llano, dando origen a un relieve relativamente plano, cuya pendiente promedio ronda los 5%.

En la Figura 7.3.6 se observa que aproximadamente un 62% del Área de Proyecto de las obras del Desarenador (1) se encuentran sobre los depósitos de coluvios (2), los cuales están rodeados por un relieve de tipo multifacético (3), caracterizados principalmente por fuertes pendientes, taludes de erosión (4) y procesos de deslizamientos (5).



**Figura 7.3.6.** Depósitos de coluvios en los alrededores del Área de Proyecto del Desarenador. Fuente: Elaboración propia.

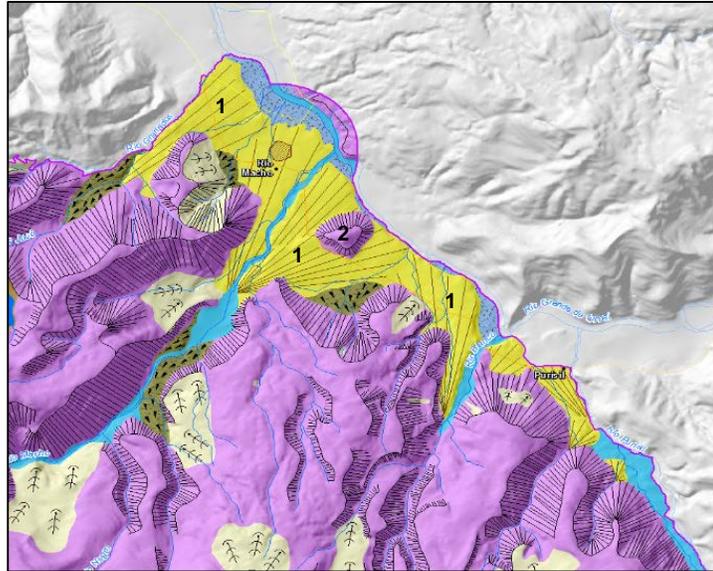
#### b. Conos de deyección

Son resultado de crisis climáticas repetidas, donde se pueden reconocer varias generaciones. En las comunidades del sur de San José, pasan a glaciares antes de ser entallados por los cañones del río María Aguilar, Damas, Cañas, etc (Bergoeing, 2014).

Estos conos presentan en su mayoría tres niveles encajonados, separados entre ellos por pequeños pasajes lacustres que dan testimonio de un cambio en los depósitos y por ende, de fases climáticas donde el transporte fluvial fue menor (Bergoeing, 2014).

El nivel superior más joven posee un material heterométrico de tamaño menos importante que el nivel similar inferior, lo que demuestra una competencia menos grande entre las dos fases resistásticas que le han permitido depositarse (Bergoeing, 2014).

Estos conos se pueden encontrar en la base de las montañas. Los sectores más representativos de este tipo de modelado se encuentran en la base de las montañas de Orosi y Tapantí (1). Se trata de poderosos conos coalescentes y disectados, con pendientes relativamente suaves, formados por los depósitos fluviales y torrenciales durante el Cuaternario, de los ríos Blanco, Macho y Granados (Figura 7.3.7).



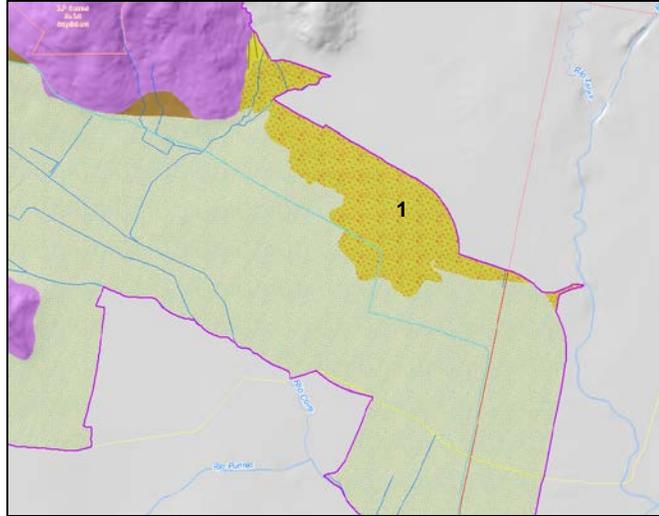
**Figura 7.3.7.** Conos de deyección coalescentes, sector Río Macho  
Fuente: Elaboración propia

La presencia de estos abanicos de gran extensión, indica claramente que, en el pasado, el valle del río Grande de Oroqui ha estado expuesto a fenómenos repetitivos de avalanchas. Estos conos se encuentran en el sector donde las quebradas abandonan su cauce encañonado y torrentoso para alcanzar las partes bajas del valle, donde se encuentran las comunidades de Purisil, Río Macho y Oroqui.

También, la Figura 7.3.7, muestra la coalescencia de estos conos y el aporte de materiales del río Grande de Oroqui, los cuales sepultaron, casi por completo, una colina aislada (2) que se encuentra en la margen izquierda de este río, precisamente en la comunidad de Río Macho. Estos conos a su vez cubrieron las terrazas fluviales construidas por el río Grande de Oroqui.

### c. Depósitos laháricos

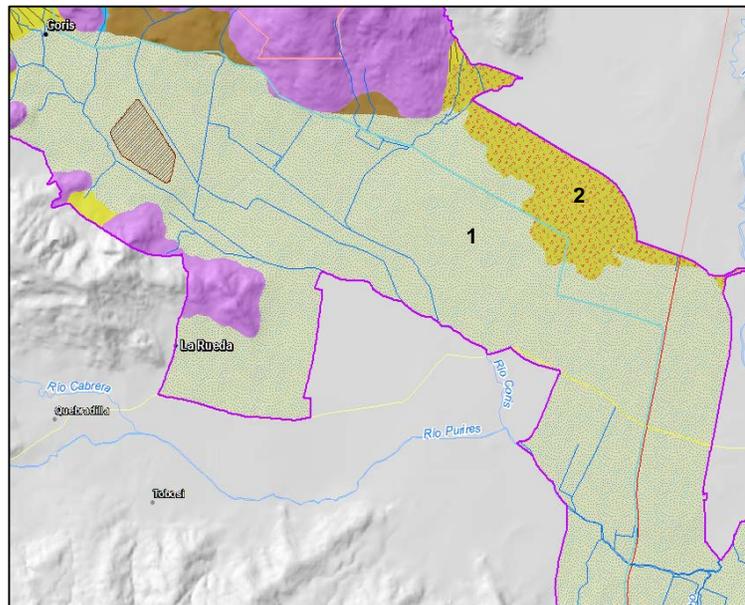
En 1963, durante la erupción volcánica del Irazú, las emisiones de cenizas volcánicas y la caída de lluvias abundantes debido a los efectos atmosféricos de la erupción, provocaron una catástrofe. Una colada de barro, también conocido como lahar frío o lava torrencial (1), se desplazó por el talweg del río Reventado, de fuerte pendiente y en forma de embudo, durante la noche, sepultando las casas y los habitantes que se encontraban al oeste de la ciudad de Cartago (Figura 7.3.8). A partir de ese momento quedó separado el sector de Taras del resto de la ciudad. La ciudad de Cartago, debido a su situación, estará siempre bajo la amenaza de una nueva catástrofe similar (Bergoeing, 2014).



**Figura 7.3.8.** Depósitos laháticos. Coris, Cartago.  
Fuente: Elaboración propia

d. Depresión paleo-lacustre valle Coris

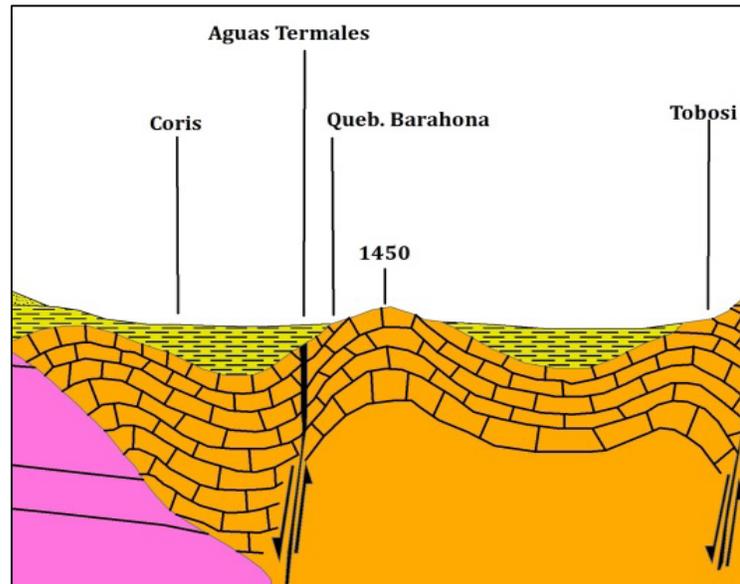
Al sur de la ciudad de Cartago, entre los cerros de la Carpintera y el flanco norte de las estribaciones de la cordillera de Talamanca, se extiende la cuenca de Coris. Tal como lo muestra la Figura 7.3.9, este sector corresponde a una antigua depresión tectónica y lacustre (1) hoy colmatada y los depósitos laháticos (2) descritos anteriormente (Bergoeing, 2014).



**Figura 7.3.9.** Depresión paleo-lacustre del valle Coris  
Fuente: Elaboración propia

La cuenca de Coris es un sinclinal fallado (Figura 7.3.10). De oeste a este, está recorrida por la quebrada Barahona, que al unirse aguas abajo con el río Purires da nacimiento al río Agua

Caliente, afluente del Reventazón. La quebrada Barahona sigue el trazado de una alineación de falla E-O (Bergoing, 2014).



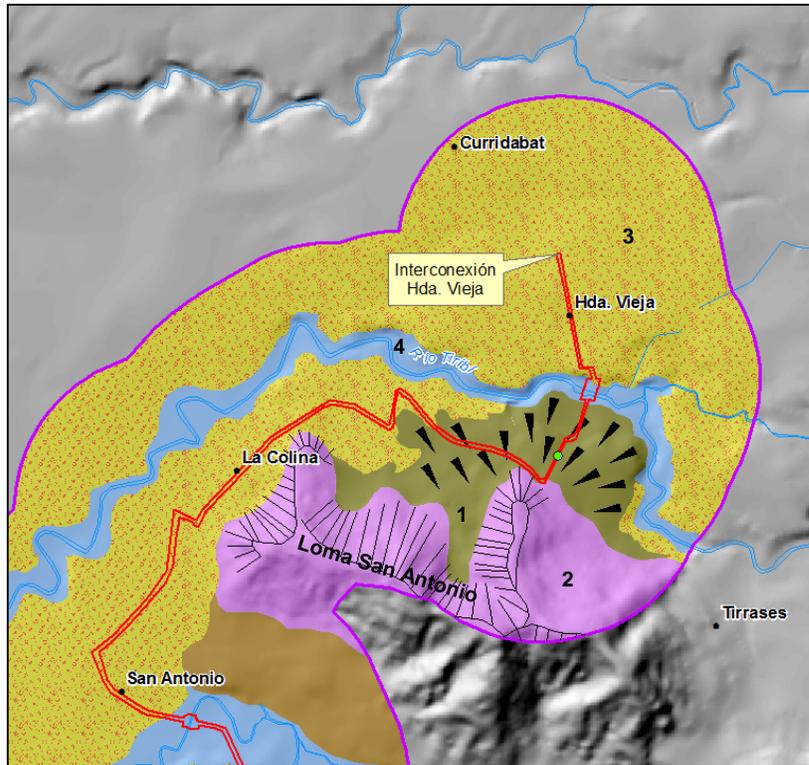
**Figura 7.3.10.** Corte geológico del sinclinal fallado en la depresión paleo-lacustre del valle Coris  
Fuente: Bergoing, 2014

#### e. Depósitos de avalancha

Corresponden a depósitos de materiales provenientes de avalanchas sucedidas en las partes altas de una serie de lomas aisladas que se encuentran en el Área de Influencia Indirecta (AI) geomorfológica, las cuales irrumpen en la homogeneidad del relieve.

En la Figura 7.3.11 se puede apreciar los materiales de avalancha (1) que se acumularon en el sector norte, a los pies de la loma San Antonio (2), los cuales sepultaron y modificaron la topografía preexistente, caracterizada por depósitos laháricos y de cenizas (3) de procesos anteriores. Estos materiales alcanzaron distancias que superan en algunos sectores los 500m de longitud, llegándose a depositar en la margen izquierda del río Tiribí (4), el cual se encargó de cortar este depósito y de trasladar estos materiales a través de su cauce.

Estos depósitos provocaron un cambio en la pendiente del terreno de este sector, pasando de valores relativamente planos, cercanos al 5%, a pendientes cuyos valores superan incluso el 30%.



**Figura 7.3.11.** Depósitos de avalancha, Loma San Antonio.  
Fuente: Elaboración propia

### 7.3.3.5. Modelado fluvial

Los cursos de agua corresponden a uno de los agentes de modelado más activos. Por esta razón, en sus valles, es posible encontrar diversas formas de modelado producto de dicha actividad. Los modelos de elevación del terreno detallados, las fotografías aéreas, satelitales y de campo, permiten reconstruir la evolución de los valles, mediante el cartografiado de sus niveles de terrazas, las cuales marginan el curso actual del río con un grado de conservación muy diferente en distintas cuencas fluviales e incluso en distintos tramos de una misma cuenca (Peña, 1997).

Cuando las terrazas ocupan superficies considerables, además tienen un buen grado de conservación y su escalonamiento supone una desnivelación superior al valor de las curvas de nivel; estas aparecerán reflejadas en un mapa topográfico o recibirán algún tratamiento en el mapa geológico como depósitos cuaternarios. Intimamente relacionados con las terrazas, podemos también apreciar y cartografiar los niveles de aportes laterales o glacis. Si disponemos fotografías aéreas correspondientes a vuelos efectuados en diferentes fechas, nos es posible efectuar cartografías comparadas que dan una valiosa información acerca de la dinámica actual del valle fluvial y de su evolución más reciente, con los cambios que en la distribución de barras, canales, vegetación, etc; se hayan ido dando y se estén produciendo (Peña, 1997).

#### a. Terrazas fluviales

Las terrazas son plataformas más o menos extensas y continuas cuya culminación plana, desarrollada sobre aluviones fluviales, mantiene un desnivel de valor constante con respecto a

los lechos. El desnivel es máximo se produce en las márgenes de la llanura aluvial y va descendiendo según disminuye su distancia al curso de los ríos (Muñoz, 2000).

La Figura 7.3.12 corresponde dos niveles de terrazas fluviales localizadas en la margen derecha del río Navarro. El nivel T1 corresponde a la terraza actual del río Navarro, mientras que el nivel T2 es de una terraza antigua, producto de la acción erosiva del propio río (1) y las fuerzas tectónicas (falla Navarro). El río Navarro (2) se muestra en esta fotografía y se indica su dirección, el cual discurre hacia el este, hasta su confluencia con el río Agua Caliente.



**Figura 7.3.12.** Terrazas fluviales, margen derecha río Navarro  
Fuente: Propia. (21/07/2017)

La presencia de un número significativo de terrazas atestiguan la existencia de cambios frecuentes en los parámetros que controlan la actividad fluvial, capaces de invertir varias veces el sentido de su actividad modeladora en la llanura aluvial (Muñoz, 2000).

En las márgenes del río Grande de Orosi, principalmente en la ribera izquierda, se puede distinguir dos niveles de terrazas fluviales. El nivel superior donde se encuentra la comunidad de Orosi, está a unos 20m por encima del lecho mayor. El nivel inferior está a unos 10m de altitud relativa. Probablemente hay otros niveles superiores, pero si existen están cubiertos bajo conos coluviales coalescentes, muy numerosos en esta margen del río (Bergoeing, 2014).

#### b. Valles fluviales

El valle del río Grande de Orosi, presenta laderas de fuertes pendientes las cuales finalizan en un valle de fondo plano, haciendo que las pendientes del talweg disminuyan considerablemente, lo que tiene como consecuencia frenar la fuerza del caudal (ruptura de carga), creando así un sistema anastomosado del lecho fluvial, formado por islotes de cantos rodados de gran tamaño y bloques, todos bien desgastados (Bergoeing, 2014).



**Figura 7.3.13.** Vista panorámica del valle de fondo plano del río Grande de Orosi.  
Fuente: Propia. (29/05/2018)

Existe un pequeño torrente, muy fuerte, que durante el Holoceno construyó un importante cono de deyección al llegar al valle de Orosi. Este río tiene una fuerte capacidad durante las crecidas excepcionales. Es capaz de transportar bloques de gran tamaño (>1m diámetro). Este material sepultó casi por completo una colina asilada que se encuentra precisamente en este sector de confluencia.

El valle de Orosi es netamente de origen tectónico, puesto que es la prolongación de un accidente mayor, la falla del río Navarro, la cual provoca que el río Orosi describa una curva hacia el este y continúe su cauce hasta conformar el embalse Cachí, producto del represamiento de las aguas para el proyecto hidroeléctrico del mismo nombre (Bergoeing, 2014).

En la Figura 7.3.13 se muestra a la derecha la comunidad de Orosi, asentada sobre terrazas fluvio tectónicas, mientras que a la izquierda de la figura, la cola del embalse Cachí.

### **7.3.4. Descripción geomorfológica del AP y el AID**

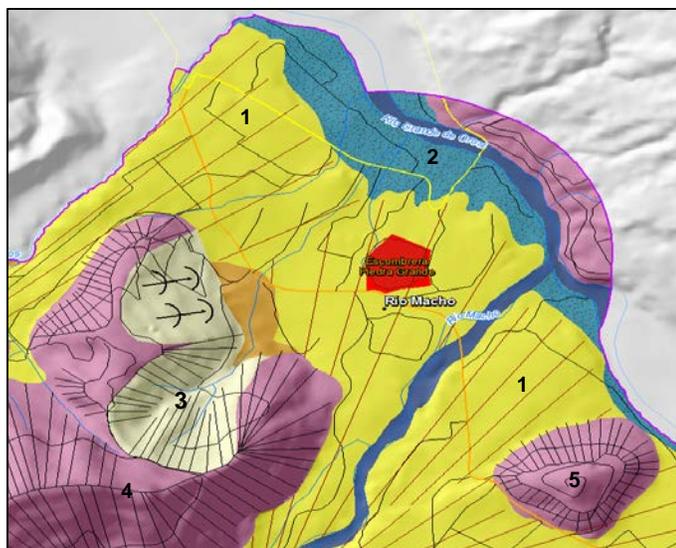
#### **a. Escombreras**

##### *1. Escombrera Piedra Grande*

La escombrera Piedra Grande (517.584 F.E y 1.081.167 F.N) se ubicaría en un terreno cuya pendiente media sería del 7% en sentido sur-norte; esto debido, en gran medida, a que se encontraría ubicada sobre abanicos aluviales formados por el río Macho (1), los cuales ocultan, en este sector, la presencia de una serie de terrazas fluvio-tectónicas en la margen izquierda del río Grande de Orosi (2) (Figura 7.3.14). Por esta condición, esta escombrera se encuentra sobre el área de inundación del río Grande de Orosi, la cual, ante avenidas extraordinarias podría provocar inundaciones en este sector.

El relieve predominante que se encontraría al sureste de la escombrera, presenta características propias del modelado multifacético (4), caracterizado por taludes de erosión y fuertes pendientes, lo que a su vez propician procesos de movimientos en masa (3).

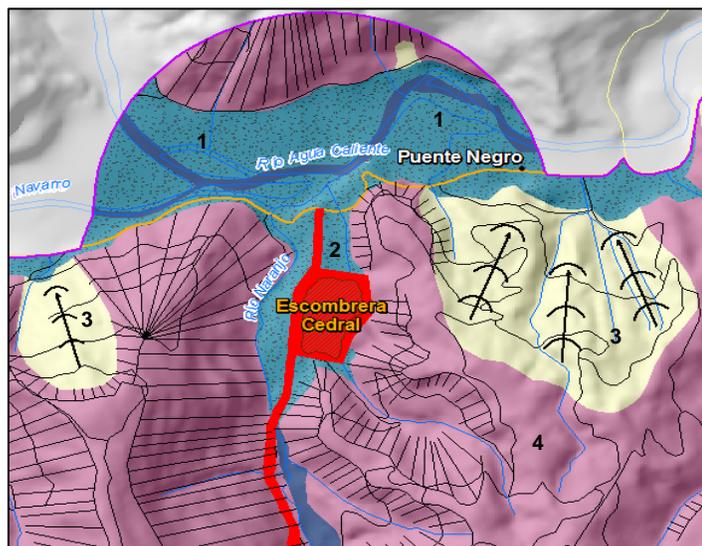
El material transportado por el río Grande de Orosi, sepultó casi por completo una colina asilada (5) que se encuentra cerca de la confluencia con el río Macho.



**Figura 7.3.14.** Geomorfología escombrera Piedra Grande  
Fuente: Elaboración propia

### 2. Escombrera Cedral

El terreno donde se ubicaría esta escombrera, presenta una pendiente media del 12% y una orientación relativa suroeste – noreste, además se ubicaría específicamente, entre las coordenadas medias 513.959 F.E y 1.084.014 F.N, con una altitud promedio de 1095 m.s.n.m. Este sector se encuentra aproximadamente 200m al sur de la confluencia de tres importantes ríos como lo son: río Navarro, Agua Caliente y el río Naranjo.

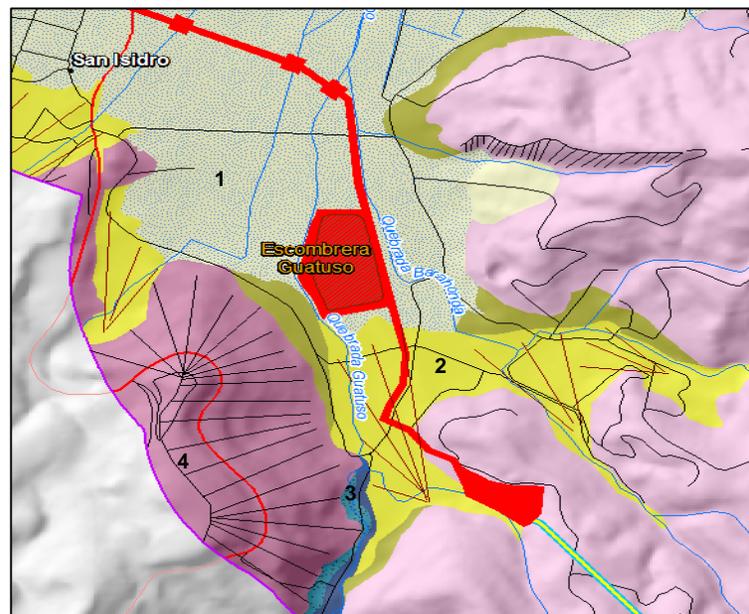


**Figura 7.3.15.** Geomorfología escombrera Cedral  
1. Terrazas fluviales del río Agua Caliente. 2. Terraza fluvial del río Naranjo. 3. Deslizamientos.  
4. Relieve montañoso (multifacético)  
Fuente: Elaboración propia

Morfológicamente este sector corresponde al valle de inundación del río Naranjo. La escombrera Cedral, se encuentra sobre una terraza fluvial localizada en la margen derecha de este río (Figura 7.3.15), la cual presenta alteraciones antrópicas debido al cultivo intensivo y extensivo del Café (*Coffea arábica*) que se desarrolla en el valle de Orosi.

### 3. Escombrera Guatuso

La escombrera Guatuso se ubicaría en las coordenadas medias 505.775 F.E y 1.086.295 F.N, cuyo terreno presenta una pendiente promedio del 3%, con una orientación sureste-noroeste. Este sector se encuentra sobre depósitos paleo-lacustres del valle de Coris, formados por depósitos de sedimentos finos, lo que aunado al poco desarrollo de la red hídrica y a la pobre permeabilidad de los suelos, provoca la formación de suamos y el estancamiento de las aguas meteóricas (Figura 7.3.16).



**Figura 7.3.16.** Geomorfología escombrera Guatuso

1. Zona paleo-lacustre. 2. Conos de deyección de las quebradas Guarco y Barahona. 3. Terraza fluvial en la margen izquierda de la quebrada Guarco. 4. Relieve montañoso (multifacético).

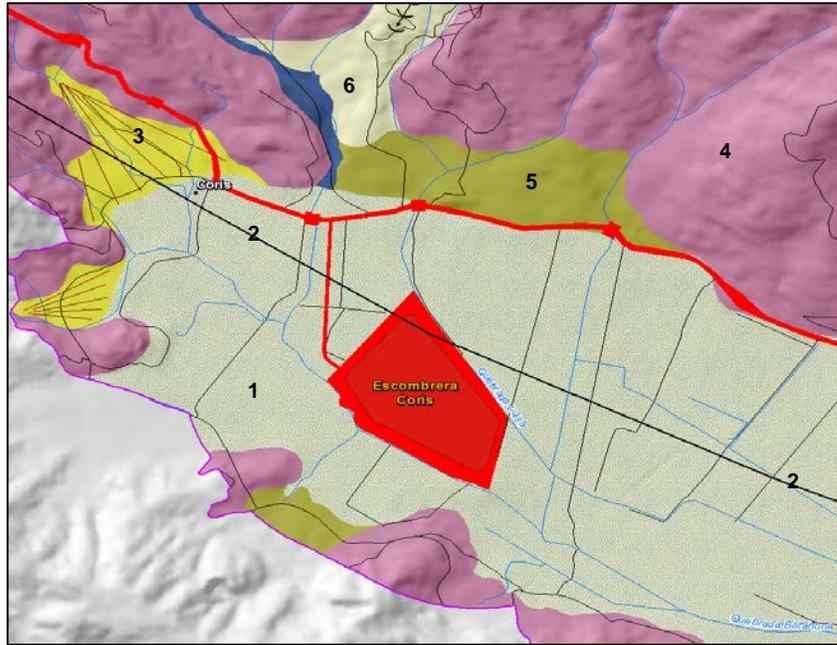
Fuente: Elaboración propia

Además, esta escombrera se encontraría en el valle de inundación de la quebrada Guatuso, la cual, ante crecidas extraordinarias, producto de fenómenos meteorológicos extremos, sumado a la condición de los suelos y la creciente impermeabilización de estos, debido al crecimiento urbano, podría generar inundaciones con un fuerte impacto social y económico, ya que en este sector, actualmente se desarrolla una fuerte actividad agrícola, con la siembra de productos tales como: tomate, lechuga, plantas ornamentales, etc.

#### 4. Escombrera Coris

El terreno dispuesto para la construcción de la escombrera Coris, presenta una pendiente media del 2% y una orientación relativa noroeste – sureste. Se ubicaría entre las coordenadas medias 501.777 F.E y 1.090.265 F.N, con una altitud promedio de 1390 m.s.n.m.

Este sector se encuentra en el valle de Coris, el cual corresponde a un sinclinal fallado y paleo-lacustre, drenado por el río del mismo nombre y atravesada por la falla Aguacaliente, la cual presenta un rumbo Este-Oeste (Figura 7.3.17).



**Figura 7.3.17.** Geomorfología escombrera Coris

1. Depósitos paleo-lacustres. 2. Falla Aguacaliente. 3. Conos de deyección. 4. Relieve montañoso (multifacético). 5. Depósitos de Piedemonte. 6. Deslizamientos

Fuente: Elaboración propia

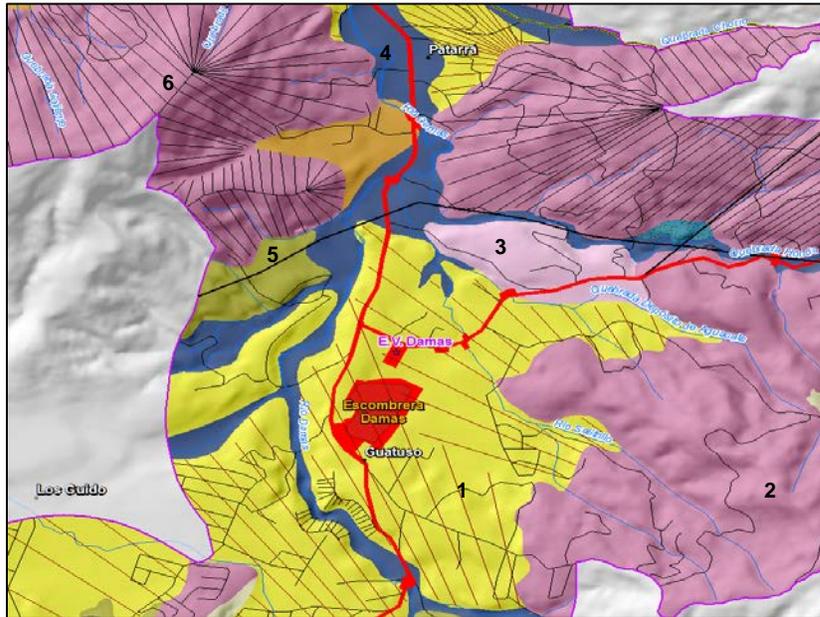
En los alrededores de este sector, es posible encontrar un gran número de lagunas naturales y otras artificiales, producto del fuerte crecimiento y desarrollo agro-industrial, en la cual se han instalado Zonas Francas, granjas porcinas y viveros.

#### 5. Escombrera Damas y Estación Válvulas Damas

Esta obras se ubicarán entre las coordenadas medias 496.031 F.E y 1.091.510 F.N, con una pendiente promedio del 12%, una orientación suroeste-noreste y una altitud de 1230 m.s.n.m. Tanto la escombrera como la Estación de Válvulas (E.V) Damas, se encontrarán sobre conos de deyección construidos principalmente por el río Damas. Estos conos se encuentran sobre antiguos depósitos laháricos y de cenizas, provenientes de los edificios volcánicos de la Cordillera Volcánica Central.

Aproximadamente a 600m al norte de este sector se encuentra la falla Agua Caliente, la cual inicia en este sector, específicamente al sur de Loma Salitral, en donde presenta un rumbo Norte-Oeste (Figura 7.3.18).

Actualmente este sector presenta una cobertura herbácea, sin embargo, está rodeada por el fuerte desarrollo urbanístico propias del sector de Patarrá (Desamparados) y característico del sector sur de la ciudad de San José.



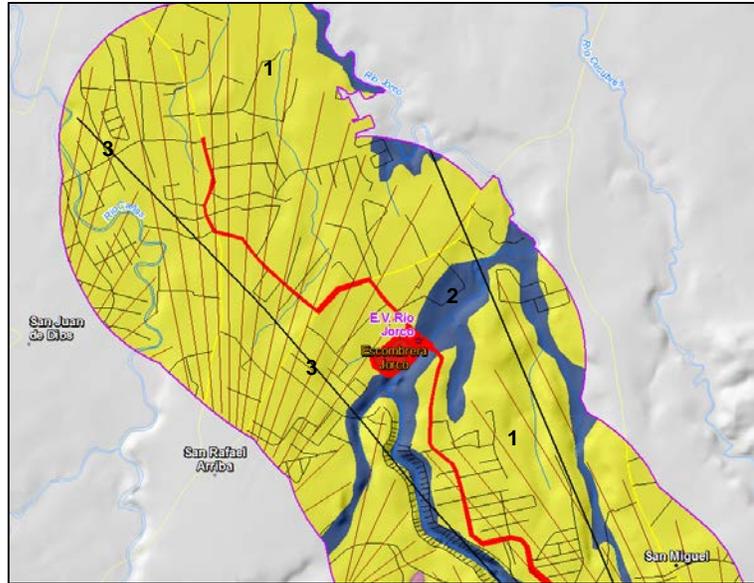
**Figura 7.3.18.** Geomorfología Estación Válvulas y escombrera Damas

1. Conos de deyección del río Damas. 2. Relieve montañoso (multifacético). 3. Relieve pendientes suaves (multiconvexo). 4. Valle río Damas. 5. Fallas Aguacaliente. 6. Loma Salitral. Fuente: Elaboración propia.

#### 6. Escombreras Jorco y Estación de Válvulas Jorco

El terreno donde se encontrarían estas obras, presenta una pendiente promedio del 15%, con una orientación relativa suroeste – noreste, entre las coordenadas medias 492.225 F.E y 1.092.354 F.N, a una altitud de 1.165 m.s.n.m.

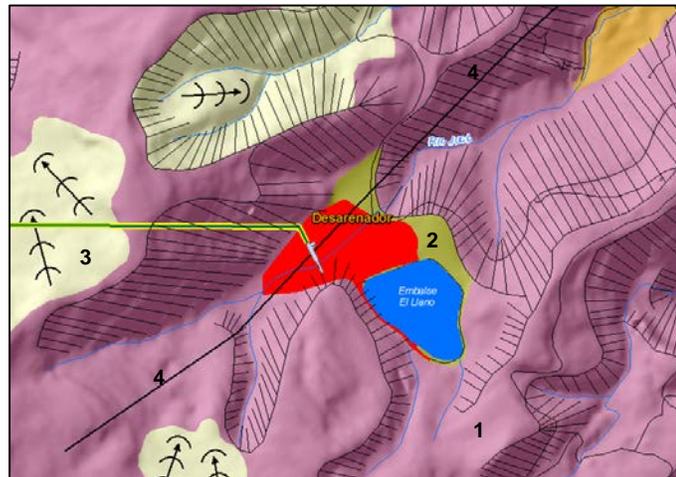
Morfológicamente se encuentra en el valle de inundación del río Jorco, el cual ha estado sometido al depósito de sedimentos producto de los grandes conos de deyección construidos principalmente por los ríos Jorco y Cañas. Al suroeste, aproximadamente a 200m se encuentra la falla Higuito (Figura 7.3.19).



**Figura 7.3.19.** Geomorfología de Estación Válvulas y escombreras Jorco  
 1. Conos de deyección. 2. Valle río Jorco. 3. Falla Higuito  
 Fuente: Elaboración propia

#### b. Desarenador

Morfológicamente, el desarenador se encontraría en una zona de relieves multifacéticos, caracterizados por laderas de fuertes pendientes y taludes de erosión, los cuales conforman la parte alta de la cuenca del río Jucó. Estas laderas presentan deslizamientos antiguos, evidenciados por un depósito de coluvios, aguas abajo, la cual conformó una zona plana, donde actualmente se encuentra ubicado el embalse El Llano y a partir de donde se construirá el desarenador (Figura 7.3.20).



**Figura 7.3.20.** Geomorfología del sector del desarenador  
 1. Relieve multifacético. 2. Depósito de coluvios. 3. Deslizamientos. 4. Falla geológica  
 Fuente: Elaboración propia

### c. Tuberías de Conducción

#### 1. Tubería conducción El Llano – El Tejar

Geomorfológicamente, esta tubería atravesaría en sentido Suroeste – Noreste la cuenca del río Navarro, a la altura de la comunidad Navarro El Muñeco (509.944 F.E y 1.082.633 F.N). El río principal de esta cuenca (río Navarro), discurre en sentido SO-NE, con un trazado casi rectilíneo provocado por la presencia de la falla Navarro.

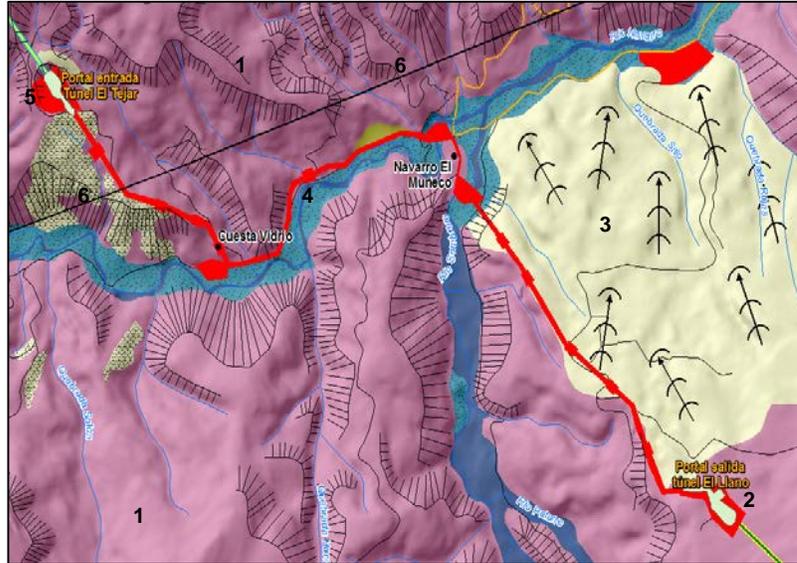
En este sector, el río y la presencia de la falla, han dado origen a una serie de terrazas fluvio tectónicas, las cuales han sido en su mayoría, especialmente en la margen izquierda de este río, alteradas por la acción antrópica que se ha desarrollado en este sector. Sobre estas es posible encontrar viviendas y cultivos agrícolas, así como actividades ganaderas.

El portal de salida del túnel El Llano, se encontraría en la vertiente derecha del valle del río Navarro, a una elevación aproximada de 1560m.s.n.m, en un modelado de tipo multifacético, de fuertes taludes y pendientes. Posteriormente, la tubería de conducción “El Llano – El Tejar”, transitaría por una zona de deslizamientos antiguos, evidenciados por la deformación del terreno y de las especies arbóreas localizadas en este punto, las cuales presentan una inclinación provocadas por los movimientos del suelo (Figura 7.3.21).



**Figura 7.3.21.** Zona de deslizamientos, margen derecha río Navarro  
Fuente: Propia. (21/07/2017)

Posteriormente, la tubería de conducción llegaría al fondo del valle (1234 m.s.n.m) en donde cruza los ríos Sombrero (afluente) y el propio río Navarro, punto en el que tomará una dirección NO-SE, sobre las terrazas fluvio tectónicas de la margen izquierda del río Navarro, sobre el valle de inundación de este río, hasta llegar al sector conocido como “Cuesta Vidrio”, en donde cambiará de dirección (SE-NO) para finalizar una altitud promedio de 1471m.s.n.m, en lo que sería el portal de entrada del túnel “El Tejar” (508.486 F.E y 1.082.805 F.N) (Figura 7.3.22).



**Figura 7.3.22.** Geomorfología de la tubería conducción El Llano – El Tejar, cuenca río Navarro  
 1. Modelado multifacético. 2. Ubicación portal salida túnel El Llano. 3. Zona de deslizamientos.  
 4. Terrazas fluvio – tectónicas del río Navarro. Ubicación portal entrada túnel El Tejar. 6. Falla geológica Navarro.

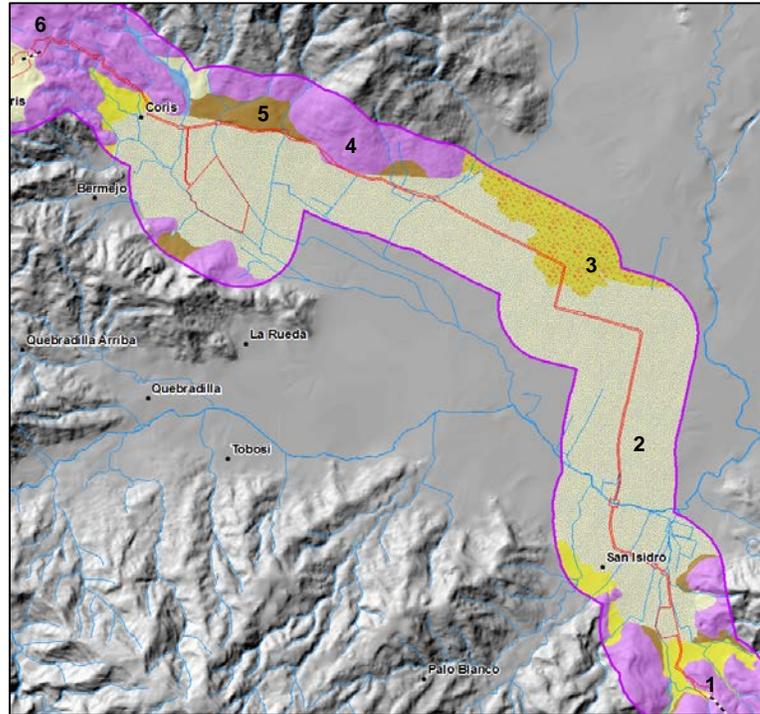
Fuente: Elaboración propia

## 2. Tubería conducción El Tejar – Lajas

Esta tubería tendría una longitud aproximada de 10 591m, iniciando al suroeste de la comunidad de Guatuso de El Guarco, específicamente en lo que será el portal de salida del túnel El Tejar (506.139 F.E y 1.085.622 F.N) a una altitud promedio de 1435m.s.n.m y con una morfología multifacética, de fuertes pendientes.

A partir de este punto, la tubería descendería una distancia aproximada de 480m, en sentido suroeste – noreste, hasta llegar a lo que corresponde con el fondo de valle de la cuenca Coris, el cual presenta una topografía relativamente plana, correspondiente a depósitos paleo-lacustres, laháricos y de piedemonte, hasta llegar a la comunidad de Coris, en donde comenzaría su ascenso a través de relieves multifacéticos, hasta llegar al portal de entrada del túnel Lajas, el cual se ubicaría entre las coordenadas 500.177 F.E y 1.091.615 F.N, en los alrededores del sector Alto Coris.

La Figura 7.3.23 muestra el detalle geomorfológico de la tubería de conducción El Tejar – Lajas.

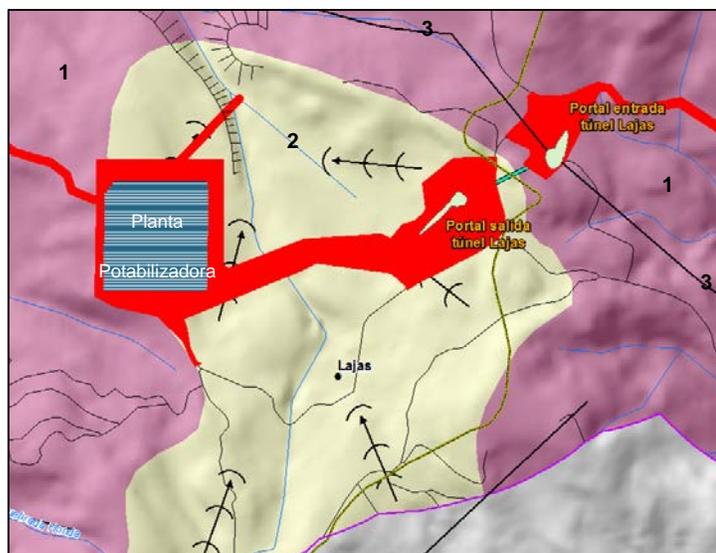


**Figura 7.3.23.** Geomorfología de la tubería de conducción El Tejar – Lajas  
 1. Portal de salida túnel El Tejar 2. Depósitos paleo-lacustres 3. Depósitos laháricos 4. Relieves multifacéticos 5. Depósitos de piedemonte 6. Portal de entrada túnel Lajas.  
 Fuente: Elaboración propia

#### **d. Planta Potabilizadora**

Se localizaría específicamente a una altitud de 1500m.s.n.m, entre las coordenadas 499.421 (F.E) y 1.091.455 (F.N), en lo corresponde a la divisoria de aguas de los Cerros de La Carpintera, quienes se encargan de separar fisiográficamente el valle Central en donde unidades: Occidental (ciudad San José) y Oriental (ciudad Cartago).

Según la morfología del terreno, los sectores donde se ubicarían los portales de salida y entrada del Túnel Lajas, la conducción y la Planta Potabilizadora, sugieren una zona de deslizamientos (antiguos y recientes), evidenciada por la topografía multiconvexa, procesos de solifluxión y de procesos de remoción en masa. Además, en este sector se encuentra la falla Aguacaliente, la cual hacia el norte presenta una orientación ONO-ESE, y a partir de este sector cambia en sentido NO-SE (Figura 7.3.24).



**Figura 7.3.24.** Geomorfología del sector de la planta potabilizadora, Alto Coris.  
 1. Relieve multifacético. 2. Deslizamientos. 3. Falla Aguacaliente  
 Fuente: Elaboración propia

Actualmente, el sector de Alto Coris, presenta una alteración antrópica, debido, entre otras cosas, a las actividades de reforestación y plantación de especies forestales, principalmente de coníferas (Figura 7.3.25).



**Figura 7.3.25.** Topografía multiconvexa producto de deslizamientos, sector Alto Coris  
 Fuente: Méndez, J (18/04/2017)

## e. Tuberías de distribución

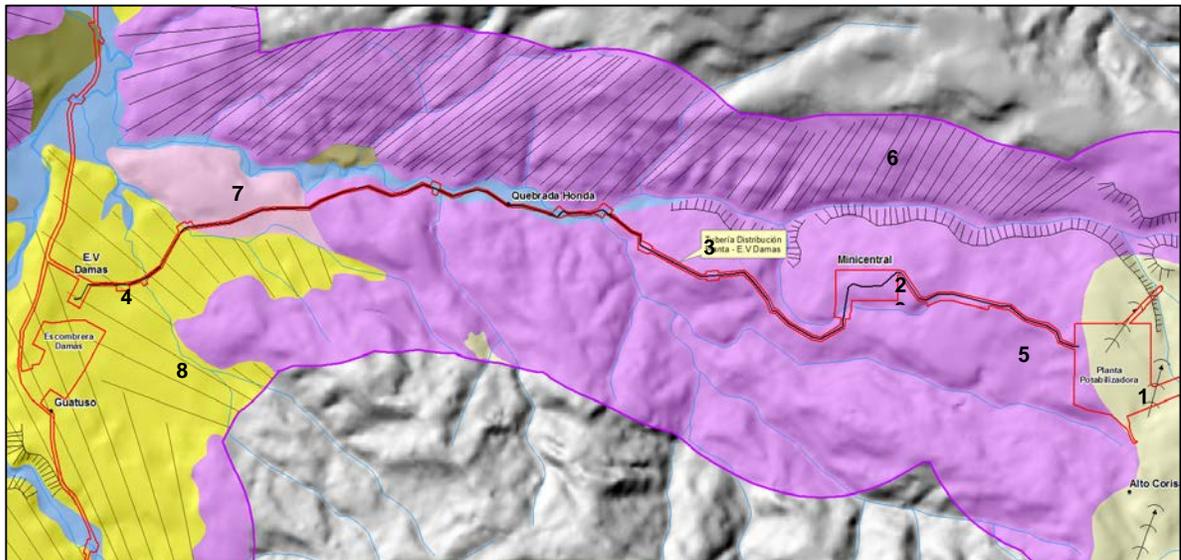
### 1. Tubería de distribución Planta Potabilizadora – E.V Damas

Tendrá una longitud aproximada de 3853m y una orientación predominantemente este-oeste, iniciando en la Planta Potabilizadora (1500m.s.n.m) hasta concluir en la Estación de Válvulas (E.V) Damas, la cual se encuentra entre las coordenadas medias 496. 090 (F.E) y 1.091.708 (F.E) a una altitud de 1217m.s.n.m, por lo que la pendiente promedio de esta obra sería de 7% (aproximadamente).

Esta tubería atravesaría relieves de tipo multifacéticos, con fuertes pendientes y taludes de erosión, hasta llegar a un sector de relieves plano ondulados (multiconvexos), para finalizar en una zona de conos de deyección, construidos principalmente por los ríos Damas y Salitrillo.

Sobre este tipo de relieves multifacéticos se encontraría la Minicentral (498.626 F.E y 1.091.728 F.N), cuyo terreno de 2ha está caracterizado por una pendiente promedio del 33%, orientación este-oeste y una altitud de 1407 m.s.n.m.

La Figura 7.3.26 muestra el detalle de las unidades y procesos geomorfológicos, así como las obras que se localizan en el sector de la tubería de distribución Planta – E.V Damas.



**Figura 7.3.26.** Geomorfología tubería distribución Planta – E.V Damas

1. Planta Potabilizadora 2. Minicentral 3. Tubería distribución 4. E.V Damas 5. Relieves multifacéticos 6. Taludes de erosión 7. Relieves multiconvexos 8. Conos de deyección

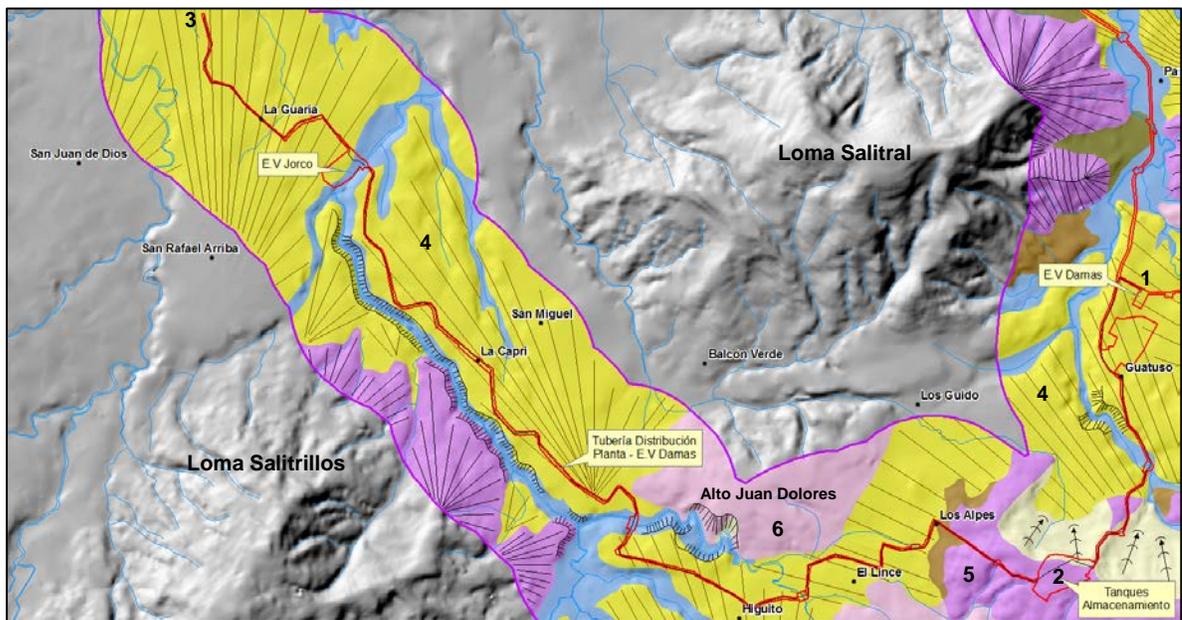
Fuente: Elaboración propia

## 2. Tubería de distribución E.V Damas – Interconexión Maiquetía

Esta tubería tendrá una distancia de 8798m, iniciando en la E.V Damas (1217m.s.n.m) hasta finalizar en el punto de interconexión Maiquetía localizado entre las coordenadas medias 491.544 (F.E) y 1.093.076 (F.N), a una altitud promedio de 1170m.s.n.m.

Atravesará en su mayoría, conos de deyección (formas de origen agradacional), caracterizados por pendientes relativamente planas, construidos principalmente por los ríos Salitrillo, Damas y Jorco.

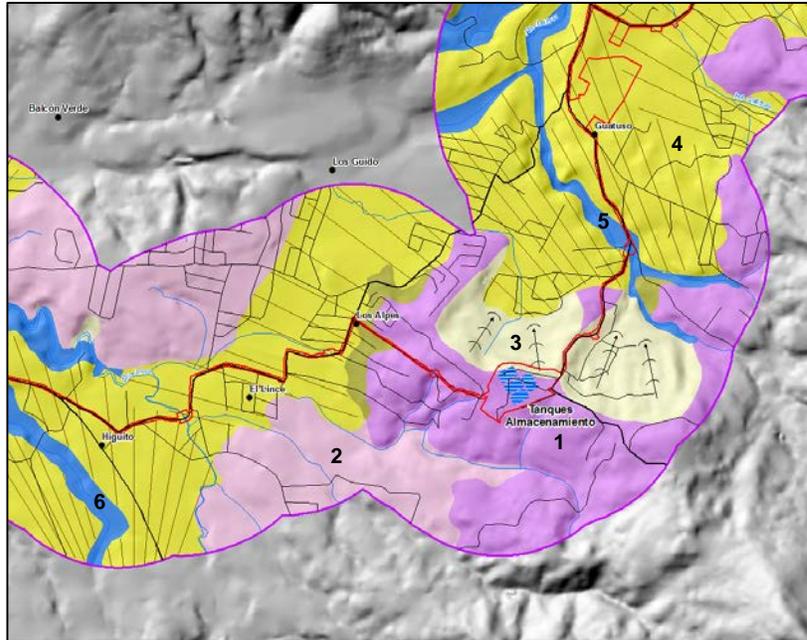
Estos conos de deyección, que sobreyacen depósitos de ceniza y lahares, modelaron y suavizaron la topografía preexistente (Bergoeing, 2014), en donde aún se puede distinguir un conjunto de lomas aisladas, entre ellas: Salitrillos, Alto Juan Dolores, Salitral y San Antonio; las cuales son evidencias de un paleo-relieve modelado inicialmente por depósitos laháricos y más recientemente, por los conos de deyección (Figura 7.3.27).



**Figura 7.3.27.** Geomorfología de la tubería distribución E.V Damas – Maiquetía  
1. E.V Damas 2. Tanques de almacenamiento 3. Interconexión Maiquetía 4. Conos de deyección 5. Relieves multifacéticos 6. Relieves multiconvexos  
Fuente: Elaboración propia

Esta homogeneidad del relieve se ve interrumpido por lo que corresponde a las estribaciones de la fila Ventolera, la cual marca el límite sureste del Valle Central Occidental.

En este sector se construirán los tanques de almacenamiento, los cuales se ubicarán en las coordenadas medias 495.698 (F.E) y 1.090.363 (F.N), a una altitud promedio de 1.362m.s.n.m (Figura 7.3.28).



**Figura 7.3.28.** Geomorfología de los tanques de almacenamiento  
 1. Relieves multifacéticos. 2. Relieves multiconvexos. 3. Deslizamientos. 4. Conos de deyección. 5. Valle río Damas. 6. Valle río Jorco  
 Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, a pesar de encontrarse sobre relieves multifacéticos, estos tanques se encontrarían sobre una pequeña divisoria de aguas que separa las subcuencas de los ríos Damas y Jorco; lo anterior provoca que en este punto se presente una morfología plano-ondulada (pendientes <30%), con una orientación de laderas noreste – suroeste.

Hacia el norte de donde se ubicarán estos tanques, cerca de los límites del Área de Proyecto (A.P), se encuentran una serie de deslizamientos (característicos de los relieves multifacéticos) que presentan una dirección predominantemente en sentido noreste.

### 3. Tubería Distribución E.V Damas – Interconexión Hda. Vieja

Inicia en la E.V Damas (1217m.s.n.m) finalizando en el punto de interconexión Hacienda Vieja localizado. Este segmento de tubería tendrá una longitud aproximada de 12.926m, con una orientación en sentido sur – norte y una pendiente promedio relativamente plana, la cual ronda el 0.8%.

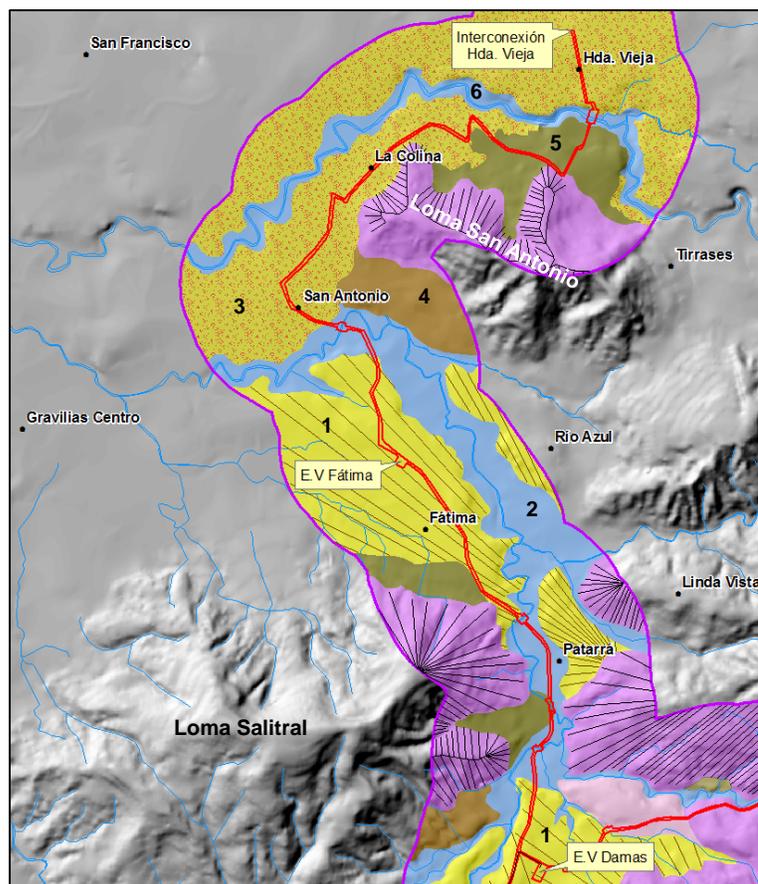
Se construirá en su mayoría sobre formas de origen agradacional, tales como: conos de deyección y depósitos de ceniza y lahares; además cruzará en 4 puntos el valle del río Damas y en una ocasión el valle del río Tiribí, a la altura de la comunidad de Tirrases en Curridabat (Figura 7.3.29).

A su paso, se encuentra lo que será la Estación de Válvulas (E.V) Fátima, la cual se ubicará en un terreno de 0,15ha, entre las coordenadas medias 495.395 (F.E) y 1.093.763 (F.N) a una altitud promedio de 1179m.s.n.m, cuya pendiente promedio es de 4%, aproximadamente.

Morfológicamente, esta E.V se localizará en una zona de conos de deyección construidos principalmente por el río Damas, los cuales sobreyacen depósitos de ceniza y lahares.

Posteriormente, 500m al este de la comunidad La Colina (Curridabat), específicamente entre las coordenadas medias 496.252 (F.E) y 1.095.285 (F.N), se produce un cambio en la topografía de este sector. Una serie de depósitos de avalanchas, provenientes de la Loma San Antonio, provocaron un desnivel de más de 30m de altura, lo cual modificó las pendientes de este sector, llegando incluso a alcanzar valores superiores al 30%. Estos materiales sepultaron los depósitos laháricos y de ceniza característicos de este sector.

Por último, el punto de interconexión Hacienda Vieja se localizará en el cantón Curridabat, entre las coordenadas medias 496.253 (F.E) y 1.095.916 (F.N) a una altitud promedio de 1207m.s.n.m. Este sector se compone de depósitos de ceniza y laháricos provenientes de la cordillera Volcánica Central, los cuales modelaron la topografía del valle Central Occidental.



**Figura 7.3.29.** Detalle geomorfológico de la tubería distribución E.V Damas – Hda. Vieja  
1. Conos de deyección 2. Valle río Damas 3. Depósitos de ceniza y lahares 4. Depósitos de piedemonte 5. Depósitos de avalancha 6. Valle río Tiribí

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7.3.30, se puede apreciar el detalle de las obras del proyecto y el contexto geomorfológico, tales como las formas del relieve, procesos la génesis de estos, en las que se circunscriben cada obra del proyecto. Sin embargo, para un mayor detalle, consultar el Anexo 7.2 que muestra el mapa geomorfológico del Área de Influencia Indirecta (AII) geomorfológica a una escala 1:40.000.

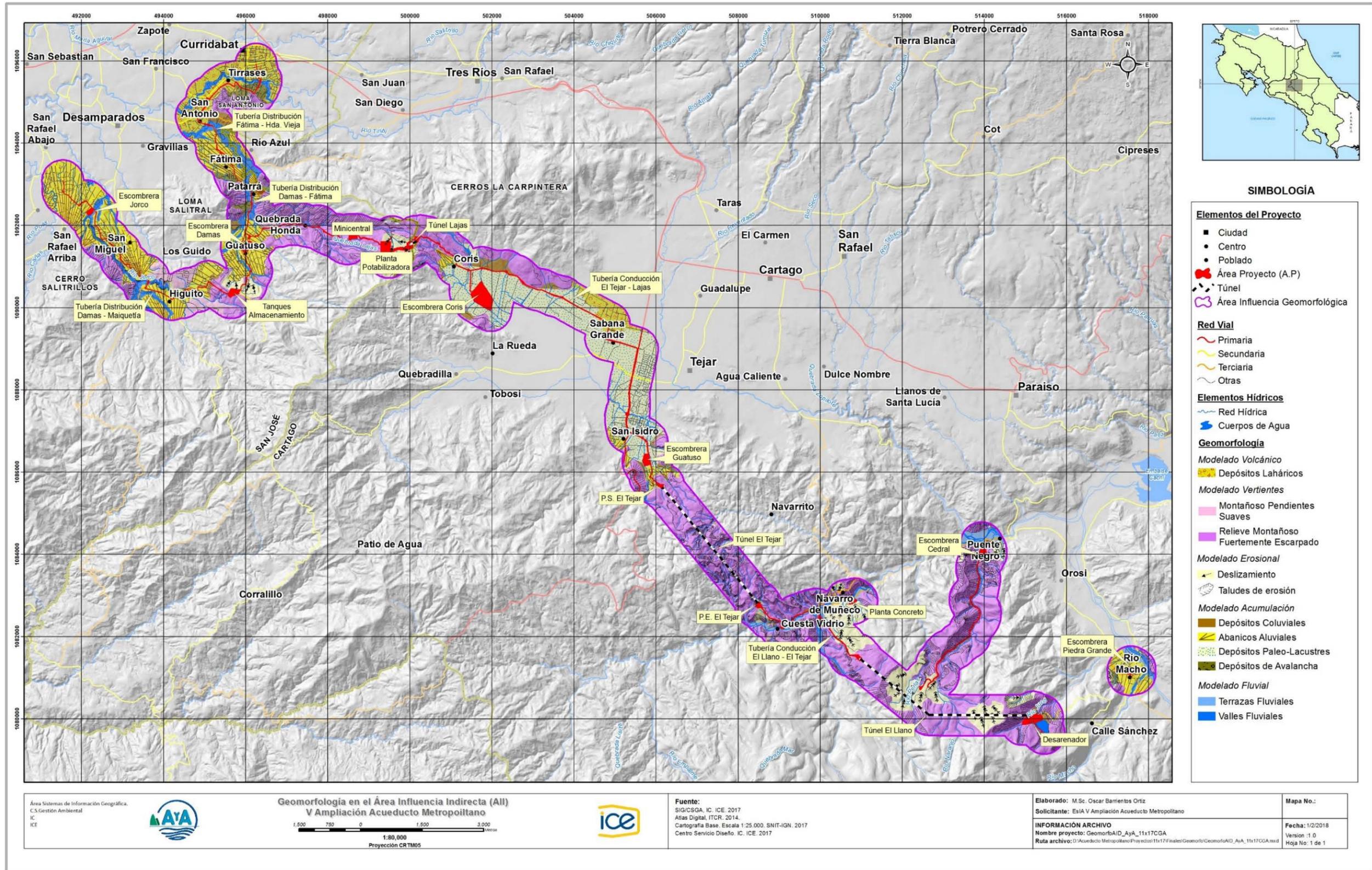


Figura 7.3.30. Mapa geomorfológico del Área de Influencia Indirecta (AII) geomorfológica.

## 7.4. Clima

### 7.4.1. Climatología de la Zona del Acueducto Metropolitano AyA

Debido a la posición geográfica del área donde se construirá el acueducto metropolitano del AyA, esta se caracteriza por presentar un régimen climático con una fuerte componente vinculada a los aportes de la vertiente del Pacífico y una leve contribución secundaria del patrón de lluvias del Caribe, en la primera hay una marcada diferenciación entre la época seca y la lluviosa, mientras que en la segunda las precipitaciones se mantienen a lo largo del año con una alta pluviosidad.

En la gran escala planetaria el país recibe la influencia de los vientos alisios, estos presentan variaciones anuales e intermensuales en su velocidad, de estas dependen los patrones de presencia o ausencia de lluvias de la zona, ya que los vientos alisios interactúan con la posición de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), responsable del principal aporte de humedad a la región del Pacífico. En los meses de época seca (diciembre a marzo), la ZCIT se ubica en su posición más austral, en promedio entre los 1-3°N, mientras que en los meses de época lluviosa (abril a noviembre) la ZCIT alcanza su posición más septentrional, alcanzando en promedio los 9-10°N (Quirós, 2016). De esta forma, la ZCIT y la intensidad de los vientos alisios son los factores que determinan la entrada de las épocas secas y lluviosas.

En la zona una contribución a las lluvias muy importante es la asociada al efecto de la intensidad de los vientos alisios, estos efectos también se observan a una menor escala, ya que afectan a patrones locales como la brisa marina, cuando estos son más intensos la brisa marina del Océano Pacífico no logra ingresar al país, por lo que no se transporta la humedad necesaria para formar nubes de lluvia. En oposición, cuando los vientos alisios tienen una baja intensidad, el aporte de humedad se presenta desde media mañana, y da paso a la formación de nubes convectivas que descargan la precipitación usualmente durante el periodo de la tarde. Por otra parte, la región del Pacífico también se ve afectada por disturbios atmosféricos como lo son, las Ondas Tropicales y los Ciclones Tropicales, estos fenómenos se presentan durante los meses de mayo a noviembre, propiciando un aumento de las lluvias en este periodo.

En cuanto a la variabilidad interanual de las lluvias del Pacífico, se puede aseverar que es consecuencia de como los vientos alisios se ven afectados por la presencia de fenómenos oceánicos y atmosféricos como El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y las anomalías en las temperaturas del Atlántico. En la fase cálida del ENOS (El Niño) los vientos alisios aumentan en el Mar Caribe y provocan generalmente una disminución de lluvias en el Pacífico del país, mientras que en la fase fría del ENOS (La Niña) los vientos alisios se mantienen débiles en el Mar Caribe y permiten que la ZCIT se mantenga cercana al país y aporte alto contenido de humedad, lo que se suma al hecho de que con el debilitamiento de los vientos alisios y aumento de la temperatura de las aguas del Atlántico, son más abundantes los ciclones tropicales de la cuenca del Atlántico.

Como se indicó al inicio la zona este del acueducto metropolitano del AyA también recibe como segunda influencia en las condiciones atmosféricas producto de los patrones de humedad y precipitación de la vertiente del Caribe. Estos eventos se deben al efecto de las circulaciones atmosféricas de gran escala (escala sinóptica), así como la interacción de éstas con la orografía propia de la vertiente del Caribe. Estos factores producen las condiciones necesarias para el desarrollo de tormentas de gran intensidad. De esta forma, dentro de los principales mecanismos generadores de lluvia en la región es posible mencionar el aumento en los vientos alisios y la influencia de frentes fríos, empujes fríos, vaguadas de altura o de niveles bajos, paso de bajas presiones o de complejos convectivos de mesoescala.

Cuando las precipitaciones son asociadas a la influencia de frentes fríos, vaguadas (tanto de altura como de niveles bajos) o al aumento de los vientos alisios, éstas tienden a ser de duración prolongada, alcanzan intensidades débiles y moderadas en la zona en estudio en los meses de diciembre a marzo, estas provienen de nubosidad de tipo estratiforme que cubre casi toda la región por igual.

Como producto de la interacción de los vientos alisios, con la orografía de la vertiente del Caribe, se presenta una marcada variabilidad espacial y temporal de la precipitación. Asimismo, Zárate (1978) menciona que estos patrones de viento son responsables, en la vertiente del Caribe, de un aumento en la frecuencia y en los volúmenes de las precipitaciones, mientras que, en la vertiente del Pacífico y la zona oeste del Valle Central, generan el efecto contrario.

La interacción de patrones de viento y orografía de la región juegan un papel fundamental en la forma cómo se distribuye la humedad relativa, y en consecuencia como se presenten las precipitaciones, debido al rango de elevaciones entre la elevación máxima a la altura de 2500 m.s.n.m. y la mínima con 1500 m.s.n.m. Esta característica de la precipitación en Costa Rica, en que las barreras topográficas favorecen la ocurrencia de precipitaciones de tipo orográfico, en donde la precipitación máxima tiende a localizarse en la mitad de la pendiente entre el nivel del mar y el punto más elevado de las cordilleras ha sido ampliamente estudiada (Mendizábal, 1973; Chacón y Fernández, 1985; Fernández, Chacón y Melgarejo, 1996).

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, en la zona de análisis se distingue el siguiente tipo de clima predominante:

- a. Clima Tropical Lluvioso Cw'a: Se presenta en la parte alta de la vertiente del Pacífico y en la región del Valle Central occidental 800 y 2900 m.s.n.m. además en el Pacífico Sur entre los 2000 y 3800 m.s.n.m, se caracteriza por presentar una disminución en las lluvias durante los meses correspondientes al invierno del hemisferio norte (diciembre a abril). Las lluvias del mes más lluvioso durante el verano del hemisferio norte son 10 veces mayores que las lluvias del mes más seco durante el invierno boreal. La temperatura media del mes más frío es inferior a los 18 °C pero superior a los -3 °C; el mes más caluroso es cálido con temperaturas superiores a los 20 °C.

#### **7.4.1.1. Información disponible en la zona del acueducto metropolitano AyA**

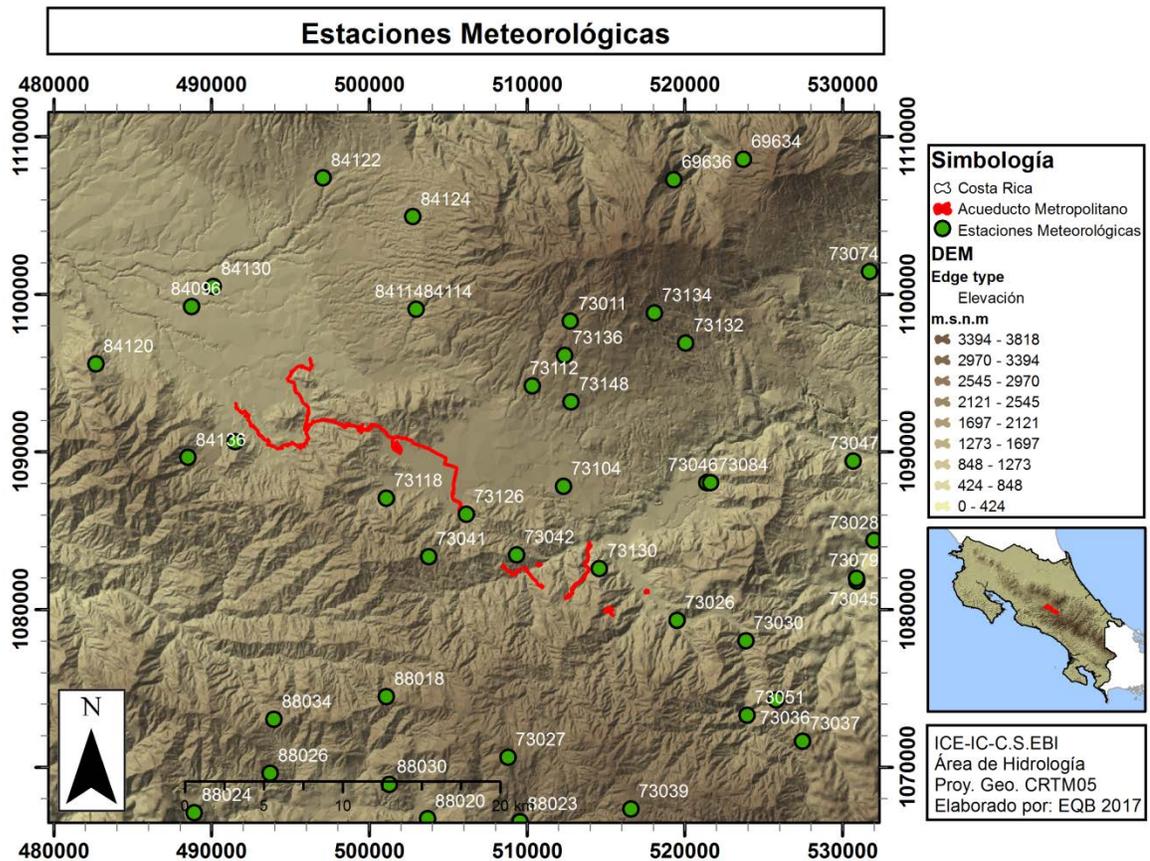
En el cálculo de las isoyetas se utilizaron datos diarios de un total de 44 estaciones de la red de medición del ICE, las mismas se listan en el Cuadro.7.4.1, de las que al menos 13 se ubican cercanas a la zona del acueducto, y las restantes estaciones meteorológicas se ubican en zonas vecinas, y se utilizaron como información complementaria, necesaria para valorar la variabilidad atmosférica de la zona

**Cuadro.7.4.1.** Estaciones meteorológicas utilizadas para análisis de climatología de la zona del acueducto metropolitano AyA, coordenadas CRTM-05

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Latitud (m)</b>	<b>Longitud (m)</b>
69634	LA PICADA DE TURRIALBA	1108575	523738
69636	FINCA GAVILANES	1107279	519316
73011	SANATORIO DURAN	1098288	512757
73026	SAN RAFAEL DE TAPANTI	1079322	519515
73027	EL CAÑON	1070627	508809
73028	EL HUMO	1084387	532024
73030	CORDONCILLAL	1078023	523881
73036	T SEIS	1074263	525814
73037	DESTIERRO	1071648	527474
73039	TRES DE JUNIO	1067347	516587
73041	LA CANGREJA	1083363	503779
73042	MUÑECO	1083470	509354
73045	TAUS	1081807	530935
73046	CACHI (PLANTEL)	1088061	521414
73047	TUCURRIQUE	1089421	530694
73051	DOS AMIGOS	1073309	523952
73074	SAN ANTONIO DE TURRIALBA	1101439	531734
73079	ORIENTE	1081981	530913
73084	PRESA CACHI	1088059	521639
73104	CONCAVAS	1087828	512323
73112	SAN BLAS	1094196	510342
73118	TOBOSI	1087064	501085
73126	TERRENA DE GUATUSO	1086049	506166
73130	ALTO LOAIZA	1082604	514597
73132	PACAYAS	1096904	520079
73134	SAN PABLO DE COT	1098816	518083
73136	TIERRA BLANCA	1096136	512402
73148	LA CHINCHILLA	1093169	512801
84096	SABANA NORTE	1099223	488754
84114	SAN RAMON DE TRES RIOS	1099065	502969
84116	SALITRILLOS DE ASERRI	1090648	491506
84120	CERRO ESCAZU	1095587	482681
84122	SAN LUIS DE SANTO DOMINGO	1107388	497080
84124	SAN PEDRO DE CORONADO	1104920	502774
84130	COLIMA	1100494	490125
84136	ASERRI 1	1089650	488514
88018	EL JARDIN	1074491	501098
88020	SANTA MARIA DE DOTA	1066729	503712

Código	Nombre	Latitud (m)	Longitud (m)
88023	COPEY DE DOTA	1066543	509554
88024	TABACALES	1067110	488909
88026	CARRIZALES	1069623	493730
88030	SAN PEDRO	1068904	501281
88034	CERRO ABEJONAL	1073039	493964

En la Figura 7.4.1 se muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis climatológico de la zona del acueducto metropolitano AyA.

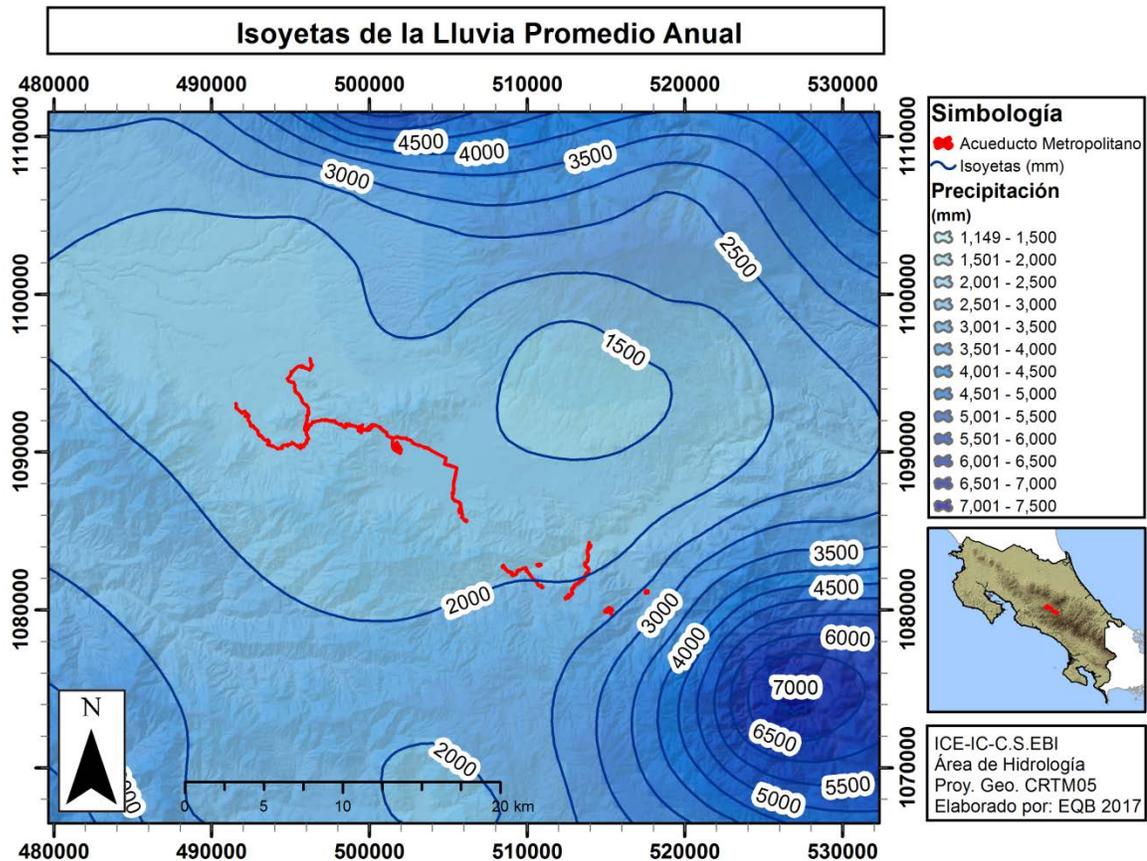


**Figura 7.4.1.** Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis climático de la zona de la V ampliación del acueducto metropolitano del AyA.

Con respecto al análisis de la temperatura, humedad relativa y evaporación, se contó con información de la estación 73126 Terrena de Guatuso, para el período de 2003-2017. Dicha estación se ubica a 283 metros del acueducto en el sector este del mismo, mientras que en el sector oeste del acueducto la estación más cercana es la 84116 Salitrillos de Aserrí y se ubica a 1,5 km, de esta última solo se tienen registros de precipitación.

### 7.4.1.2. Precipitación en la zona del acueducto metropolitano del AyA

En la Figura 7.4.2 se muestra la distribución espacial de la lluvia mediante las isoyetas medias anuales, en mm, para el periodo 1970-2017, la zona del acueducto del AyA. Con base en dicha figura se puede notar como la precipitación máxima alcanza los 2000 mm en el sector oeste del área del acueducto mientras hacia el este sureste hay una porción del acueducto que alcanza a los 2500 mm. La precipitación media areal del acueducto es de 1617 mm para la línea en rojo presentada junto con las isoyetas.

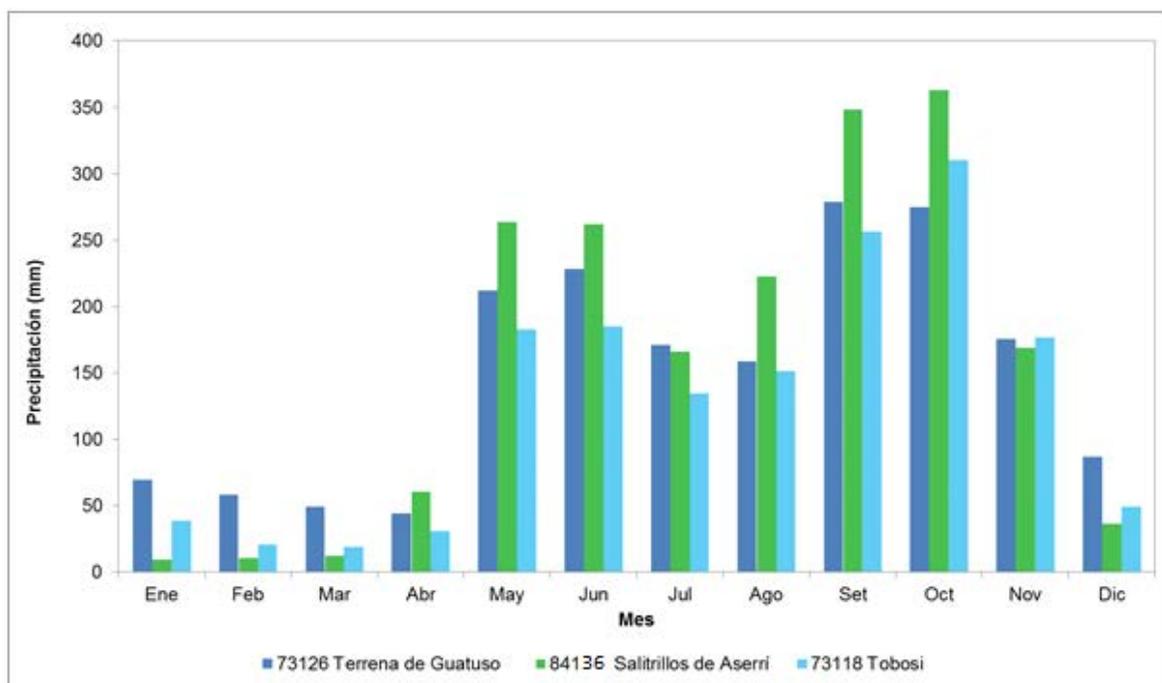


**Figura 7.4.2.** Isoyetas medias anuales en mm en la zona del proyecto de la V ampliación del acueducto metropolitano del AyA

En el análisis de la distribución temporal de la precipitación se analizaron las estaciones 73118 Tobosi periodo 2001-2017, 73126 Terrena de Guatuso periodo 2003-2017 y 84136 Salitrillos de Aserrí periodo 1992-2017. Las longitudes de los registros de estas estaciones son relativamente cortos pero suficientes para una caracterización general de las precipitaciones en la zona.

En la Figura 7.4.3 los valores de precipitación promedio mensual indican que las tres estaciones son muy similares, con lo que se puede decir que en el área del acueducto metropolitano predomina el tipo de lluvia bimodal que obedece principalmente a la influencia del patrón tipo Pacífico. Con una estación seca definida de diciembre a abril y una época lluviosa de mayo a noviembre, en la que se presenta una disminución de las lluvias llamada “veranillo” o “canículas”, la presencia de estos fenómenos está generalmente asociada a un incremento en

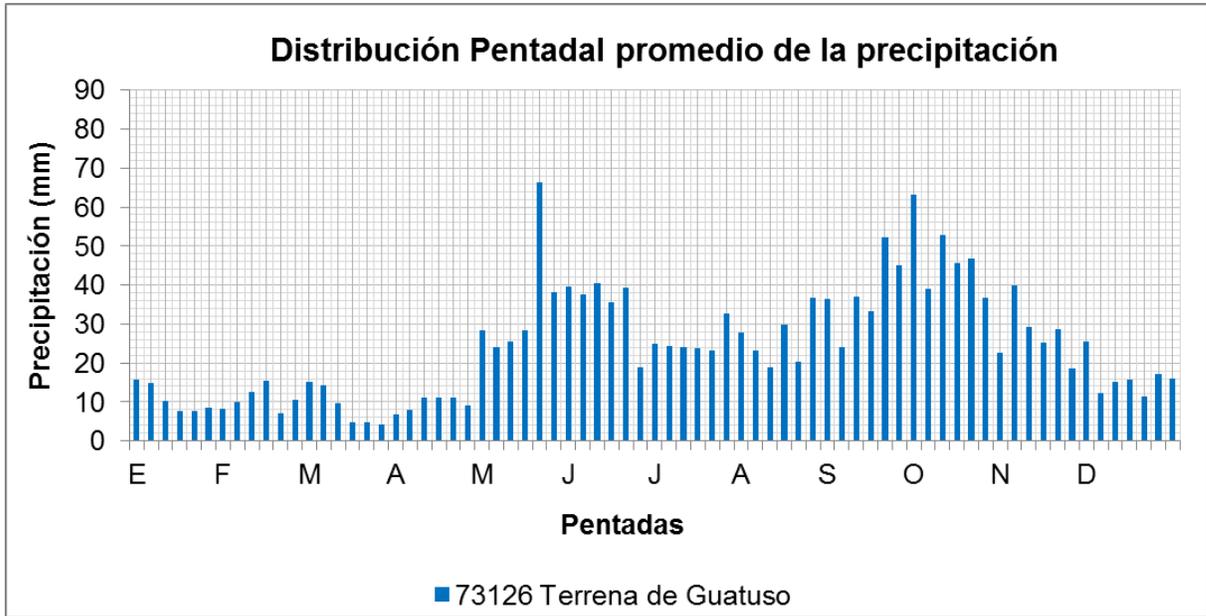
la velocidad de los vientos alisios en el Mar Caribe, estos incrementan como parte del fortalecimiento del Jet de Bajo nivel del oeste del Caribe, ampliamente descrito por Magaña, Amador y Medina (1999).



**Figura 7.4.3.** Precipitación promedio mensual en mm en las estaciones cercanas a la zona del proyecto V ampliación del acueducto metropolitano del AyA

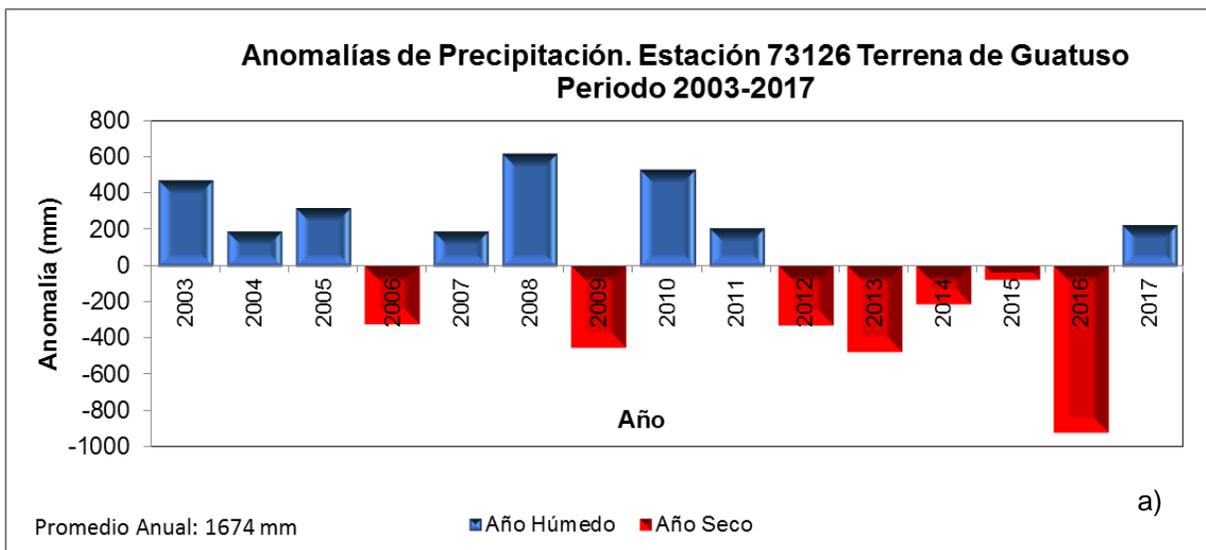
En la estación 73116 Terrena de Guatuso, las lluvias de diciembre a marzo, levemente mayores que en las otras dos estaciones, obedecen a la influencia que tienen el patrón de lluvias del Caribe en la zona, dejando ocasionales lluvias débiles y lloviznas en los periodos especialmente de arriba de empujes polares o de frentes fríos.

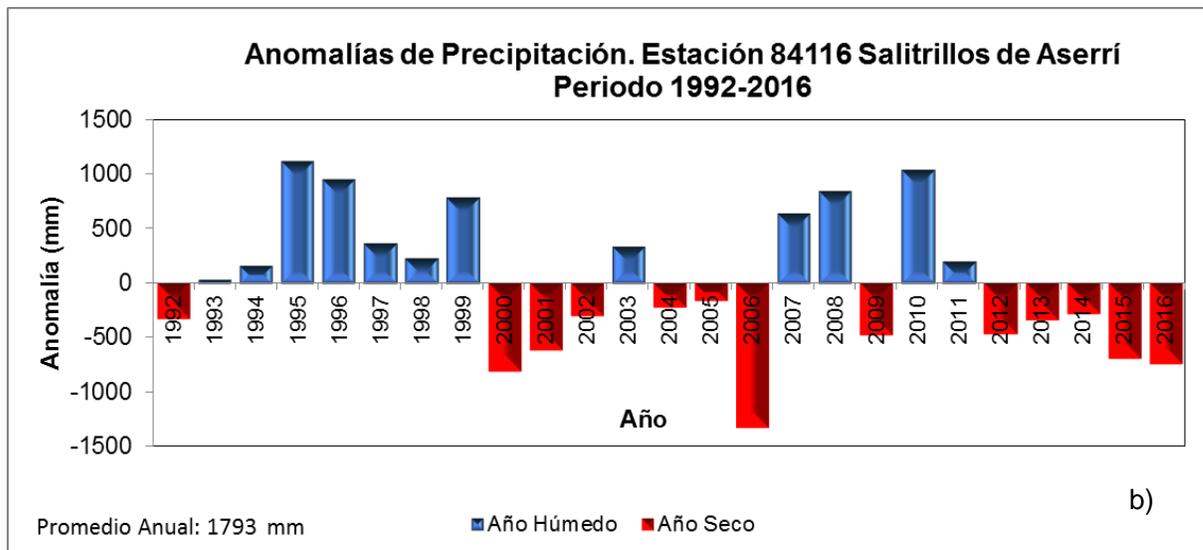
La Figura 7.4.4 contiene las péntadas de la estación 73126 Terrena de Guatuso, donde se puede apreciar que la péntada número 25 en la primera semana de mayo los montos de precipitación superan los 25 mm en periodos de 5 días. Además, presenta una disminución en las péntadas del periodo julio-agosto, esta disminución no es homogénea en todas las péntadas de este periodo ya que hay un reflejo de los aportes secundarios de lluvias de la vertiente del Caribe en estos meses. El máximo anual de lluvias se observa en los meses de setiembre a noviembre, y la entrada de la época seca tiene lugar en la péntada 68 que corresponde a la segunda semana de noviembre.



**Figura 7.4.4.** Distribución pentadal promedio de la precipitación de la zona del acueducto metropolitano AyA estación 73126 Terrena de Guatuso

Por otra parte, como base para el análisis de años secos y húmedos se utilizaron las estaciones 73126 Terrena de Guatuso y 84116 Salitrillos de Aserrí, ubicadas una hacia el este y otra hacia el oeste del mismo. En la Figura 7.4.5 se presenta el gráfico de anomalías (desviaciones con respecto al promedio) construidos con base en la serie de acumulados anuales de precipitación que comprende el período de 2003 hasta el 2017 en el caso de la estación 73126 Terrena de Guatuso y de 1992 al 2017 en el caso de la estación 84116 Salitrillos de Aserrí.



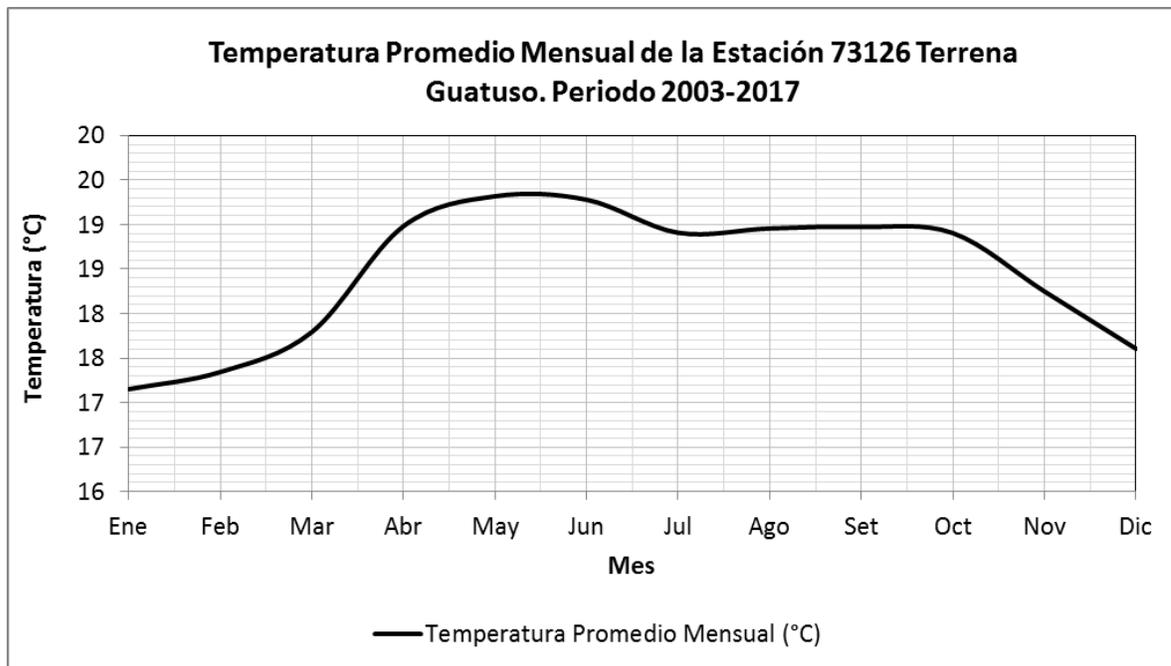


**Figura 7.4.5.** Anomalías anuales de precipitación (mm) para la estación a) 73126 Terrena de Guatuso durante el periodo 2003-2017 y b) 84116 Salitrillos de Aserri periodo 1992-2017

En el gráfico de anomalías de precipitación se puede notar que se presentaron periodos secos y húmedos prolongados, como los años de 1992-1999 que fueron húmedos consecutivos, o el periodo de 2012-2016 que fueron años secos consecutivos en ambas estaciones, estas anomalías de la precipitación estuvieron asociadas a diversas fases del ENOS, predominando las fase neutral, por lo que la influencia de las temperaturas del Atlántico puede estar jugando un rol importante en el patrón de lluvias de la zona (Fallas y Alfaro, 2012).

#### 7.4.1.3. Temperatura en la zona acueducto metropolitano AyA

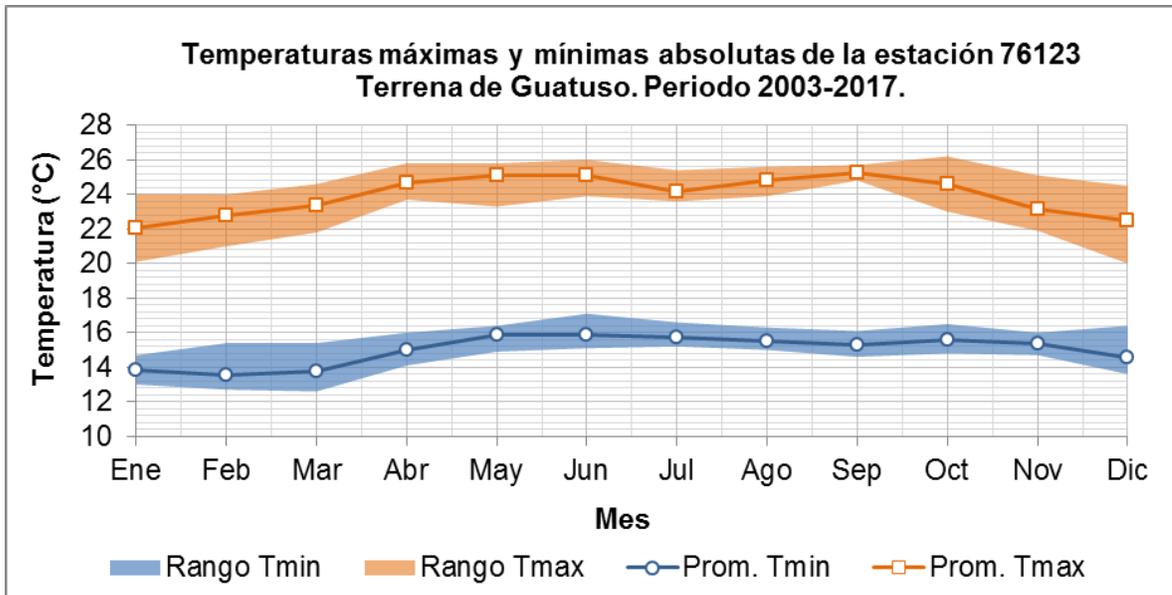
En cuanto al análisis de la variable temperatura se utilizó la información de la estación 73126 Terrena de Guatuso, la cual se encuentra a una elevación de 1416 m.s.n.m., y cuenta con datos del periodo 2003-2017. En la Figura 7.4.6 se observa la variación de la temperatura promedio mensual registrada en la estación, donde se observa un máximo de 19,3 °C en los meses de mayo a junio, y un mínimo de 17,2 °C en enero. Estas variaciones son asociadas el ciclo anual de calentamiento y enfriamiento que ocurre también identificado en los patrones de nubosidad y precipitaciones, así como las masas de aire de sistemas invernales que alcanzan influenciar la zona.



**Figura 7.4.6.** Temperaturas promedio mensuales de la estación 73126 Terrena de Guatuso, en °C. Periodo 2003-2017

Existen otras variaciones de temperatura en las zonas tropicales que están principalmente determinadas por la elevación de la zona sobre el nivel del mar; y se presentan además otros factores que también aportan cambios y definen microclimas, los cuales pueden generar, incluso en distancias pequeñas, variaciones de la temperatura entre puntos ubicados a una misma elevación. Estas variaciones definen las condiciones locales de un determinado sitio y son provocadas por irregularidades en el terreno, diferentes tipos de cobertura vegetal, vientos predominantes, relieve, ciudades, ríos, lagos, etc. En esta cuenca solo se cuenta con una estación en un extremo del acueducto por lo que no se conoce el comportamiento de la temperatura en otros sectores del mismo. A lo largo del año las variaciones de temperatura en una misma estación no son muy marcadas, los meses más cálidos son de abril a junio, mientras que las menores temperaturas se dan entre octubre y marzo.

En la Figura 7.4.7 se muestra la variación mensual de la temperatura mínima y máxima absolutas en la zona, según los datos de la estación 73126 Terrena de Guatuso para el período de 2003-2017. Las temperaturas máximas absolutas oscilan en el rango de 20,0 a 26,2 °C y las temperaturas mínimas absolutas oscilan entre los 12,6 y los 17,0 °C.



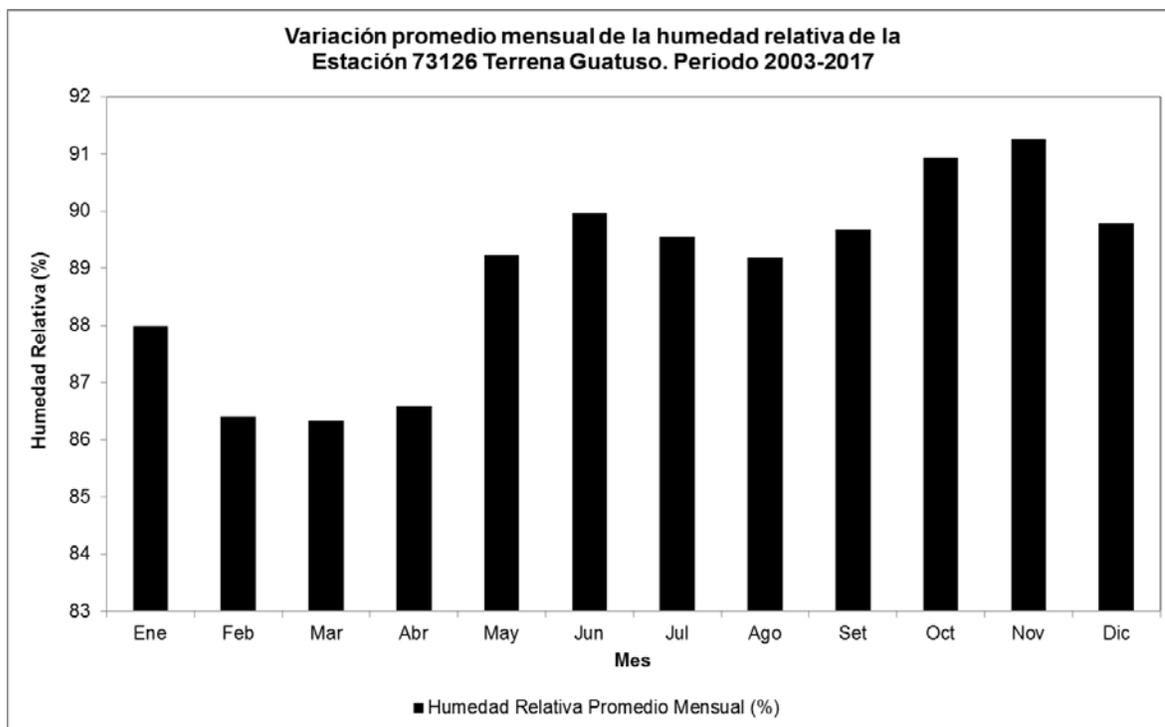
**Figura 7.4.7.** Rangos de temperaturas máximas y mínimas absolutas (°C) de la estación 73126 Terrena de Guatuso, periodo 2003-2017

#### 7.4.1.4. Humedad relativa en la zona del acueducto metropolitano AyA

Para el análisis de la humedad relativa se utilizaron los datos de la estación 73126 Terrena de Guatuso, para el periodo 2003-2017. En el Cuadro.7.4.2 se muestran los valores medios mensuales, y en la Figura 7.4.8 se muestran estos mismos datos en forma gráfica.

**Cuadro.7.4.2.** Humedad Relativa (%) mensual de la estación meteorológica 73126 Terrena de Guatuso localizada al este del acueducto metropolitano del AyA

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual (%)
73126 Terrena de Guatuso	88	86	86	87	89	90	90	89	90	91	91	90	89



**Figura 7.4.8.** Humedad relativa promedio mensual de la estación 73126 Terrena de Guatuso, periodo 2003-2017

Se observa como el patrón en la estación 73126 Terrena de Guatuso indica que el máximo de humedad relativa de 91% ocurre en los meses de octubre y noviembre, coincide con el mes periodo más lluvioso de la estación húmeda, mientras que los meses de enero y marzo tienen el menor porcentaje de humedad el cual corresponde al 86%. El valor promedio anual de humedad relativa es de 89%. Las variaciones intermensuales son leves y, además, se encuentran directamente relacionadas con la intensidad de los vientos alisios, los que son más intensos de diciembre a marzo y más débiles de abril a noviembre, con un aumento relativo entre julio y agosto.

En general, la distribución de la humedad relativa del país depende, principalmente, de la incursión de vientos húmedos provenientes de ambos litorales. Debido a su posición geográfica, la zona donde se ubicará el acueducto recibe un aporte de humedad más significativo desde el Océano Pacífico, un segundo aporte proviene del Mar Caribe, desde donde el alto contenido de humedad alcanza el país al ser transportada por los vientos alisios. Dado que la intensidad de éstos varía a lo largo de todo el año, el ingreso de humedad a la cuenca no es constante.

Por otra parte, otros fenómenos, tales como la ZCIT, bajas presiones, ondas tropicales y ciclones tropicales, provocan aumentos en la humedad relativa durante los restantes meses del año, los cuales eventualmente, producen un aumento en las precipitaciones durante periodos generalmente cortos.

#### 7.4.1.5. Viento en la zona del acueducto metropolitano AyA

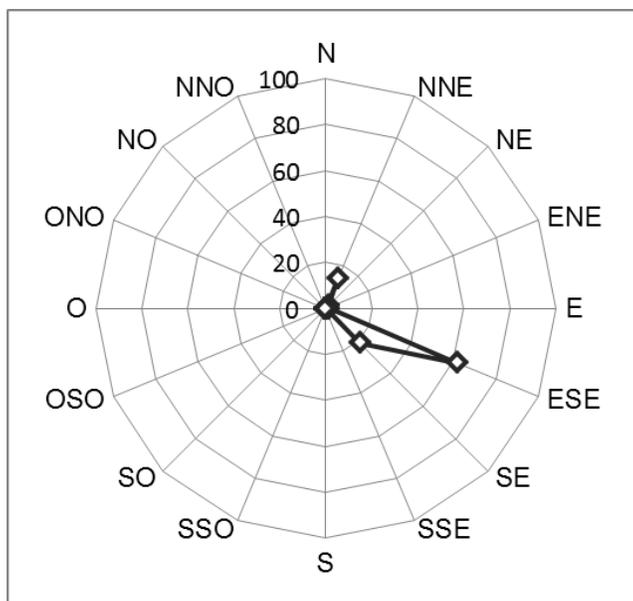
En cuanto a las mediciones de viento la estación más cercana es la 73126 Terrena de Guatuso, que cuenta con estas mediciones para el período del 2003 al 2017. Dicha estación se consideró representativa del área de estudio, ya que se encuentra en la misma dirección del flujo predominante.

En la Figura 7.4.9 se presentan los patrones de variación mensual de la velocidad del viento registrada por la estación 73126 Terrena de Guatuso, de donde se destaca que a lo largo del año las velocidades fueron más altas entre diciembre a marzo, cuando alcanzan  $2,1 \text{ m s}^{-1}$ . Entre abril y noviembre los valores se mantienen entre  $1,7$  y  $1,2 \text{ m s}^{-1}$ .



**Figura 7.4.9.** Velocidad promedio mensual ( $\text{m s}^{-1}$ ) del viento en la estación 73126 Terrena de Guatuso. Período 2003-2017

En la Figura 7.4.10 se muestra la dirección y las frecuencias relativas del viento registradas en la estación 73126 Terrena de Guatuso, donde se observa que la mayor frecuencia de vientos sucede en la dirección este sureste.

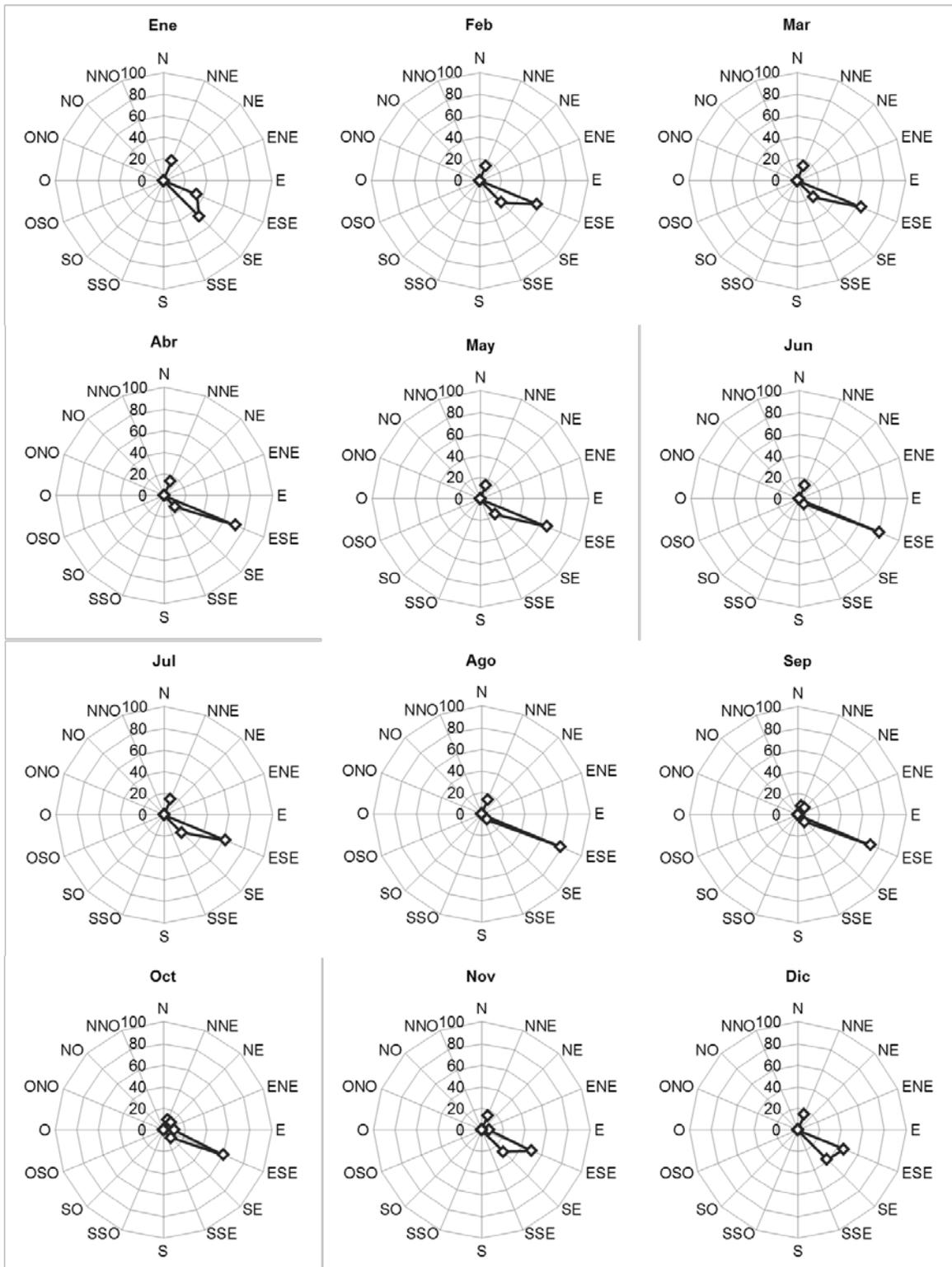


**Figura 7.4.10.** Frecuencia relativa (%) de la dirección anual del viento para la estación 73126 Terrena de Guatuso, periodo 2003-2017

La distribución de frecuencias de dirección de viento, la estación 73126 Terrena de Guatuso refleja en gran medida el patrón de vientos que eventualmente se percibiría en la zona del acueducto, especialmente hacia el este del mismo que es donde se ubica la estación. De esta forma, los valores promedio mensuales de intensidad y dirección predominante en dicha estación se muestran en el Cuadro.7.4.3. Además, la distribución de frecuencias relativas de la dirección predominante del viento a nivel mensual, se presenta en la Figura 7.4.11.

**Cuadro.7.4.3.** Patrón de variación mensual de la velocidad promedio y la dirección predominante del viento para la estación 73126 Terrena de Guatuso. Periodo 2003-2017

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Velocidad (m s<sup>-1</sup>)</b>	2,1	2,0	1,9	1,7	1,4	1,3	1,6	1,5	1,3	1,2	1,5	1,9
<b>Dirección Predominante</b>	SE	ESE										



**Figura 7.4.11.** Distribución de frecuencias relativas de la dirección predominante del viento, a nivel mensual, para la estación 73126 Terrena de Guatuso. Periodo 2003-2017

## 7.5. Hidrología

### 7.5.1. Aguas superficiales

#### 7.5.1.1. Ubicación y Áreas de Influencia Directa e Indirecta

El Área de Proyecto (AP) se extiende a lo largo de aproximadamente 36 km, desde la toma de aguas en el distrito de Orosi, en la provincia de Cartago, hasta las comunidades ubicadas en los distritos de San Rafael Arriba y Curridabat, en la provincia de San José.

El sistema de acueducto metropolitano está conformado por varias obras, entre las que destacan: el desarenador, sitios de escombreras, ventanas de túnel, planta de concreto, planta potabilizadora, estación de válvulas, tanques de almacenamiento, tuberías de conducción y distribución, así como la infraestructura para el cruce de ríos y quebradas de estas tuberías. Para cada una de estas obras se determinó el Área de Influencia Directa (AID) para el factor físico "Agua Superficial". En la delimitación de estas áreas se consideró la topografía del AP mediante un modelo de elevación digital en escala 1:200 000 y mediante el uso de un sistema de información geográfica se modeló la acumulación y dirección del flujo superficial, de forma que los polígonos obtenidos del AID representan las zonas por las cuales el exceso de lluvia escurriría en forma superficial hasta alcanzar el cauce más cercano. El resultado obtenido se muestra en la Figura 7.5.1.

Por otra parte, los polígonos del Área de Influencia Indirecta (All) se delimitaron como el área de drenaje del cauce identificado previamente en el AID, hasta su confluencia con otro río de área similar, y que, además, no presente ningún tipo de alteración debido al proyecto. En la Figura 7.5.2 se muestran los polígonos obtenidos para el All.

El AP atraviesa tres cuencas en las que el ICE cuenta con registros hidrológicos. Específicamente, las cuencas de los ríos Grande de Orosi y Navarro, afluentes del río Reventazón, el cual drena hacia la Vertiente Caribe, y la cuenca del río Tiribí, afluente del río Grande de Tárcoles, que drena hacia la Vertiente del Pacífico. En el Cuadro.7.5.1 se indican las principales propiedades de estas estaciones de referencia. En la Figura 7.5.3 se muestra la ubicación de las estaciones, las cuencas de drenaje, el AP y las principales obras del proyecto.

**Cuadro.7.5.1.** Principales propiedades de las estaciones hidrológicas utilizadas

Código	Nombre	Río	Área drenaje (km <sup>2</sup> )	Período registro	Precipitación (mm/año)	Caudal promedio anual (m <sup>3</sup> /s)
09-19	Palomo	Grande de Orosi	371	1971 - 2017	4265	12.2
09-45	Puente Negro	Navarro	273	1971 - 2017	1875	9.3
24-28	Anonos	Tiribí	213	1991 - 2007	1975	12.3

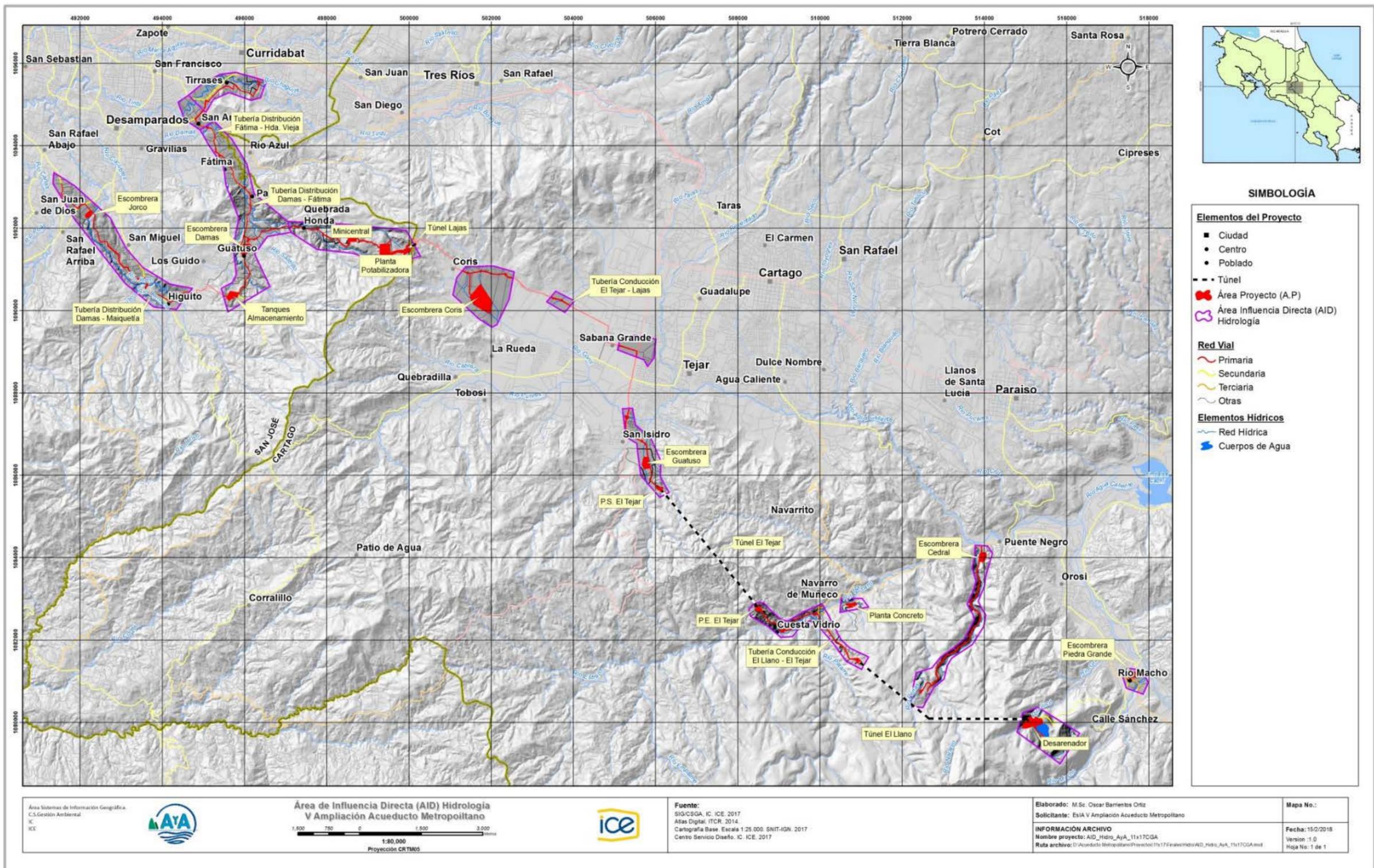


Figura 7.5.1. Área de Influencia Directa (AID) de las obras del proyecto V ampliación del acueducto metropolitano del AyA

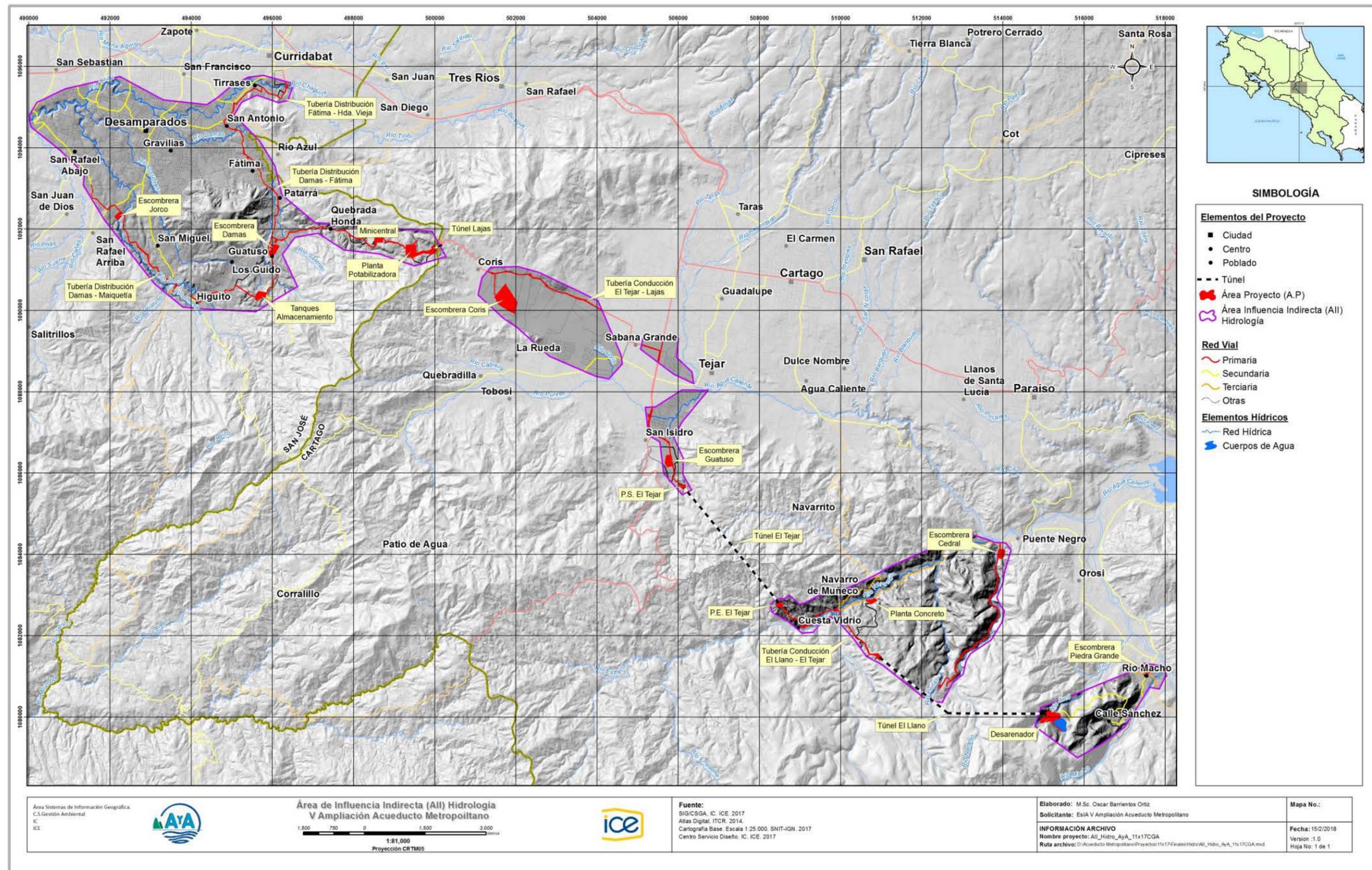


Figura 7.5.2. Área de Influencia Indirecta (AII) de las obras del proyecto V ampliación del acueducto metropolitano del AyA

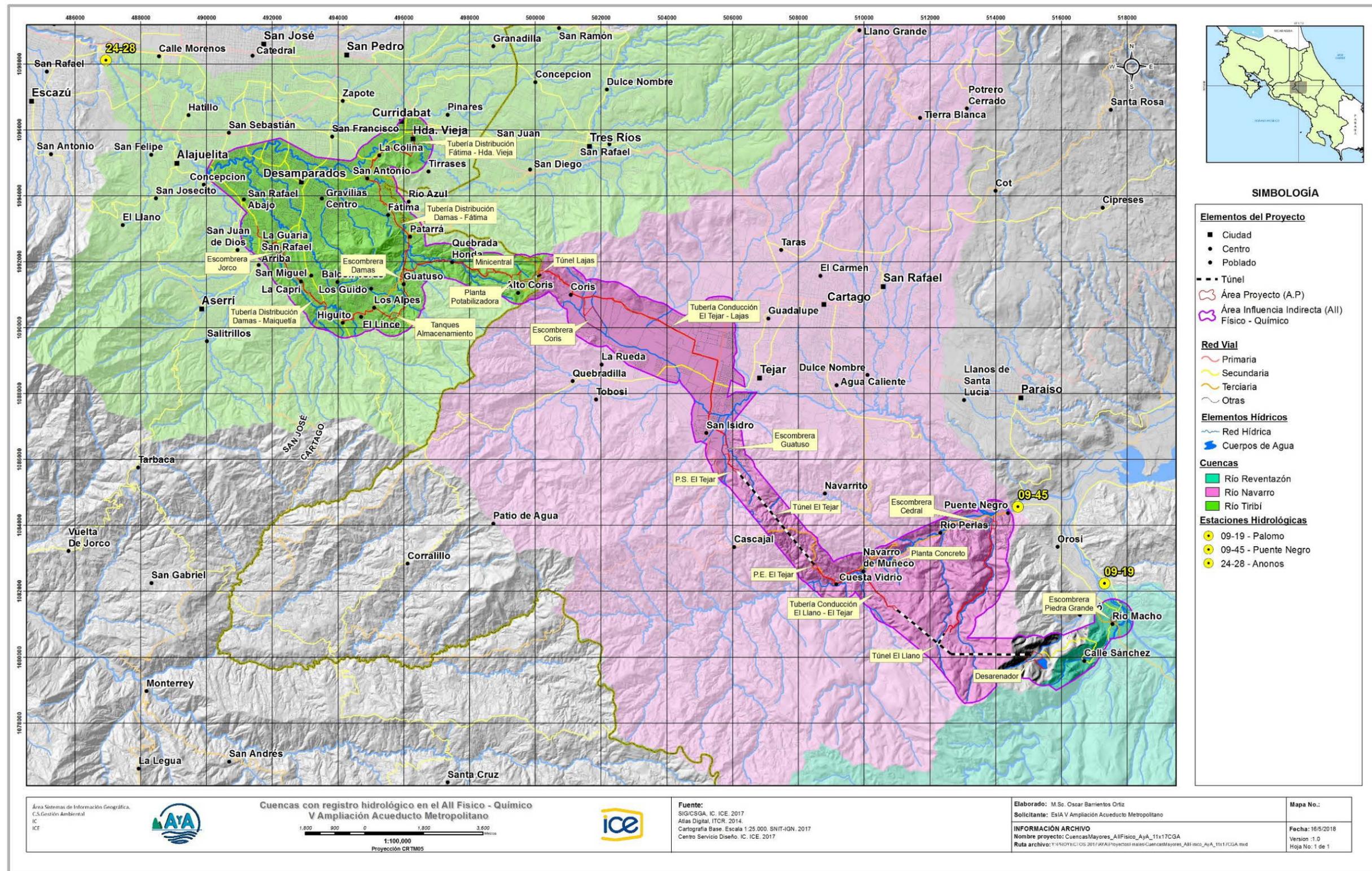


Figura 7.5.3. Delimitación de las cuencas con registro hidrológico del proyecto V ampliación del acueducto metropolitano del AyA

### 7.5.1.2. Obras en cauce

Dentro del AP se identificó que el sistema de tuberías de conducción y distribución tiene 34 sitios de cruce de ríos y quebradas. Las condiciones *in situ* de cada sitio de cruce definen el tipo de paso a utilizar, ya sea subterráneo, como los pasos con Perforación Horizontal Dirigida (PHD), o los elevados como el uso de puente-tubos. En el Cuadro.7.5.2 se presenta la información relacionada con la ubicación de los sitios de cruce de ríos o quebradas para la tubería de conducción, así como el tipo de paso que se propone utilizar en cada caso.

**Cuadro.7.5.2.** Sitios de cruce de ríos y quebradas para la tubería de conducción y tipo de paso propuesto

No.	Curso de agua	Coordenadas (CRTM05)		Elevación (msnm)	Tipo de paso	
		Este	Norte			
1	Río Sombrero	510 003,235	1 082 459,269	1242.172	Subterráneo	Intervención en cauce
2	Río Sombrero	510 061	1 082 651	1229	Intervención en cauce, constitución o mejoramiento de vado.	
3	Río Navarro	509 888,974	1 082 620,645	1229.724	Puente tubo	
4	Río Navarro	509 948	1 082 671	1230	Intervención en cauce, constitución o mejoramiento de vado.	
5	(sin nombre)	509426.36	1082504.26	1250.54	Intervención en cauce, paso elevado, relleno con colocación de alcantarillas.	
6	Quebrada Guatuso	505763.948	1086795.559	1378.105	Subterráneo	Intervención en cauce
7	(sin nombre)	505667.00	1086830.31	1376.33	Subterráneo	Intervención en cauce
8	Quebrada Lobo	505434.188	1086937.086	1381.430	Subterráneo	Intervención en cauce
9	Río Purires	505298.625	1087404.940	1369,132	Subterráneo	Intervención en cauce
10	Río Coris	503 715,614	1 090 247,485	1381.190	Subterráneo	Intervención en cauce
11	Quebrada Alajuela	502 353,726	1 090 865,220	1403.88	Subterráneo	Intervención en cauce
12	Quebrada Luisa	501 758,579	1 090 958,525	1402.280	Subterráneo	Intervención en cauce
13	Quebrada Barahona	501 431,823	1 090 910,083	1399.510	Subterráneo	Intervención en cauce
14	Quebrada Lajas	500208.897	1091674.648	1511.715	Intervención en cauce, paso elevado, relleno con colocación de alcantarillas.	
15	(sin nombre)	499906.5863	1091459.9146	1513	Subterráneo	Intervención en cauce

No.	Curso de agua	Coordenadas (CRTM05)		Elevación (msnm)	Tipo de paso	
		Este	Norte			
16	(sin nombre)	499837.9313	1091445.1312	1499.61	Subterráneo	Intervención en cauce
17	(sin nombre)	499618.069	1091406.818	1492.147	Puente tubo	
18	(sin nombre)	499553.578	1091372.424	1505.742	Intervención en cauce, paso elevado apoyo entre monturas.	

En el Cuadro.7.5.3 se presenta la información relacionada con la ubicación de los sitios de cruce de ríos o quebradas para la tubería de distribución, así como el tipo de paso que se propone utilizar en cada caso.

**Cuadro.7.5.3.** Sitios de cruce de ríos y quebradas para la tubería de distribución y tipo de paso propuesto

No.	Curso de agua	Coordenadas (CRTM05)		Elevación (msnm)	Tipo de paso	
		Este	Norte			
19	PRQ-01 Quebrada Picado	498 540,361	1 091 642,210	1374,090	Subterráneo	Intervención en cauce
20	PRQ-02 Quebrada Mesas	497 778,258	1 091 968,119	1236,800	Subterráneo	Intervención en cauce
21	PRQ-03 Quebrada Honda	497 628,498	1 091 966,454	1232,003	Puente tubo	
22	PRQ-04 Quebrada Cuatro	497 236,702	1 092 041,313	1218,900	Subterráneo	Intervención en cauce
23	PRQ-05 Quebrada Aguacate	496 431,239	1 091 915,927	1206,000	Subterráneo	Intervención en cauce
24	PRQ-06 Quebrada Salitrillo	496 302,397	1 091 755,575	1205,000	Subterráneo	Intervención en cauce
25	PRQ-07 (Sin nombre)	496 227,451	1 091 732,533	1207,000	Subterráneo	Intervención en cauce
26	PRQ-08 Río Damas (1)	496 127,60	1 090 896,21	1253,69	Subterráneo	Intervención en cauce
27	PRQ-23 Quebrada Naranjos	494 451,92	1 090 255,71	1237,50	Subterráneo	Perforación Horizontal Dirigida (PHD)
28	PRQ-13 Río Jorco	493 635,31	1 090 608,05	1210,97	Puente tubo	
29	PRQ-14 Río Jorco	492 315,78	1 092 366,61	1156,13	Puente tubo	

No.	Curso de agua	Coordenadas (CRTM05)		Elevación (msnm)	Tipo de paso	
		Este	Norte			
30	PRQ-16 Río Damas (2)	496 077,914	1 092 329,966	1178,000	Subterráneo	Perforación Horizontal Dirigida (PHD)
31	PRQ-17 Río Damas (3)	496 141,938	1 092 542,479	1173,910	Puente tubo	
32	PRQ-18 Río Damas (4)	495 999,605	1 092 977,273	1169,410	Puente tubo	
33	PRQ-19 Río Damas (5)	495 098,554	1 094 443,650	1154,210	Puente tubo	
34	PRQ-20 Río Tiribí	496 345,541	1 095 480,365	1181,240	Puente tubo	

En la Figura 7.5.2 se muestra la ubicación de los sitios de intersección para ambas tuberías, conducción y distribución.

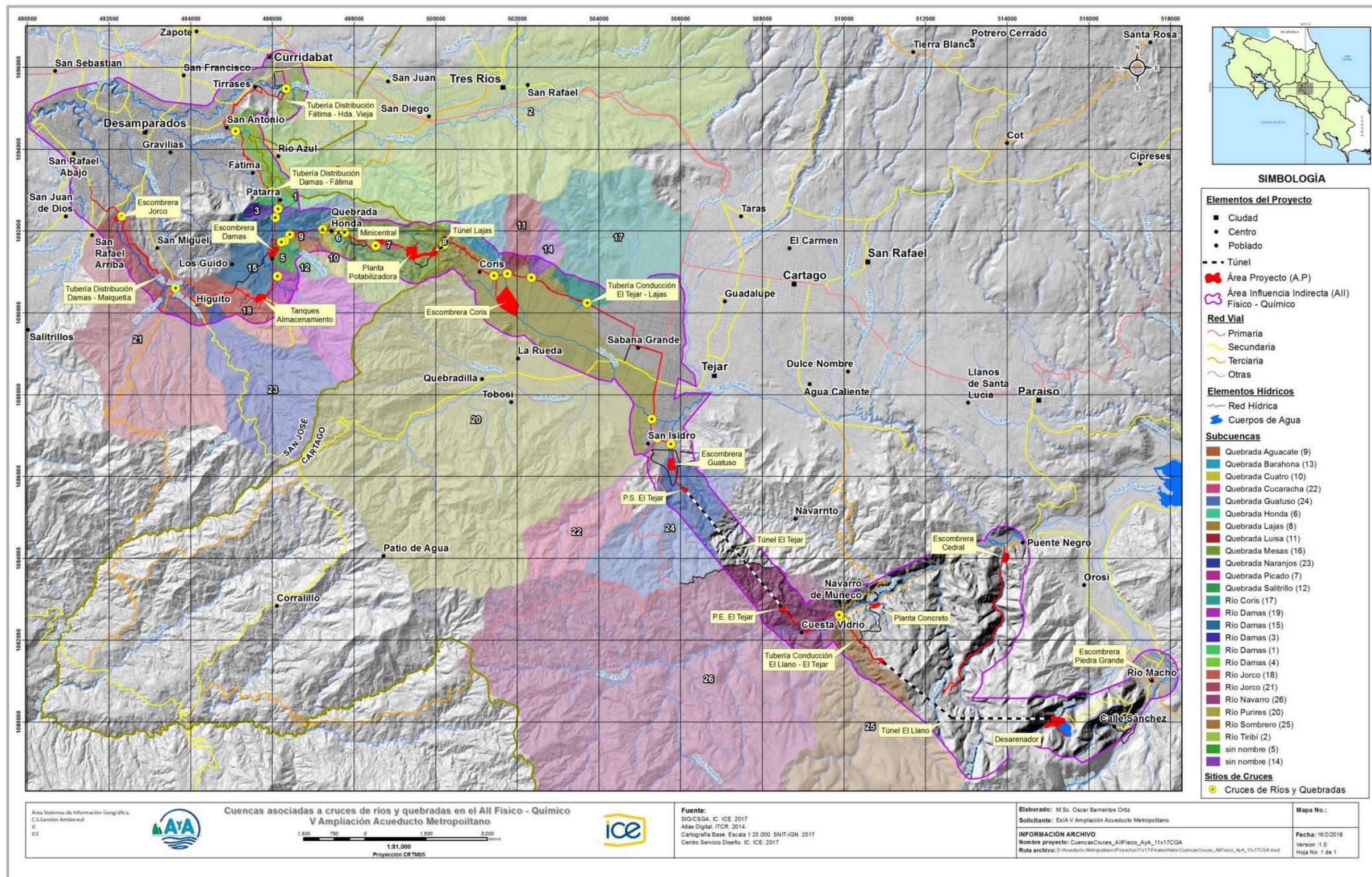
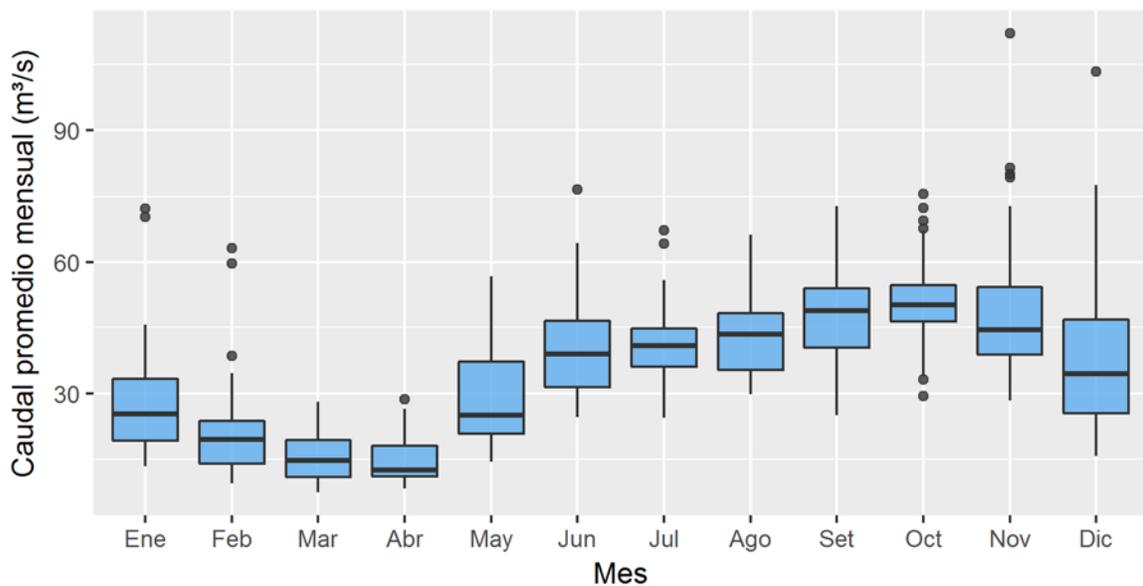


Figura 7.5.4. Ubicación de los sitios de cruces de ríos y quebradas para las tuberías de conducción y distribución

### 7.5.1.3. Régimen hidrológico en el Área de Proyecto

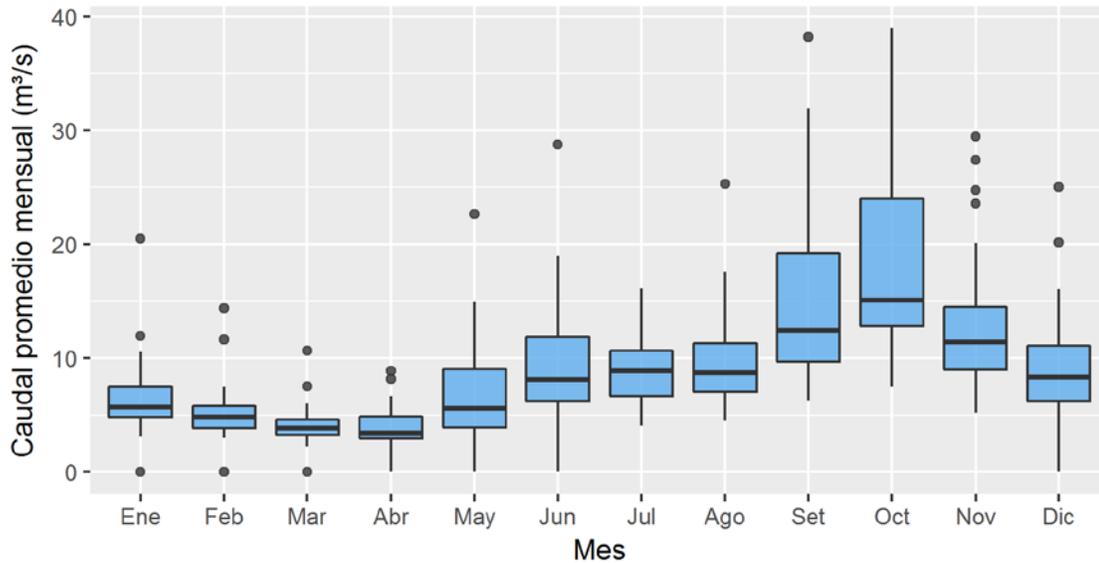
En la Figura 7.5.3, Figura 7.5.4, Figura 7.5.5. se muestran gráficos de cajas y bigotes, también conocidos como "boxplot", con información de los caudales promedio mensuales de las estaciones 9-19 Palomo, 9-45 Puente Negro y 24-28 Anonos, respectivamente. La escogencia de este tipo de representación gráfica va orientada a la facilidad de visualizar la dispersión de los datos en cada mes en el lapso de registro y el régimen de caudales en las estaciones de referencia.

La interpretación pertinente a los boxplot está basada en que el cuerpo de la caja representa el rango inter-cuartílico, donde se concentra el 50% de los datos registrados, la línea central señala la mediana o segundo cuartil. los bigotes (líneas unidas al cuerpo de la caja) llegan hasta el valor del registro correspondiente a 1.5 veces la longitud del cuerpo de la caja y los puntos muestran valores extremos, es decir, aquellos caudales que se salen de los bigotes.



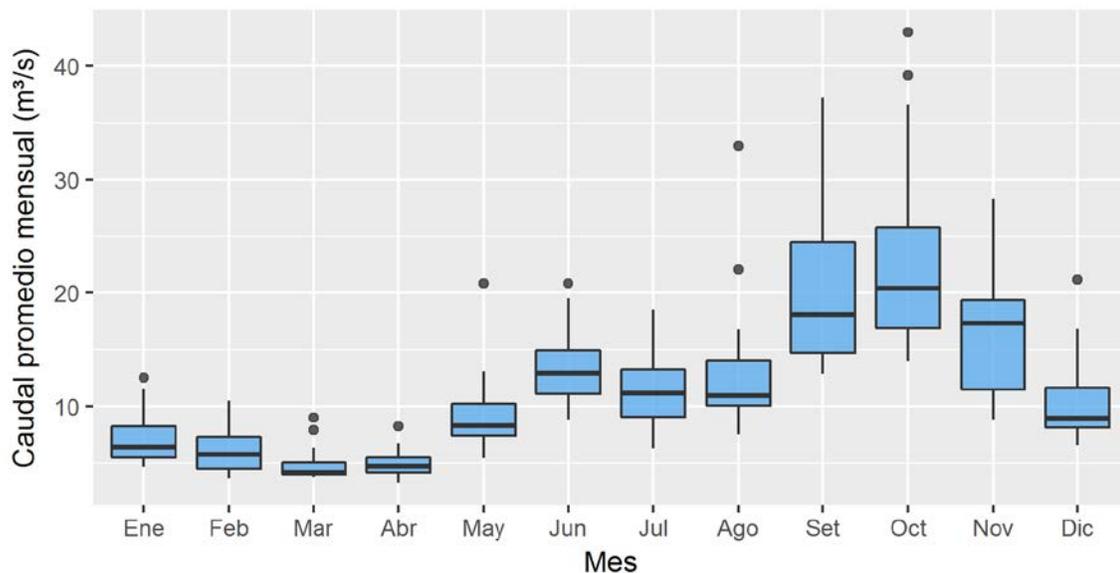
**Figura 7.5.5.** Caudales promedio mensual en la estación 09-19 Palomo

Los datos de la estación 09-19 Palomo muestran una época seca marcada entre febrero y abril, además de un periodo húmedo en el transcurso de mayo a enero. El dato de mayor caudal promedio corresponde a octubre, donde también se presentan la mayor cantidad de valores extremos. Sin embargo, cabe resaltar que el 50% de los datos se concentran alrededor de la mediana, a diferencia de otros meses como diciembre, en el que los datos tienen gran variabilidad tal como señala la caja respectiva. En contraposición, en abril se tienen los menores caudales promedio mensuales del registro, los cuales son los menos variables.



**Figura 7.5.6.** Caudales promedio mensual en la estación 09-45 Puente Negro

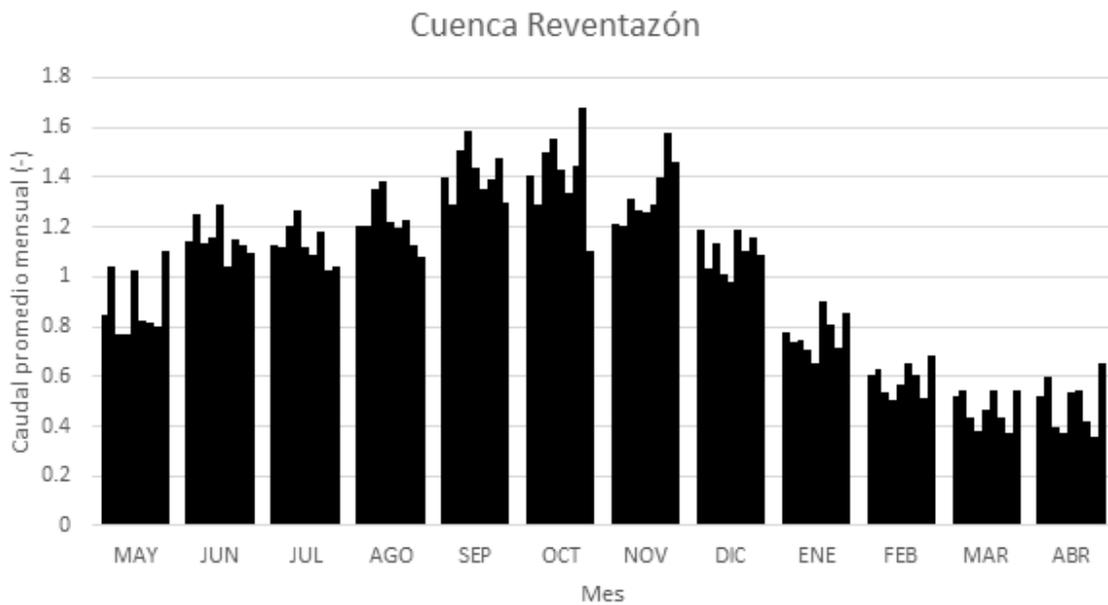
Puesto que la estación de Puente Negro se encuentra aproximadamente 3.5 km de la estación de Palomo, el comportamiento del caudal promedio mensual registrado por ambas estaciones sigue un comportamiento similar. Esto se aprecia ya que a partir de mayo los valores medidos aumentan hasta llegar a octubre, donde se tienen los mayores y más variables valores registrados. Posteriormente, los caudales disminuyen drásticamente hasta alcanzar los valores más bajos en marzo y abril. En estos últimos meses, los datos se encuentran concentrados alrededor de la mediana (poca dispersión). En cuanto a valores extremos o atípicos (outliers), noviembre cuenta con la mayor cantidad de estos.



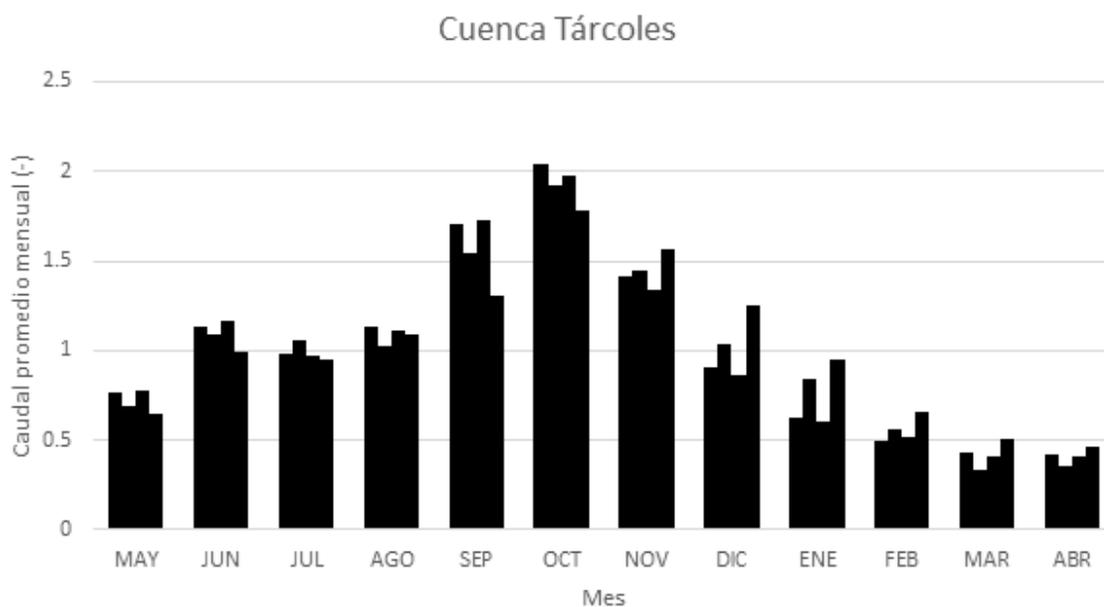
**Figura 7.5.7.** Caudales promedio mensual en la estación 24-28 Anonos

Al encontrarse distante de las otras estaciones y en la Vertiente del Pacífico, el comportamiento presente en la estación Anonos discrepa ligeramente la tendencia de los registros de Palomo y Puente Negro. Se observa que datos de julio y agosto representan un decremento con respecto a los caudales de junio, por lo que el usual crecimiento de mayo a octubre se ve interrumpido. Por otra parte, los caudales mayores siguen ocurriendo en octubre y los periodos secos en marzo y abril al igual que en las otras dos estaciones analizadas. Otro elemento que cabe resaltar es la menor presencia de outliers en comparación a las otras estaciones.

Por otra parte, la Figura 7.5.6 y la Figura 7.5.7 presentan regímenes de flujo, normalizadas por su respectivo valor medio, de distintas estaciones hidrológicas localizadas en las cuencas de los ríos Reventazón y Grande de Tárcoles. Se nota como el patrón de escorrentía, asociado a distintas estaciones hidrológicas, es bastante uniforme a lo interno de cada cuenca. Por ello, se decidió utilizar el promedio de los regímenes de flujo adimensionales de las estaciones hidrológicas ubicadas en cada cuenca como estimador del régimen de flujo en los sitios de interés, los cuales se muestran en el Cuadro.7.5.4.



**Figura 7.5.8.** Régimen de caudales promedio: cuenca del río Reventazón



**Figura 7.5.9.** Régimen de caudales promedio: cuenca del río Grande de Tárcoles

**Cuadro.7.5.4.** Regímenes de flujo adimensionales estandarizados por el valor promedio anual

Mes	Caudal promedio mensual adimensional	
	Cuenca Reventazón	Cuenca Gde. de Tárcoles
Mayo	0.86	0.72
Junio	1.12	1.10
Julio	1.10	0.99
Agosto	1.20	1.09
Septiembre	1.42	1.57
Octubre	1.46	1.93
Noviembre	1.31	1.44
Diciembre	1.12	1.01
Enero	0.79	0.75
Febrero	0.61	0.56
Marzo	0.50	0.42
Abril	0.49	0.41

#### 7.5.1.4. Caracterización fisiográfica de las cuencas de interés

Para los sitios de obra y los principales sitios de cruce de ríos y quebradas se delimitaron las subcuencas de drenaje y se estimaron parámetros morfológicos como el área, elevación media, pendiente y longitud del cauce principal, los cuales, en conjunto con la precipitación media anual, se utilizaron en la estimación de caudales medios, mínimos y máximos en cada subcuenca.

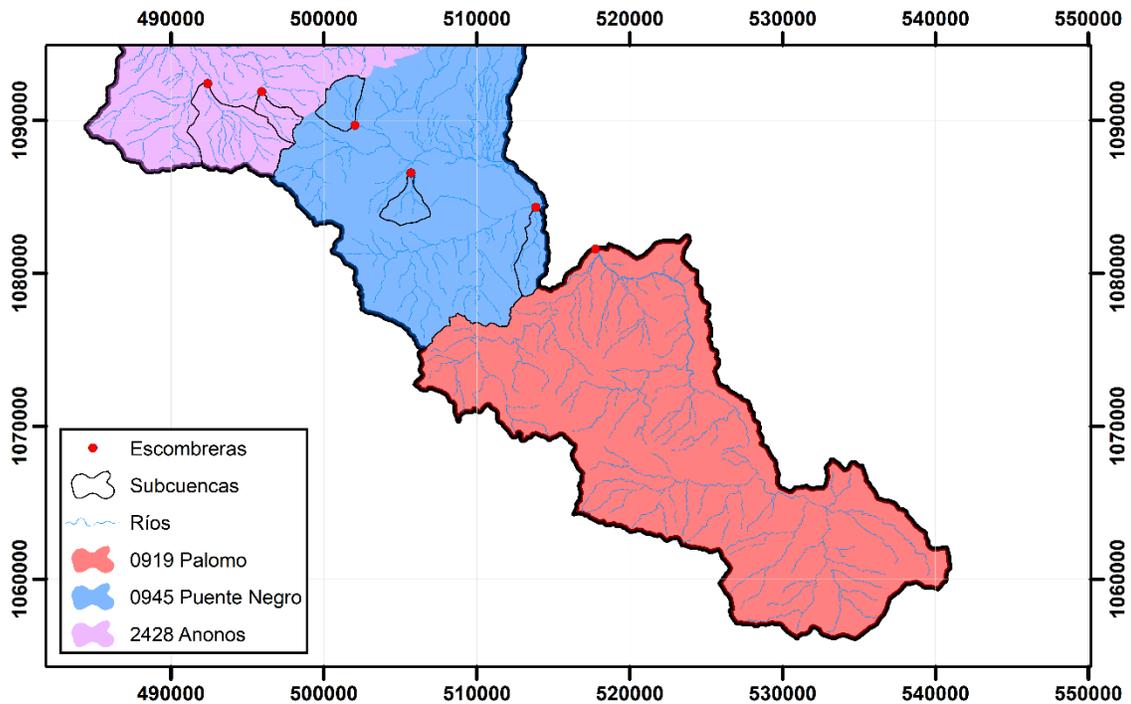
#### Escombreras

El área de proyecto contempla la construcción de 6 escombreras distribuidas a lo largo de las cuencas definidas por las estaciones 09-19 Palomo (una escombrera), 09-45 Puente Negro (tres escombreras) y 24-28 Anonos (dos escombreras). Para efectos del análisis hidrológico, se supuso que el punto de desfogue de estas obras se encontraba en el río o curso de agua más cercano, como se detalla en el Cuadro.7.5.5.

**Cuadro.7.5.5.** Escombreras a ser construidas

	<b>Escombrera</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Cuenca ICE sociada</b>	<b>Río al que desfoga (supuesto)</b>
1	Piedra Grande	2.15	Palomo	Grande de Orosi
2	Coris	14.2	Puente Negro	Quebrada Barahona
3	El Cedral	2.02	Puente Negro	Río Naranjo
4	Guatuso	2.91	Puente Negro	Quebrada Guatuso
5	Damas	2.61	Anonos	Río Damas
6	Jorco	0.75	Anonos	Río Jorco

Los sitios donde se construirán las escombreras, así como las cuencas que se definen a partir del punto de desfogue supuesto se muestran en la Figura 7.5.8, mientras que características fisiográficas y climáticas de estas cuencas se muestran en el Cuadro.7.5.6.



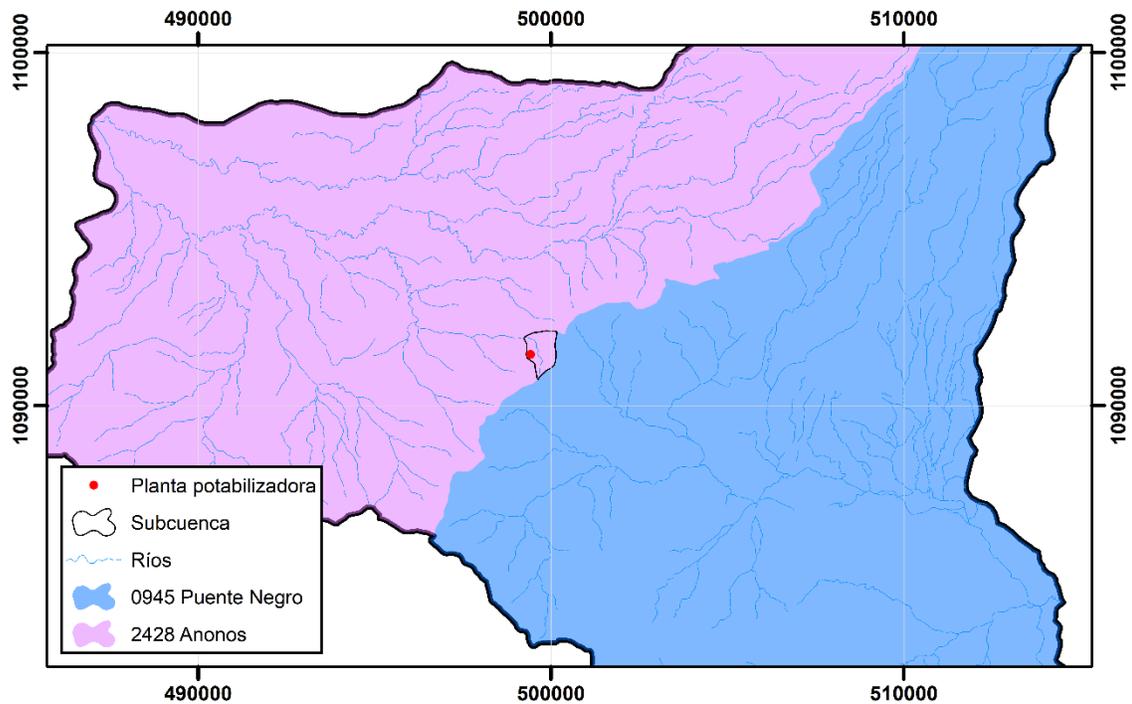
**Figura 7.5.10.** Ubicación de escombreras

**Cuadro.7.5.6.** Cuencas definidas por los puntos de desfogue supuestos para las escombreras a ser construidas

	<b>Escombrera</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Elevación (msnm)</b>	<b>Pendiente (%)</b>	<b>Precipitación (mm/año)</b>	<b>Longitud del cauce (km)</b>
1	Piedra Grande	37300	2350	40.4	4265	34
2	Coris	706	1510	26.5	1525	3.4
3	El Cedral	783	1575	43.7	2620	6.5
4	Guatuso	545	1655	35.5	1670	3.7
5	Damas	502	1455	34.5	1730	4.3
6	Jorco	2330	1440	28.3	1740	8.1

### **Planta potabilizadora**

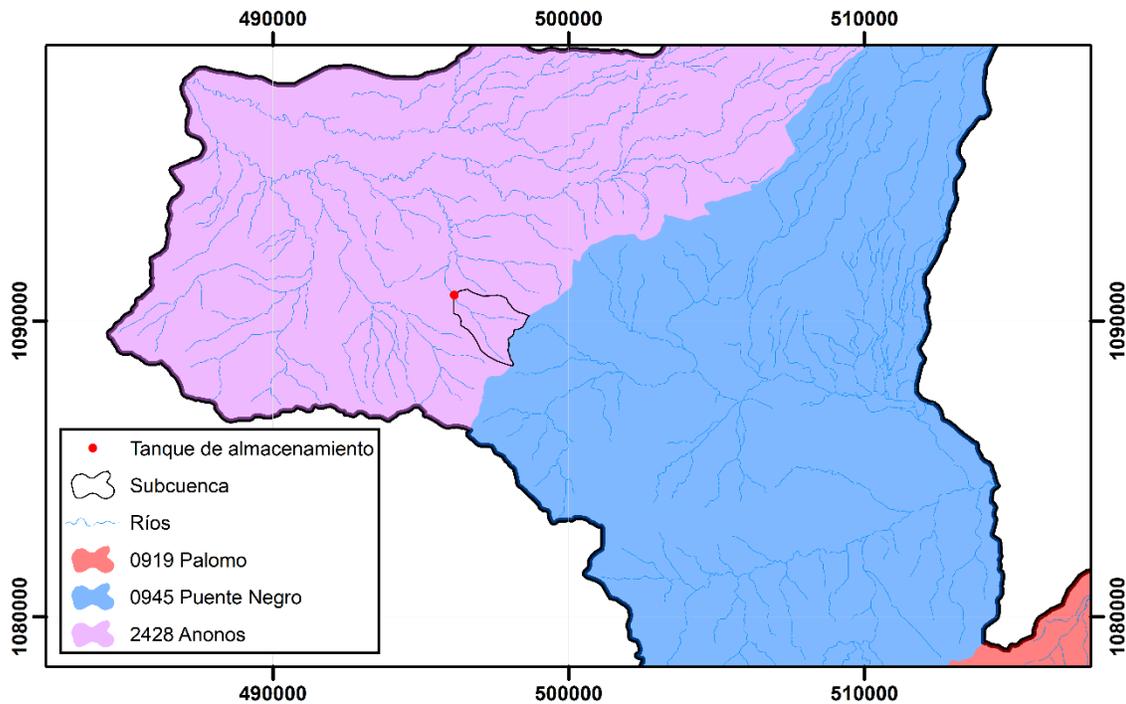
El proyecto contempla la construcción de una planta potabilizadora de aguas en un terreno de 4.1 ha. Para efectos del análisis hidrológico, se supuso el desfogue de la misma en la Quebrada Honda. La cuenca a la cual se desfogarían las aguas de escorrentía de la planta corresponde a la Quebrada Mesas y posee un área aproximada de 85 ha, una elevación media de 1525 msnm, una precipitación promedio anual de 1615 mm, una pendiente promedio de 22.3% y una longitud de cauce de 1.4 km. La ubicación de la obra, así como la cuenca que esta define, se muestran en la Figura 7.5.9.



**Figura 7.5.11.** Ubicación de la cuenca asociada a la planta potabilizadora

### Tanques

El proyecto contempla la construcción de cuatro tanques de almacenamiento los cuales poseen un área conjunta de 1.04 ha. La cuenca a la cual se desfogarían las aguas de escorrentía de los tanques corresponde al río Damas y posee un área aproximada de 359 ha, una elevación media de 1510 msnm, una precipitación promedio anual de 1700 mm, una pendiente promedio de 38.4% y una longitud de cauce de 3.2 km. La ubicación de la obra, así como la cuenca que esta define, se muestran en la Figura 7.5.10.



**Figura 7.5.12.** Ubicación de la cuenca asociada a los tanques de almacenamiento

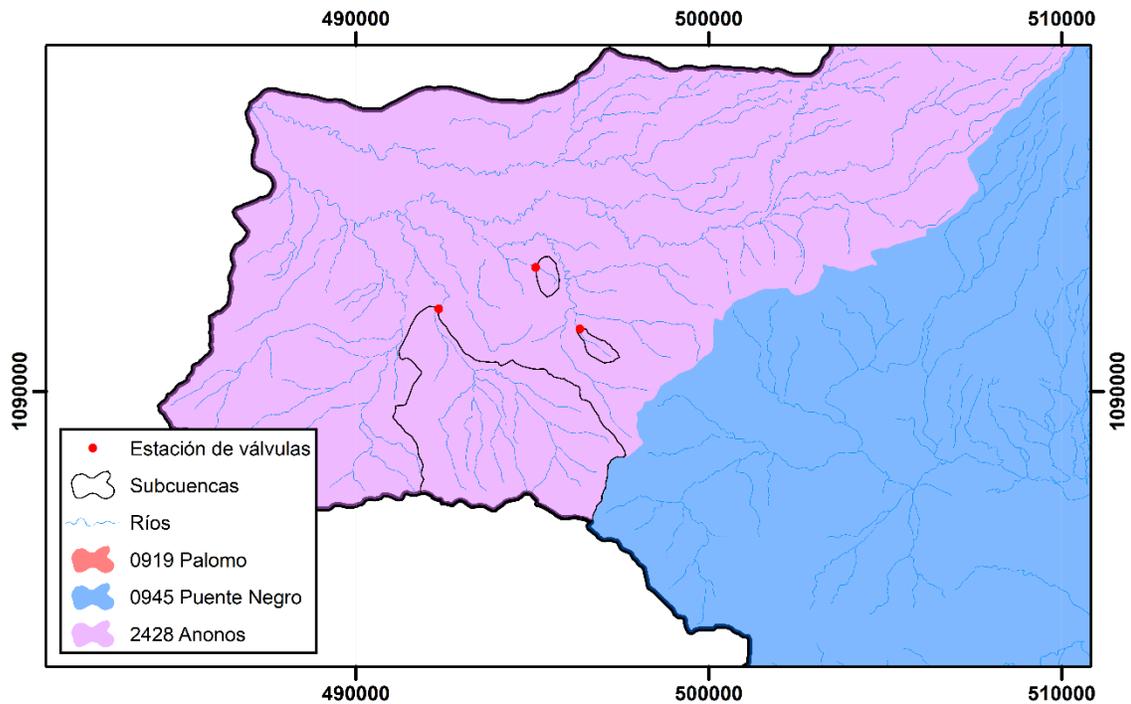
### Estaciones de válvulas

El área de proyecto contempla la construcción de 3 estaciones de válvulas ubicadas en la cuenca de la estación hidrológica 24-28 Anonos. Para efectos del análisis hidrológico, se supuso que el punto de desfogue de estas obras se encontraba en el río o curso de agua más cercano, como se indica en el Cuadro.7.5.7.

**Cuadro.7.5.7.** Estaciones de válvulas a ser construidas

No.	Estación de válvulas	Área (ha)	Cuenca ICE asociada	Río al que desfoga (supuesto)
1	Fátima	0.15	Anonos	Quebrada Fátima
2	Damas	0.36	Anonos	Quebrada Honda
3	Jorco	0.22	Anonos	Río Jorco

Los sitios donde se construirán las escombreras, así como las cuencas que se definen a partir del punto de desfogue supuesto se muestran en la Figura 7.5.11 mientras que características fisiográficas y climáticas de estas cuencas se muestran en el Cuadro.7.5.8.



**Figura 7.5.13.** Ubicación de la cuenca asociada a las estaciones de válvulas

**Cuadro.7.5.8.** Cuencas definidas por los puntos de desfogue supuestos para las estaciones de válvulas a ser construidas

Estación Válvulas	Área (km <sup>2</sup> )	Elevación (msnm)	Pendiente (%)	Precipitación (mm/año)	Longitud del cauce (km)
Fátima	0.56	1200	18.3	1955	1.1
Damas	0.60	1305	30.8	1795	1.4
Jorco	22.4	1435	28.3	1725	7.7

### Obras en cauce

En el Cuadro.7.5.9 se muestran las características fisiográficas estimadas en los principales sitios de cruce de ríos y quebradas.

**Cuadro.7.5.9.** Características fisiográficas de las cuencas asociadas a las obras en cauce

#	Curso de agua	Área (km <sup>2</sup> )	Elevación (msnm)	Pendiente (%)	Precipitación (mm/año)	Longitud del cauce (km)
1	Río Sombrero	16.0	182	44.9	3100	7.1
2	Río Navarro	51.7	1750	37.0	2125	12.7
3	Quebrada Guatuso	7.4	1610	33.8	1625	4.5
4	Quebrada Lobo	3.7	1745	36.2	1625	5.1
5	Río Purires	59.4	1590	26.0	1550	12.1

#	Curso de agua	Área (km <sup>2</sup> )	Elevación (msnm)	Pendiente (%)	Precipitación (mm/año)	Longitud del cauce (km)
6	Río Coris	9.0	1525	25.9	1450	4.5
7	Quebrada (sin nombre)	0.8	1545	35.2	1480	1.6
8	Quebrada Luisa	1.4	1815	35.2	1535	2.1
9	Quebrada Barahona	1.5	1560	31.3	1580	2.1
10	Quebrada Lajas	0.1	1530	25.3	1858	0.2
11	PRQ-01 Quebrada Picado	0.1	1430	19.5	1705	1.0
12	PRQ-02 Quebrada Mesas	4.5	1450	25.9	1755	3.0
13	PRQ-03 Quebrada Honda	4.6	1460	32.1	1715	3.1
14	PRQ-04 Quebrada Cuatro	5.1	1445	32.5	1730	3.5
15	PRQ-05 Quebrada Aguacate	0.4	1265	24.7	1855	1.1
16	PRQ-06 Quebrada Salitrillo	0.6	1305	30.8	1795	1.4
17	PRQ-07 Sin nombre	0.3	1240	22.7	1800	0.5
18	PRQ-08 Río Damas (1)	3.9	1525	38.0	1680	3.3
19	PRQ-23 Quebrada Naranjos	7.3	1540	33.7	1685	5.1
20	PRQ-13 Río Jorco	9.6	1520	31.9	1690	6.5
21	PRQ-14 Río Jorco	22.4	1435	28.3	1725	7.7
22	PRQ-16 Río Damas (2)	13.3	1455	33.3	1715	1.9
23	PRQ-17 Río Damas (3)	13.6	1415	31.2	1755	5.1
24	PRQ-18 Río Damas (4)	14.4	1410	31.0	1760	5.7
25	PRQ-19 Río Damas (5)	20.8	1370	29.4	1835	7.9
26	PRQ-20 Río Tiribí	61.8	1740	25.5	2175	24.9

### 7.5.1.5. Caudales promedio

#### Metodología

Dado que no se cuenta con series de caudal a la altura de los sitios de interés fue necesario utilizar metodologías indirectas para la estimación de caudales promedios. Se utilizaron los resultados de Krasovkaia y Gottschalk (2014) para la estimación de curvas de duración de caudales medios en sitios sin medición.

Dado que las curvas de duración de caudales no son otra cosa que distribuciones empíricas de probabilidad, es natural intentar modelar dichas distribuciones empíricas mediante alguna distribución teórica. Krasovkaia y Gottschalk (2014) proponen utilizar, para la estimación de curvas de duración en sitios sin medición, un modelo Gamma.

$$F(q, V_Q) = \int_0^q \frac{1}{V_Q^{2V_Q^{-2}} \Gamma(V_Q^{-2})} q^{V_Q^{-2}-1} e^{-qV_Q^{-2}} dq,$$

donde  $q$  representa el caudal medio anual,  $V_Q$  el coeficiente de variación de la serie de datos analizada y  $\Gamma(\cdot)$  es la función gamma. Nótese que el modelo se encuentra parametrizado únicamente en función del caudal promedio y del coeficiente de variación asociado a la resolución temporal analizada (diaria, en este caso); es decir, una vez conocidos estos dos estadísticos es posible generar, en el rango curvas de duración congruentes con las producidas por series de caudales con estadísticos similares.

Promedios y coeficientes de variación fueron estimados con base en las estaciones hidrológicas 09-10 Palomo y 09-45 Puente Negro, en el caso de las subcuencas ubicadas en la cuenca del río Reventazón, y 24-28 Anonos, en el caso de las subcuencas ubicadas en la cuenca del río Grande de Tárcoles. Los traslados se realizaron por proporcionalidad de área-precipitación tomando en cuenta los datos mostrados en el Cuadro.7.4.1.

### Escombreras

Con base en los regímenes de flujo adimensional, y las propiedades morfológicas de las cuencas de interés, se estimaron los caudales promedio y las curvas de duración asociadas a cada sitio de escombrera, suponiendo un modelo Gamma para los caudales diarios. Los resultados se muestran en el Cuadro.7.5.10.

**Cuadro.7.5.10.** Caudal promedio diario y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia en los puntos de desfogue supuestos para la escombrería de las escombreras

Escombrera	Caudal promedio (l/s)	Caudales asociados a distintas probabilidades de excedencia (l/s)									
		5%	10%	20%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%
1	12200	29270	23930	18345	12300	10170	8305	6585	4915	3135	2070
2	155	440	345	245	145	115	85	60	40	20	10
3	300	855	665	475	285	220	165	120	80	40	20
4	130	370	290	205	125	95	70	50	35	20	10
5	255	630	510	385	255	210	170	130	95	60	40
6	1185	2920	2370	1800	1185	970	785	615	450	280	180

### Planta potabilizadora

Con base en los regímenes de flujo adimensional, y las propiedades morfológicas de las cuencas de interés, se estimaron los caudales promedio y las curvas de duración asociadas al sitio de la planta potabilizadora, suponiendo un modelo Gamma para los caudales diarios. Los resultados se muestran en el Cuadro.7.5.11.

**Cuadro.7.5.11.** Caudal promedio diario y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia en los puntos de desfogue supuestos para la planta potabilizadora

Caudal promedio (l/s)	Caudales asociados a distintas probabilidades de excedencia (l/s)									
	5%	10%	20%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%
40	98	80	60	40	32	26	20	16	10	6

## Tanques

Con base en los regímenes de flujo adimensional, y las propiedades morfológicas de las cuencas de interés, se estimaron los caudales promedio y las curvas de duración asociadas al sitio de los tanques de almacenamiento, suponiendo un modelo Gamma para los caudales diarios. Los resultados se muestran en el Cuadro.7.5.12.

**Cuadro.7.5.12.** Caudal promedio diario y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia en los puntos de desfogue supuestos para la escorrentía de los tanques de almacenamiento

Caudal promedio (l/s)	Caudales asociados a distintas probabilidades de excedencia (l/s)									
	5%	10%	20%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%
180	445	360	275	180	150	120	95	70	45	25

## Estaciones de válvulas

Con base en los regímenes de flujo adimensional, y las propiedades morfológicas de las cuencas de interés, se estimaron los caudales promedio y las curvas de duración asociadas al sitio de las estaciones de válvulas, suponiendo un modelo Gamma para los caudales diarios. Los resultados se muestran en el Cuadro.7.5.13.

**Cuadro.7.5.13.** Caudal promedio diario y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia en los puntos de desfogue supuestos para la escorrentía de las estaciones de válvulas

Estación Válvulas	Caudal promedio (l/s)	Caudales asociados a distintas probabilidades de excedencia (l/s)									
		5%	10%	20%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%
1	32	78	64	48	32	26	22	16	12	8	4
2	32	78	64	48	32	26	22	16	12	8	4
3	1130	2785	2260	1715	1130	925	750	585	430	265	170

## Obras en cauce

Con base en los regímenes de flujo adimensional, y las propiedades morfológicas de las cuencas de interés, se estimaron los caudales promedio y las curvas de duración asociadas a los principales sitios de cruce de ríos y quebradas, suponiendo un modelo Gamma para los caudales diarios. Los resultados se muestran en el Cuadro.7.5.14.

**Cuadro.7.5.14.** Caudal promedio diario y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia en los sitios de obras en cauce

Curso de agua	Caudal promedio (l/s)	Caudales asociados a distintas probabilidades de excedencia (l/s)									
		5%	10%	20%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%
1	720	2050	1600	1145	680	525	400	290	190	95	50

Curso de agua	Caudal promedio (l/s)	Caudales asociados a distintas probabilidades de excedencia (l/s)									
		5%	10%	20%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%
2	1600	4555	3555	2540	1510	1170	885	640	420	215	115
3	175	500	390	280	165	130	95	70	45	25	15
4	85	240	190	135	80	60	45	35	20	10	5
5	1340	3815	2975	2130	1265	980	740	535	350	180	95
6	190	540	420	300	180	140	105	75	50	25	15
7	18	52	40	28	16	14	10	8	4	2	2
8	32	92	72	50	30	24	18	12	8	4	2
9	34	96	76	54	32	24	18	14	8	4	2
10	3	9	7	5	3	2	2	1	1	0	0
11	5	12	10	8	5	4	3	3	2	1	1
12	230	566	460	350	230	188	152	120	88	54	34
13	230	565	460	350	230	190	150	120	90	55	35
14	260	640	520	395	260	215	170	135	100	60	40
15	20	50	40	30	20	15	15	10	10	5	5
16	30	75	60	45	30	25	20	15	10	5	5
17	16	40	32	24	16	14	10	8	6	4	2
18	190	470	380	290	190	155	125	100	70	45	30
19	360	885	720	545	360	295	240	185	135	85	55
20	475	1170	950	720	475	390	315	245	180	110	70
21	1130	2785	2260	1715	1130	925	750	585	430	265	170
22	665	1640	1330	1010	665	545	440	345	255	155	100
23	700	1725	1400	1065	700	575	465	365	265	165	105
24	740	1825	1480	1125	740	605	490	385	280	175	110
25	1115	2745	2230	1690	1115	915	740	580	425	265	170
26	3930	9680	7860	5965	3935	3225	2605	2040	1500	930	595

### 7.5.1.6. Caudales máximos

#### Metodología

Dado que no se cuenta con series instantáneas a la altura de los sitios de interés, se utilizaron metodologías de cálculo indirecto para la estimación de caudales asociados a distintas probabilidades de excedencia. Para el caso de cuencas cuyas áreas fueran inferiores a 20 km<sup>2</sup> se utilizó como modelo de lluvia-escorrentía el método racional, mientras que para cuencas cuyas áreas fueran mayores a dicho valor se utilizaron traslados por área y un enfoque regional.

#### Análisis de frecuencias individual

Se ajustaron, mediante el método de momentos lineales (Singh, Jain & Tyagi, 2007; Hosking & Wallis, 1997), distribuciones generalizadas de valor extremo GEV (*Generalized Extreme Value distribution*), denotadas  $H_{\{\xi, \mu, \psi\}}(x)$ , a series anuales de máximos normalizadas por el valor de caudal medio de su registro con

$$H_{\{\xi;\mu,\psi\}}(x) = \begin{cases} e^{-1-\xi\left(\frac{x-\mu}{\psi}\right)^{-1/\xi}}, & \xi \neq 0 \\ e^{-\exp\left(\frac{x-\mu}{\psi}\right)}, & \xi = 0 \end{cases}$$

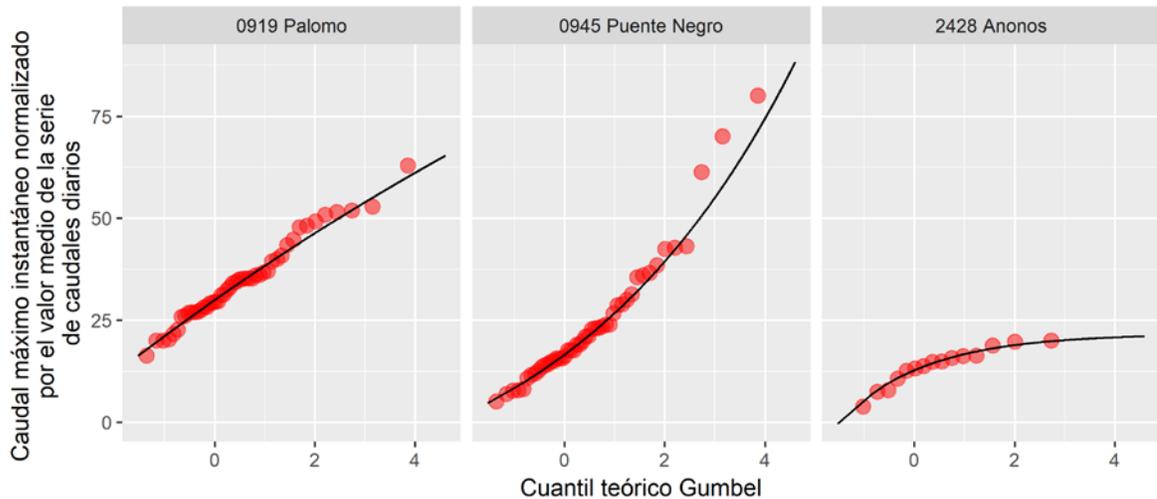
donde  $\mu$  es un parámetro de localización,  $\psi$  es un parámetro de escala y  $\xi$  un parámetro de forma que determina a cuál de las tres distribuciones límite de máximos (i.e. Frechét, Gumbel o Weibul) convergen los máximos de la muestra de datos (Embretchs, Klüppelberg & Mikosch, 1997).

Los parámetros de las distribuciones ajustadas a las muestras de datos se muestran mediante el Cuadro.7.5.15. Nótese como cada estación posee un parámetro de forma que la acerca al dominio de atracción de una distribución límite distinta: la estación Anonos posee un parámetro de forma  $\xi$  negativo por lo cual su distribución es modelada por un Weibul y posee cota superior; la estación Puente Negro posee un parámetro de forma  $\xi$  cercano a cero y, por ende, se asemeja a un tipo Gumbel; finalmente, la estación Palomo posee un parámetro de forma  $\xi$  positivo por lo cual pertenece al dominio de atracción de la Frechét.

**Cuadro.7.5.15.** Parámetros de las distribuciones de máximos

Parámetro	Símbolo	2428 Anonos	0945 Puente Negro	0919 Palomo
Localización	$\mu$	12.7	29.9	16.5
Escala	$\psi$	5.3	8.6	9.15
Forma	$\xi$	-0.59	0.05	0.22

Las distribuciones, ajustadas a cada juego de datos, se muestran mediante la Figura 7.5.12 mientras que la los cuantiles adimensionales asociados a distintas probabilidades de excedencia se presentan en el Cuadro.7.5.16.



**Figura 7.5.14.** Caudal máximo instantáneo, normalizado por el valor medio de la serie de caudales diarios, asociado a diferentes probabilidades de excedencia

**Cuadro.7.5.16.** Caudales máximo instantáneos adimensionales de las estaciones 24-28 Anonos, 09-45 Puente Negro y 09-19 Palomo, estandarizados por el valor medio de la distribución padre, para distintas probabilidades de no-excedencia

Probabilidad de excedencia	2428 Anonos	0945 Puente negro	0919 Palomo
1/2	14.4	20.0	33.1
1/5	18.0	32.7	42.4
1/10	19.3	43.0	48.3
1/20	20.1	54.5	53.7
1/50	20.8	72.4	60.5
1/100	21.1	88.3	65.3

Dado que los datos se encuentran normalizados por su respectivo valor medio, y con el objetivo de estimar caudales máximos en los sitios de interés, se multiplicaron los cuantiles adimensionales de las distribuciones ajustadas por el valor medio estimado en los sitios de estudio y por la razón entre el área de la subcuenca y la cuenca asociada a la estación hidrológica en cuestión.

### Método racional

El modelo racional supone que se tiene una intensidad máxima de precipitación uniforme a lo largo de toda la cuenca y, además, que esta tiene una duración tal que, al momento del caudal máximo, toda la cuenca se encuentra aportando escorrentía al punto de control; es decir, que la duración de la tormenta es igual al tiempo de concentración de la cuenca. El modelo racional toma la forma

$$Q_p = c \times i(p_e, d) \times A$$

donde  $c$  es el coeficiente de escorrentía,  $i$  es la intensidad máxima de precipitación (asociada a una probabilidad de excedencia  $p_e$  dada y una duración  $d$  determinada), y  $A$  es el área de la cuenca.

En lo que respecta al coeficiente de escorrentía, este se calculó mediante una reclasificación de mapas de uso del suelo de acuerdo con los coeficientes expuestos en Chow (1994) y su posterior integración sobre las correspondientes subcuencas. Por otra parte, y como se mencionó con anterioridad, la duración de la tormenta tomó como igual al tiempo de concentración de la cuenca y se calculó de acuerdo a Kirpich (1940) como

$$t_c = 0.0078(L * 3.28)^{0.77} S^{-0.385}$$

donde  $t_c$  viene dado en minutos,  $L$  es la longitud máxima del cauce principal (hasta la divisoria de aguas),  $S$  es la pendiente media de la cuenca como razón adimensional.

Finalmente, para el cálculo de intensidades máximas de precipitación se analizaron las series de las estaciones meteorológicas 73041 La Cangreja, 84114 San Ramón y 84116 Salitrillos de Aserrí debido a su cercanía a la zona de interés y para distintas duraciones de precipitación, con el objetivo de definir series anuales de valores máximos. Posteriormente, se ajustaron, mediante el método de momentos lineales, dichas series a la familia de distribuciones generalizadas de valor extremo. Los parámetros ajustados a cada una de las distintas duraciones de precipitación de las estaciones 73041, 84114 y 84116 se presentan en el Cuadro.7.5.17.

Con base en los parámetros de cada distribución se estimaron los cuantiles correspondientes, para cada duración y estación, a distintas probabilidades de excedencia. Los resultados de dicho análisis se presentan en el Cuadro.7.5.18, Cuadro.7.5.19 y Cuadro.7.5.20, para cada una de las estaciones analizadas.

**Cuadro.7.5.17.** Parámetros de las distribuciones de máximos ajustadas a distintas duraciones de precipitación para las estaciones meteorológicas 73041, 84114 y 84116

Parámetro	Símbolo	Duración (min)			
		5	15	30	60
<i>Estación meteorológica 73041 La Cangreja</i>					
Localización	$\mu$	77.18	51.47	35.56	21.7
Escala	$\psi$	18.02	11.77	8.83	6.27
Forma	$\xi$	-0.04	-0.17	-0.13	-0.11
<i>Estación meteorológica 84114 San Ramón</i>					
Localización	$\mu$	106.2	77.6	60.3	39.7
Escala	$\psi$	25.0	18.2	18.6	9.5
Forma	$\xi$	-0.18	-0.06	-0.66	-0.82
<i>Estación meteorológica 84116 Salitrillos de Aserri</i>					
Localización	$\mu$	111.6	87.9	67.9	47.7
Escala	$\psi$	14.1	15.8	12.4	7.1
Forma	$\xi$	-0.04	-0.35	-0.21	-0.34

**Cuadro.7.5.18.** Intensidades de precipitación asociadas a distintas duraciones y probabilidades de excedencia para la estación meteorológica 73041 La Cangreja según la distribución generalizada de valores extremos GEV

Probabilidad de excedencia	Intensidad de precipitación (mm/h)			
	5 min	15 min	30 min	60 min
1/2	84	56	39	24
1/5	103	67	48	30
1/10	116	73	53	34
1/20	128	79	57	38
1/50	143	85	63	42
1/100	153	89	66	44

**Cuadro.7.5.19.** Intensidades de precipitación asociadas a distintas duraciones y probabilidades de excedencia para la estación meteorológica 84114 San Ramón según la distribución generalizada de valores extremos GEV

Probabilidad de excedencia	Intensidad de precipitación (mm/h)			
	5 min	15 min	30 min	60 min
1/2	115	84	66	43
1/5	139	104	78	48
1/10	152	116	82	49
1/20	163	127	84	50
1/50	176	141	86	51
1/100	184	151	87	51

**Cuadro.7.5.20.** Intensidades de precipitación asociadas a distintas duraciones y probabilidades de excedencia para la estación meteorológica 84116 Salitrillos de Aserrí según la distribución generalizada de valores extremos GEV

Probabilidad de excedencia	Intensidad de precipitación (mm/h)			
	5 min	15 min	30 min	60 min
1/2	117	93	72	50
1/5	132	106	84	56
1/10	142	113	90	59
1/20	151	117	95	61
1/50	162	122	101	63
1/100	170	124	104	64

Posteriormente se utilizaron los datos del análisis de frecuencias para generar tres modelos estadísticos –correspondientes a cada estación meteorológica– con el fin de describir la variabilidad de las intensidades como función de la probabilidad de excedencia y la duración de la tormenta. Los modelos elegidos, con términos significativos al 5%, fueron:

$$\log i_{73041} = 4.854 - 0.262 \times (\log d) - 0.041 \times (\log d)^2 - 0.224 \times (\log p_e) - 0.016 \times (\log p_e)^2 + N(\mu = 0, \sigma^2 = 0.035^2)$$

$$\log i_{84114} = 4.023 + 0.631 \times (\log d) - 0.177 \times (\log d)^2 - 0.262 \times (\log p_e) - 0.014 \times (\log p_e)^2 + 0.032 \times (\log p_e) \times (\log d) + N(\mu = 0, \sigma^2 = 0.060^2),$$

$$\log i_{84116} = 4.460 + 0.296 \times (\log d) - 0.109 \times (\log d)^2 - 0.172 \times (\log p_e) - 0.010 \times (\log p_e)^2 + 0.012 \times (\log p_e) \times (\log d) + N(\mu = 0, \sigma^2 = 0.043^2),$$

donde  $i_k$  representa la intensidad de precipitación en mm/h en la estación meteorológica  $k$ ,  $d$  es la duración de la tormenta en minutos,  $p_e$  es la probabilidad de excedencia del evento y  $N(0, \sigma^2)$  es una variable aleatoria normalmente distribuida con media cero y varianza  $\sigma^2$ .

Una vez estimados los correspondientes coeficientes de escorrentía y tiempos de concentración por cuenca, se utilizaron los modelos lineales de intensidad como función de la duración y la probabilidad de excedencia para, mediante el método racional, estimar los caudales asociados a distintos periodos de retorno en los sitios de interés.

### Método regional

Esta metodología utiliza distribuciones de probabilidad regionales, ajustadas con series de caudales máximos perteneciente a 85 estaciones hidrológicas ubicadas a lo largo del país, para estimar los cuantiles adimensionales asociados a distintas probabilidades de excedencia.

Posteriormente, se utilizan las características fisiográficas de las cuencas definidas por dichas estaciones para calcular, mediante modelos lineales, una cantidad denominada valor índice que permita *trasladar* los cuantiles adimensionales estimados previamente a cada uno de los sitios de interés.

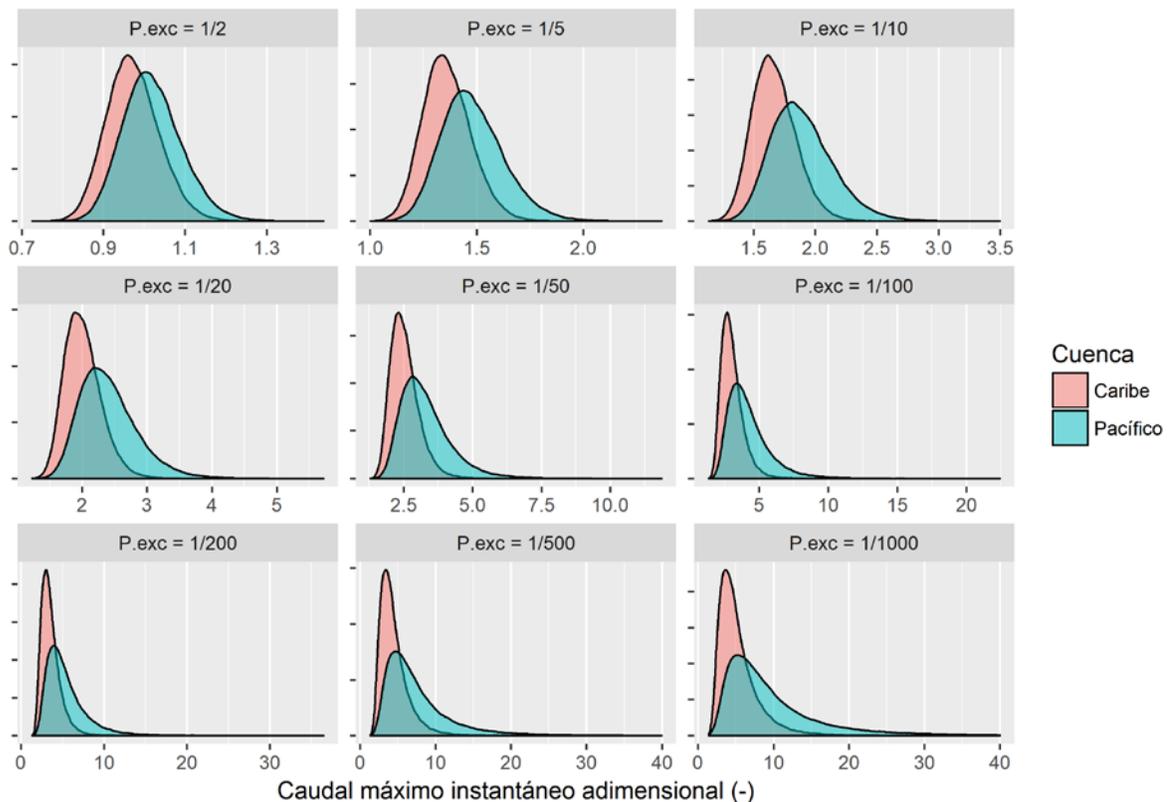
Las distribuciones utilizadas pertenecen a la familia GEV, donde los parámetros ajustados a cada vertiente, por el método de momentos lineales, se muestran en el Cuadro.7.5.21. Nótese que, en ambos casos, se tienen parámetros de forma positivos que indican que los máximos instantáneos convergen a una distribución tipo Fréchet y, por ende, poseen colas pesadas de tipo potencial. Además, se nota como el parámetro de forma asociado a la vertiente Pacífico es mayor que el asociado a la vertiente Caribe por lo cual se esperan, para una misma probabilidad de excedencia, cuantiles mayores asociados a la primera que a la segunda.

**Cuadro.7.5.21.** Parámetros de las distribuciones regionales

Parámetro	Símbolo	Vertiente Caribe	Vertiente Pacífico
Localización	$\mu$	0.8586	0.8966
Escala	$\psi$	0.2931	0.3024
Forma	$\xi$	0.188	0.3430

La distribución adimensional de cuantiles, asociadas a cada vertiente y a distintas probabilidades de excedencia, se muestra en la Figura 7.5.13. Asimismo, cuantiles seleccionados, para cada una de las distribuciones adimensionales, se presentan en el Cuadro.7.5.22.

Distribución de probabilidad de caudales máximos instantáneos asociada a distintas probabilidades de excedencia



**Figura 7.5.15.** Distribución adimensional asociada a cada vertiente para distintas probabilidades de excedencia

**Cuadro.7.5.22.** Cuantiles adimensionales asociados a distintas probabilidades de excedencia según las funciones de distribución de máximos regionales para cada vertiente

Probabilidad de excedencia	Vertiente Caribe			Vertiente Pacífico		
	Cuantil 50	Cuantil 95	Cuantil 99	Cuantil 50	Cuantil 95	Cuantil 99
1/2	0.97	1.08	1.14	1.01	1.15	1.21
1/5	1.35	1.56	1.65	1.47	1.74	1.88
1/10	1.65	1.98	2.14	1.87	2.35	2.60
1/20	1.98	2.51	2.79	2.34	3.21	3.72
1/50	2.46	3.47	4.09	3.13	5.01	6.29
1/100	2.87	4.46	5.52	3.88	7.12	9.63

Por otra parte, el valor índice se estimó con base en las características fisiográficas de las cuencas mediante una serie de modelos lineales, presentados en Gottschalk y Krasovkaia (2000), de la forma

$$m_i = (1.98 \times e^{-A/3673} + 1)(-0.50 \times d_{costa} + 2.47 \times p_{anual} - 0.0059 \times Z_{50} + 34.6)$$

en el caso de la vertiente Pacífico y

$$m_i = (1.36 \times e^{-A/1662} + 1)(-0.10 \times A + 4.17 \times p_{anual} - 0.013 \times Z_{50} + 71.2)$$

en el caso de la vertiente Caribe, donde  $m_i$  es la mediana de los caudales instantáneos en m<sup>3</sup>/s (utilizada como valor índice),  $A$  es el área de la cuenca en km<sup>2</sup>,  $d_{costa}$  es la distancia a la línea de la costa medida desde el centroide de la cuenca,  $p_{anual}$  es la precipitación promedio anual de la cuenca estimada en mm/día, y  $Z_{50}$  es la elevación media de la cuenca en msnm.

Combinando la información del Cuadro.7.5.22, junto con los valores índices estimados mediante las ecuaciones de regresión previamente mencionadas, se estimaron los valores centrales (medianas) de los cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia para aquellas cuenca con un área mayor a 20 km<sup>2</sup> (dado que la base de datos utilizada para la derivación de los modelos de regresión poseía cuencas cuyas áreas eran mayores a dicho valor).

### Escombreras: Método racional

Se utilizaron los modelos lineales de intensidad como función de la duración y la probabilidad de excedencia para estimar, con base en la información del Cuadro.7.5.6, las intensidades máximas asociadas a cada subcuenca y, posteriormente, estimar los correspondientes caudales máximos instantáneos asociados a distintas probabilidades de excedencia. Los resultados se presentan el Cuadro.7.5.23.

**Cuadro.7.5.23.** Coeficientes de escorrentía y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según método racional para las cuencas asociadas a las escombreras

#\ p <sub>e</sub>	Coeficiente escorrentía						Caudal máximo instantáneo (l/s)					
	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100
2	39	42	44	48	51	55	41900	53600	60700	75700	85600	97400
3	36	40	42	46	49	53	35100	47400	54300	69400	79300	91400
4	40	43	45	49	52	56	33000	42200	47700	59400	67000	75900

# p <sub>e</sub>	Coeficiente escorrentía						Caudal máximo instantáneo (l/s)					
	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100
5	43	46	48	52	56	60	53400	67500	74100	87700	100800	107900

### Escombreras: Análisis de frecuencias individual

Se utilizó la información del Cuadro.7.5.16 junto con los valores medios de caudal mostrados en el Cuadro.7.5.10, para trasladar los valores máximos instantáneos desde las cuencas de referencia a los sitios de interés. Los resultados de este análisis se muestran en el Cuadro.7.5.24.

**Cuadro.7.5.24.** Cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según el método de traslado área-precipitación para las cuencas asociadas a las escombreras

#	Cuenca ICE de referencia	Caudal máximo instantáneo (m <sup>3</sup> /s)					
		p <sub>e</sub> = 1/2	p <sub>e</sub> = 1/5	p <sub>e</sub> = 1/10	p <sub>e</sub> = 1/20	p <sub>e</sub> = 1/50	p <sub>e</sub> = 1/100
1	Palomo	404	517	589	655	738	797
6	Anonos	16	20	22	23	24	24

### Escombreras: Método regional

Se utilizaron las características fisiográficas y climáticas para estimar el valor índice asociado a cada subcuenca y, posteriormente, se escaló dicho valor según los cuantiles adimensionales mostrados en el Cuadro.7.5.22. Los resultados se presentan mediante el Cuadro.7.5.25.

**Cuadro.7.5.25.** Cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según el método regional para las cuencas asociadas a las escombreras

#	Vertiente	Caudal máximo instantáneo (m <sup>3</sup> /s)					
		p <sub>e</sub> = 1/2	p <sub>e</sub> = 1/5	p <sub>e</sub> = 1/10	p <sub>e</sub> = 1/20	p <sub>e</sub> = 1/50	p <sub>e</sub> = 1/100
1	Caribe	342	332	462	565	678	842
6	Pacífico	20	29	37	47	62	77

### Planta potabilizadora: Método racional

Se utilizaron los modelos lineales de intensidad como función de la duración y la probabilidad de excedencia para estimar, con base en las características morfológicas de la subcuenca, las intensidades máximas de precipitación y, posteriormente, estimar los correspondientes caudales máximos instantáneos asociados a distintas probabilidades de excedencia. Los resultados se presentan mediante el Cuadro.7.5.26.

**Cuadro.7.5.26.** Coeficientes de escorrentía y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según método racional para las cuencas asociadas a la planta potabilizadora

#\ p <sub>e</sub>	Coeficiente escorrentía						Caudal máximo instantáneo (l/s)					
	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100
1	39	42	44	48	51	55	10000	11900	13500	15900	18100	20200

#### Tanques: Método racional

Se utilizaron los modelos lineales de intensidad como función de la duración y la probabilidad de excedencia para estimar, con base en las características morfológicas de la subcuenca, las intensidades máximas de precipitación y, posteriormente, estimar los correspondientes caudales máximos instantáneos asociados a distintas probabilidades de excedencia. Los resultados se presentan mediante el Cuadro.7.5.27.

**Cuadro.7.5.27.** Coeficientes de escorrentía y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según método racional para las cuencas asociadas a los tanques de almacenamiento

#\ p <sub>e</sub>	Coeficiente escorrentía						Caudal máximo instantáneo (l/s)					
	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100
1	37	41	43	47	50	54	40400	51300	58600	69200	79100	88400

#### Estaciones de válvulas: Método racional

Se utilizaron los modelos lineales de intensidad como función de la duración y la probabilidad de excedencia para estimar, con base en la información del Cuadro.7.5.8, las intensidades máximas asociadas a cada subcuenca y, posteriormente, estimar los correspondientes caudales máximos instantáneos asociados a distintas probabilidades de excedencia. Los resultados se presentan mediante el Cuadro.7.5.28.

**Cuadro.7.5.28.** Coeficientes de escorrentía y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según método racional para las cuencas asociadas a las estaciones de válvulas

#\ p <sub>e</sub>	Coeficiente escorrentía						Caudal máximo instantáneo (l/s)					
	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100
1	42	46	48	52	55	59	7600	9300	10800	13000	14600	16600
2	38	42	44	48	51	55	7300	9000	10600	12800	14800	16400

#### Estación de válvulas: Análisis de frecuencias individual

Se utilizó la información del Cuadro.7.5.16, junto con los valores medios de caudal mostrados en el Cuadro.7.5.13, para trasladar los valores máximos instantáneos desde las cuencas de referencia a los sitios de interés. Los resultados de este análisis se muestran en el Cuadro.7.5.29.

**Cuadro.7.5.29.** Cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según el método de traslado área-precipitación para las cuencas asociadas a las estaciones de válvulas

#	Cuenca ICE de referencia	Caudal máximo instantáneo (m <sup>3</sup> /s)					
		p <sub>e</sub> = 1/2	p <sub>e</sub> = 1/5	p <sub>e</sub> = 1/10	p <sub>e</sub> = 1/20	p <sub>e</sub> = 1/50	p <sub>e</sub> = 1/100
3	Anonos	16	20	22	23	24	24

#### Estación de válvulas: Método regional

Se utilizaron las características fisiográficas y climáticas para estimar el valor índice asociado y, posteriormente, se escaló dicho valor según los cuantiles adimensionales mostrados en el Cuadro.7.5.22. Los resultados se presentan mediante el Cuadro.7.5.30.

**Cuadro.7.5.30.** Cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según el método regional para las cuencas asociadas a las estaciones de válvulas

#	Vertiente	Caudal máximo instantáneo (m <sup>3</sup> /s)					
		p <sub>e</sub> = 1/2	p <sub>e</sub> = 1/5	p <sub>e</sub> = 1/10	p <sub>e</sub> = 1/20	p <sub>e</sub> = 1/50	p <sub>e</sub> = 1/100
3	Pacífico	20	29	37	47	62	77

#### Obras en cauce: Método racional

Se utilizaron los modelos lineales de intensidad como función de la duración y la probabilidad de excedencia para estimar, con base en la información del Cuadro.7.5.9, las intensidades máximas asociadas a cada subcuenca y, posteriormente, estimar los correspondientes caudales máximos instantáneos asociados a distintas probabilidades de excedencia. Los resultados se presentan mediante el Cuadro.7.5.31.

**Cuadro.7.5.31.** Coeficientes de escorrentía y cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según método racional para las cuencas asociadas a las obras en cauce

#\ p <sub>e</sub>	Coeficiente escorrentía						Caudal máximo instantáneo (l/s)					
	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100
1	35	39	41	45	48	52	71000	96400	110600	131400	150800	175000
3	41	44	47	51	54	58	42100	54700	62100	78000	88300	100600
4	42	46	48	52	55	59	21800	26000	32200	37700	45600	48900
6	37	40	42	46	49	53	46600	55600	69000	81300	92700	106300
7	36	39	41	45	48	52	5900	7400	8700	11100	12300	14500
8	36	40	42	46	49	53	9200	12400	13800	17800	19900	23600
9	36	40	42	46	49	53	9800	12500	14800	18100	21400	24200
10	37	40	42	46	49	53	900	1200	1400	1700	2000	2300
11	36	40	42	46	49	52	1100	1500	1700	2100	2400	2700
12	38	41	43	48	51	55	47200	56800	65200	77200	88500	98900
13	38	41	43	48	51	55	48000	60700	69400	82000	90500	104500

# p <sub>e</sub>	Coeficiente escorrentía						Caudal máximo instantáneo (l/s)					
	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100
14	40	43	46	50	53	57	53400	67800	77600	91600	101100	112800
15	42	46	48	52	55	59	5400	6900	8000	9600	10800	12200
16	38	42	44	48	51	55	7300	9000	10600	12800	14800	16400
17	60	64	67	71	75	79	5700	7200	8300	10100	11500	12900
18	37	41	43	47	50	54	40400	51300	58600	69200	79100	88400
19	38	42	44	48	51	55	66200	80700	89300	107200	119200	133800
20	38	42	44	48	51	55	82000	100700	111700	128300	143300	161400
22	41	45	47	51	55	59	167600	208100	244900	294900	333100	369200
23	39	43	45	49	53	57	126200	154800	179700	205300	228100	256600
24	41	45	47	52	55	59	132100	162600	189600	216500	240600	270700

### Obras en cauce: Análisis de frecuencias individual

Se utilizó la información del Cuadro.7.5.16, junto con los valores medios de caudal mostrados en el Cuadro.7.5.15, para trasladar los valores máximos instantáneos desde las cuencas de referencia a los sitios de interés. Los resultados de este análisis se muestran en el Cuadro.7.5.32.

**Cuadro.7.5.32.** Cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según el método de traslado área-precipitación para las cuencas asociadas a las obras en cauce

#	Cuenca ICE de referencia	Caudal máximo instantáneo (m <sup>3</sup> /s)					
		p <sub>e</sub> = 1/2	p <sub>e</sub> = 1/5	p <sub>e</sub> = 1/10	p <sub>e</sub> = 1/20	p <sub>e</sub> = 1/50	p <sub>e</sub> = 1/100
2	Puente Negro	32	52	69	87	116	141
5	Puente Negro	27	44	58	73	97	118
21	Anonos	16	20	22	23	24	24
25	Anonos	16	20	22	22	23	24
26	Anonos	57	71	76	79	82	83

### Obras en cauce: Método regional

Se utilizaron las características fisiográficas y climáticas para estimar el valor índice asociado a cada subcuenca y, posteriormente, se escaló dicho valor según los cuantiles adimensionales mostrados en el Cuadro.7.5.22. Los resultados se presentan mediante el Cuadro.7.5.33.

**Cuadro.7.5.33.** Cuantiles asociados a distintas probabilidades de excedencia según el método regional para las cuencas asociadas a las obras en cauce

#	Vertiente	Caudal máximo instantáneo (m <sup>3</sup> /s)					
		p <sub>e</sub> = 1/2	p <sub>e</sub> = 1/5	p <sub>e</sub> = 1/10	p <sub>e</sub> = 1/20	p <sub>e</sub> = 1/50	p <sub>e</sub> = 1/100
2	Caribe	45	44	61	75	89	111
5	Caribe	46	44	61	75	90	112

#	Vertiente	Caudal máximo instantáneo (m³/s)					
		p <sub>e</sub> = 1/2	p <sub>e</sub> = 1/5	p <sub>e</sub> = 1/10	p <sub>e</sub> = 1/20	p <sub>e</sub> = 1/50	p <sub>e</sub> = 1/100
21	Pacífico	20	20	29	37	47	62
25	Pacífico	19	19	28	35	44	59
26	Pacífico	47	47	69	87	109	146

### 7.5.1.7. Caudales mínimos

De manera similar al caso anterior, se utilizó la información asociada a las estaciones hidrológicas 24-28 Anonos, 09-45 Puente Negro y 09-19 Palomo para la estimación del análisis de frecuencias asociado a los caudales mínimo promedio diario. En forma análoga al análisis de caudales máximos instantáneos e intensidades máximas de precipitación, se ajustaron los datos de cada serie anual de caudales mínimo promedio diario a la distribución generalizada de valor extremo con la salvedad de que, en el caso de valores mínimos, se cumple la igualdad

$$\min\{x_1, x_2, \dots, x_n\} = -\max\{-x_1, -x_2, \dots, -x_n\};$$

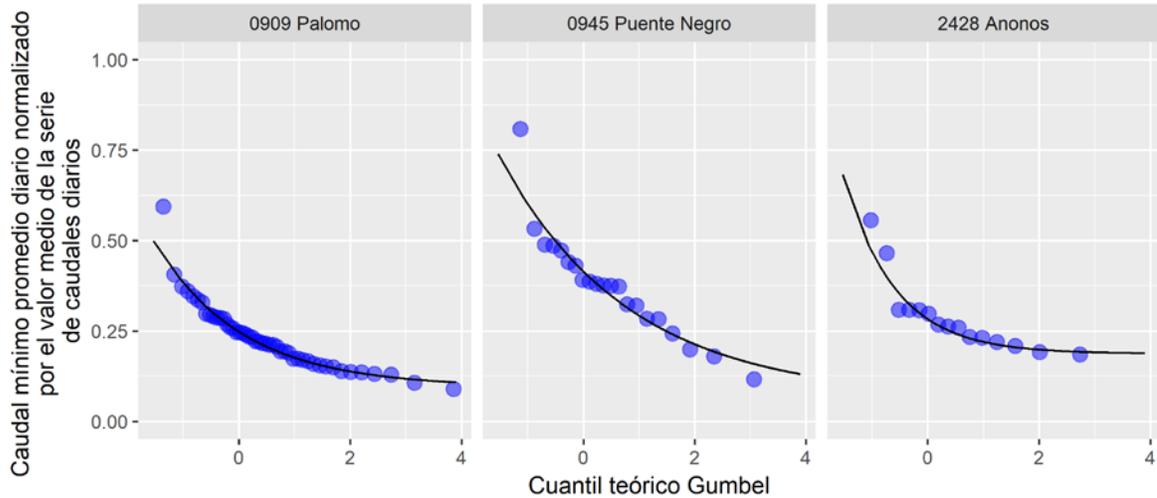
es decir, se utiliza la misma distribución de probabilidad, pero para realizar un análisis el análisis de la cola izquierda de la distribución es necesario cambiar tanto el signo de la serie de datos como el signo de los cuantiles correspondientes a los distintos periodos de retorno.

El Cuadro.7.5.15 muestra los parámetros ajustados a la distribución generalizada de valor extremo mediante el método de momentos lineales. Nótese que todas las distribuciones poseen un parámetro de forma negativo, lo cual, bajo el marco regular de teoría de valor extremo, implicaría que estas distribuciones se encuentran en el dominio de atracción de la distribución Weibull y, por ende, poseen cotas superiores. Ahora bien, dado el cambio de variable mencionado anteriormente, el valor negativo del parámetro de forma se relaciona, más bien, con una cota inferior y, debido a la magnitud de dichos parámetros, es posible asegurar que la cola de la distribución asociada a la estación 24-28 Anonos alcanza su respectiva cota mucho antes que la cola asociada a la estación 09-19 Palomo y esta última mucho antes que la cola asociada a la estación 09-45 Puente Negro. Los parámetros de las distribuciones ajustadas a las muestras de datos se indican mediante el Cuadro.7.5.34.

**Cuadro.7.5.34.** Parámetros de las distribuciones de mínimos

Parámetro	Símbolo	24-28 Anonos	09-45 Puente Negro	09-19 Palomo
Localización	$\mu$	0.283	0.4148	0.2482
Escala	$\psi$	0.103	0.150	0.097
Forma	$\xi$	-1.08	-0.429	-0.633

En La Figura 7.5.14 se presenta el ajuste de las series de mínimos de caudales promedio diario –normalizados por sus respectivos valores medios– de las estaciones hidrológicas utilizadas como referencia en el análisis, mientras que el Cuadro.7.5.35 muestra, para dichas estaciones, los caudales mínimo promedio diario adimensionales para distintas probabilidades de no-excedencia.



**Figura 7.5.16.** Caudal máximo instantáneo, normalizado por el valor medio de la serie de caudales diarios, asociado a diferentes probabilidades de excedencia

**Cuadro.7.5.35.** Caudales mínimo promedio diario de las estaciones 24-28 Anonos, 09-45 Puente Negro y 09-19 Palomo, estandarizados por el valor medio de la distribución padre, para distintas probabilidades de no-excedencia

Probabilidad de no excedencia	24-28 Anonos	09-45 Puente negro	09-19 Palomo
1-1/2	0.25	0.37	0.22
1-1/5	0.21	0.25	0.15
1-1/10	0.20	0.20	0.13
1-1/20	0.19	0.16	0.11
1-1/25	0.19	0.13	0.11

Dado que los datos se encuentran normalizados por su respectivo valor medio, y con el objetivo de estimar caudales mínimos en los sitios de interés, se multiplicaron los cuantiles adimensionales de las distribuciones ajustadas del Cuadro.7.5.35 por el valor medio estimado en los sitios de estudio y por la razón entre el producto área-precipitación de la subcuenca y la cuenca asociada a la estación hidrológica en cuestión. En el Cuadro.7.5.36, Cuadro.7.5.37, Cuadro.7.5.38, Cuadro.7.5.39 y Cuadro.7.5.40 se presentan las estimaciones de caudales mínimos para los sitios de escombreras, estación de válvulas, planta potabilizadora, tanques y obras en cauce, respectivamente.

### Escombreras

**Cuadro.7.5.36.** Caudales mínimo promedio diario de los sitios de interés para distintas probabilidades de no-excedencia para las cuencas asociadas a las escombreras

#	Estación ICE de referencia	Caudales mínimo promedio diario (l/s)				
		$P_{ne}=1-1/2$	$P_{ne}=1-1/5$	$P_{ne}=1-1/10$	$P_{ne}=1-1/20$	$P_{ne}=1-1/25$
1	Palomo	2684	1830	1586	1342	1342
2	Puente Negro	57	39	31	25	20

#	Estación ICE de referencia	Caudales mínimo promedio diario (l/s)				
		$P_{ne}=1-1/2$	$P_{ne}=1-1/5$	$P_{ne}=1-1/10$	$P_{ne}=1-1/20$	$P_{ne}=1-1/25$
3	Puente Negro	111	75	60	48	39
4	Puente Negro	48	33	26	21	17
5	Anonos	64	54	51	48	48
6	Anonos	283	237	226	215	215

### Estaciones de válvulas

**Cuadro.7.5.37.** Caudales mínimo promedio diario de los sitios de interés para distintas probabilidades de no-excedencia para las cuencas asociadas a las estaciones de válvulas

#	Estación ICE de referencia	Caudales mínimo promedio diario (l/s)				
		$P_{ne}=1-1/2$	$P_{ne}=1-1/5$	$P_{ne}=1-1/10$	$P_{ne}=1-1/20$	$P_{ne}=1-1/25$
1	Anonos	8	7	6	6	6
2	Anonos	8	7	6	6	6
3	Anonos	283	237	226	215	215

### Planta potabilizadora

**Cuadro.7.5.38.** Caudales mínimo promedio diario de los sitios de interés para distintas probabilidades de no-excedencia para las cuencas asociadas a la planta potabilizadora

#	Estación ICE de referencia	Caudales mínimo promedio diario (l/s)				
		$P_{ne}=1-1/2$	$P_{ne}=1-1/5$	$P_{ne}=1-1/10$	$P_{ne}=1-1/20$	$P_{ne}=1-1/25$
1	Anonos	10	8	8	7	7

### Tanques

**Cuadro.7.5.39.** Caudales mínimo promedio diario de los sitios de interés para distintas probabilidades de no-excedencia para las cuencas asociadas a los tanques de almacenamiento

#	Estación ICE de referencia	Caudales mínimo promedio diario (l/s)				
		$P_{ne}=1-1/2$	$P_{ne}=1-1/5$	$P_{ne}=1-1/10$	$P_{ne}=1-1/20$	$P_{ne}=1-1/25$
1	Anonos	48	40	38	36	36

## Obras en cauce

**Cuadro.7.5.40.** Caudales mínimo promedio diario de los sitios de interés para distintas probabilidades de no-excedencia para las cuencas asociadas a las obras en cauce

#	Estación ICE de referencia	Caudales mínimo promedio diario (l/s)				
		$P_{ne}=1-1/2$	$P_{ne}=1-1/5$	$P_{ne}=1-1/10$	$P_{ne}=1-1/20$	$P_{ne}=1-1/25$
1	Puente Negro	266	180	144	115.2	93.6
2	Puente Negro	592	400	320	256	208
3	Puente Negro	65	44	35	28	23
4	Puente Negro	31	21	17	14	11
5	Puente Negro	496	335	268	214	174
6	Puente Negro	70	48	38	30	25
7	Puente Negro	7	5	4	3	2
8	Puente Negro	12	8	6	5	4
9	Puente Negro	13	9	7	5	4
10	Puente Negro	1	1	1	0	0
11	Anonos	1	1	1	1	1
12	Anonos	58	48	46	44	44
13	Anonos	58	48	46	44	44
14	Anonos	65	55	52	49	49
15	Anonos	5	4	4	4	4
16	Anonos	8	6	6	6	6
17	Anonos	4	3	3	3	3
18	Anonos	48	40	38	36	36
19	Anonos	90	76	72	68	68
20	Anonos	119	100	95	90	90
21	Anonos	283	237	226	215	215
22	Anonos	166	140	133	126	126
23	Anonos	175	147	140	133	133
24	Anonos	185	155	148	141	141
25	Anonos	279	234	223	212	212
26	Anonos	983	825	786	747	747

### 7.5.1.8. Cambio en la escorrentía producto de la construcción de las obras del proyecto

La construcción de infraestructura nueva implica un cambio en el uso del suelo, donde se pasa de tener zonas permeables, generalmente con cobertura vegetal, a tener zonas con suelos compactados y áreas impermeables, lo que implicaría un aumento en la escorrentía superficial en el AID del proyecto. Este efecto es importante cuantificarlo ya que representa un impacto del proyecto sobre el entorno, como se solicita en el Anexo 5, Sección III del Decreto 32712-MINAE, Segmento A.

Dado que el método racional es lineal en el coeficiente de escorrentía, el cambio relativo en este es proporcional al cambio relativo en el caudal pico asociado a una tormenta dada, independientemente del área de la cuenca o de la intensidad de dicha tormenta. Por ello, se utilizó dicho valor como un indicador de la posible afectación en la hidrología de cada cuenca debido a la construcción de las obras del proyecto. Para efectos de realizar una estimación conservadora, se tomó el coeficiente de escorrentía del área intervenida igual al correspondiente a un área cubierta en su totalidad por concreto. Los resultados se muestran en el Cuadro.7.5.41.

**Cuadro.7.5.41.** Coeficiente de escorrentía e Incremento en el caudal pico de la correspondiente cuenca receptora después de la construcción de las obras del proyecto

Obra\Periodo de retorno	Coeficiente de escorrentía						Incremento en el caudal pico					
	2	5	10	25	50	100	2	5	10	25	50	100
Escombrera 1	36	40	42	46	49	53	2.4%	2.3%	2.2%	2.0%	2.0%	1.9%
Escombrera 2	44	47	50	54	57	61	13.2%	12.8%	12.4%	11.7%	11.3%	10.8%
Escombrera 3	37	40	42	46	49	53	2.2%	2.1%	2.0%	1.9%	1.8%	1.7%
Escombrera 4	41	44	46	50	53	57	2.6%	2.5%	2.5%	2.3%	2.2%	2.2%
Escombrera 5	43	47	49	53	57	61	2.0%	1.9%	1.9%	1.8%	1.7%	1.6%
Escombrera 6	42	46	48	53	56	60	0.6%	0.6%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
Planta Potabilizadora	40	43	46	50	53	57	3.9%	3.7%	3.6%	3.4%	3.3%	3.1%
Tanques de almacenamiento	38	42	44	48	51	55	1.1%	1.0%	1.0%	0.9%	0.9%	0.8%
Estac. de válvulas 1	42	46	48	52	55	59	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Estac. de válvulas 2	38	42	44	48	51	55	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
Estac. de válvulas 3	42	46	48	52	55	59	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%

Nótese como, para todas las subcuencas asociadas a obras del proyecto, el incremento en el caudal pico (independiente del periodo de retorno) es inferior a un 4%. Únicamente para la cuenca asociada a la escombrera Coris el incremento es superior a dicho valor (~13% en el caso más severo usando una estimación conservadora). En virtud de lo anterior, se concluye que las obras del proyecto no tendrán un impacto significativo en el aumento de la escorrentía superficial en las cuencas asociadas al AP.

#### 7.5.1.9. Cotas de inundación

El primer paso en la definición de las cotas de inundación es la identificación de las zonas que presentan esta condición, y que podrían ocasionar una afectación del entorno sobre las obras, como se solicita en el Anexo 5, Sección III del Decreto 32712-MINAE, Segmento B.

Para definir las zonas de inundación en el AP se cuenta con tres insumos básicos: visita de campo, encuesta a las comunidades, estudios geológicos y los mapas de amenazas naturales elaborados por la Comisión Nacional de Prevención y Atención de Desastres (CNE).

En las visitas de campo se logró determinar que las obras del proyecto que presentaban una mayor vulnerabilidad, por su cercanía a ríos o quebradas, fueron los sitios de escombrera. En el Cuadro.7.5.42 se resume las observaciones de campo y una fotografía de las escombreras.

**Cuadro.7.5.42.** Observaciones de campo sobre los sitios de escombrera propuestos

No.	Nombre	Imagen Sitio de Escombrera	Observaciones
1	Piedra Grande		<p>Ubicada en una terraza aluvial. Cultivo de café. Pendiente fuerte. El río Grande de Orosi se ubica a unos 300 m.</p>
2	Coris		<p>Terreno plano con nivel freático a poca profundidad. Zona de potrero. Cercada por las Quebradas Luisa y Barahona.</p>
3	El Cedral		<p>Ubicada en una terraza aluvial. Cultivo de café. Pendiente fuerte. Colinda con el río Naranjo, afluente del río Agua Caliente.</p>

No.	Nombre	Imagen Sitio de Escombrera	Observaciones
4	Guatuso		<p>Ubicada en zona de cultivos. Pendiente moderada. Colinda con la Quebrada Guatuso, afluente del río Purires.</p>
5	Damas		<p>Terreno con pendiente fuerte. Zona de potrero.</p>
6	Jorco		<p>Terreno con pendiente moderada. Zona de potrero. Se identificó un canal natural, afluente al río Jorco, que pasa en medio de la propiedad.</p>

Se realizó una encuesta a los pobladores de las comunidades del AID del proyecto, en la cual se le consultó sobre la problemática de inundaciones en sus comunidades. La metodología empleada y los resultados obtenidos se presentan en el Apartado 9.9.2. del estudio cuantitativo de la percepción local sobre el proyecto y sus posibles impactos (capítulo 9, Tomo 9). Con la información suministrada fue posible georreferenciar los ríos y comunidades, que, según los pobladores, presentan problemas de inundación, y de esta forma se generaron los puntos de “sitios de inundación”. Además, se utilizaron los mapas de Amenazas Potenciales que elabora la Comisión Nacional de Emergencias, en los cuales se identifica, por cantón, las zonas propensas a inundación y otros peligros naturales (Comisión Nacional de Emergencias, 1999).

En la Figura 7.5.15 se presentan los sitios y zonas de inundación dentro del AP, asimismo, se muestra la ubicación de las principales comunidades, las obras del proyecto y la red de drenaje. Con base en este mapa se observa que solamente algunas zonas de escombrera se encuentran dentro de zonas de inundación o cerca de sitios de inundación. Se identificó que los sitios de escombrera de Coris, El Cedral, Guatuso y Jorco son los que presentan el mayor riesgo de sufrir inundación, por lo que en estos sitios se realizó una modelación hidráulica para definir las cotas de inundación para varios períodos de retorno.

La modelación hidráulica presentada en el Anexo 7.3 se utilizó para estimar, en forma preliminar, los niveles de agua que se podrían alcanzar en los sitios de escombrera para caudales máximos con períodos de retorno de 10, 25 y 50 años. Dicha modelación se realizó con la herramienta IBER, y como insumo básico se utilizó un DEM generado a partir de curvas de nivel 1:10 000 disponibles para el área de estudio. Para lograr un resultado más confiable y que represente de mejor forma la realidad, se requieren datos topográficos detallados de las secciones transversales de los cauces y las márgenes de interés. Además, se requieren datos de campo sobre niveles y caudales, para calibrar y validar el modelo hidráulico, por lo que los resultados presentados en este apartado son preliminares y no se pueden utilizar en el diseño de obras de protección.

En los sitios de escombrera Guatuso y Coris, los resultados obtenidos no fueron aceptables, ya que la mancha de inundación debería iniciar a partir de los excesos de agua que fluyen por los ríos o cauces predominantes, y no a partir de las llanuras de inundación, como sucedió en ambos casos (Anexo 7.3). Se revisó la topografía base y se notó que, en ambos casos, las escombreras están localizadas en zonas relativamente planas, con faltantes importantes de curvas de nivel, para la escala 1:10 000 utilizada, lo que resultó en un MED deficiente para la modelación hidráulica. Por lo tanto, se puede concluir que en los sitios de escombrera Guatuso y Coris los resultados de la modelación hidráulica no fueron concluyentes.

Los resultados obtenidos en la escombrera Jorco (Anexo 7.3) indicaron que el nivel del agua máximo en la zona de la escombrera alcanzó la cota 1160 m.s.n.m. Según el plano de conformación de la escombrera, en el perfil del eje 2, se muestra para el EST: 0+107.40, una elevación de 1157.53 m.s.n.m. La corona de la escombrera estaría en la cota 1170 m.s.n.m., por lo que esta escombrera requeriría de obras de protección contra inundación.

Los resultados obtenidos en la escombrera El Cedral (Anexo 7.3) indicaron que el nivel del agua máximo, en las inmediaciones de la escombrera, alcanzó la cota 1104 m.s.n.m. Según el plano de conformación de la escombrera, en el perfil del eje B-B, se muestra para el EST: 0+280, una elevación de 1090 m.s.n.m. La corona de la escombrera estaría en la cota 1116 m.s.n.m., por lo que esta escombrera requeriría de obras de protección contra inundación.

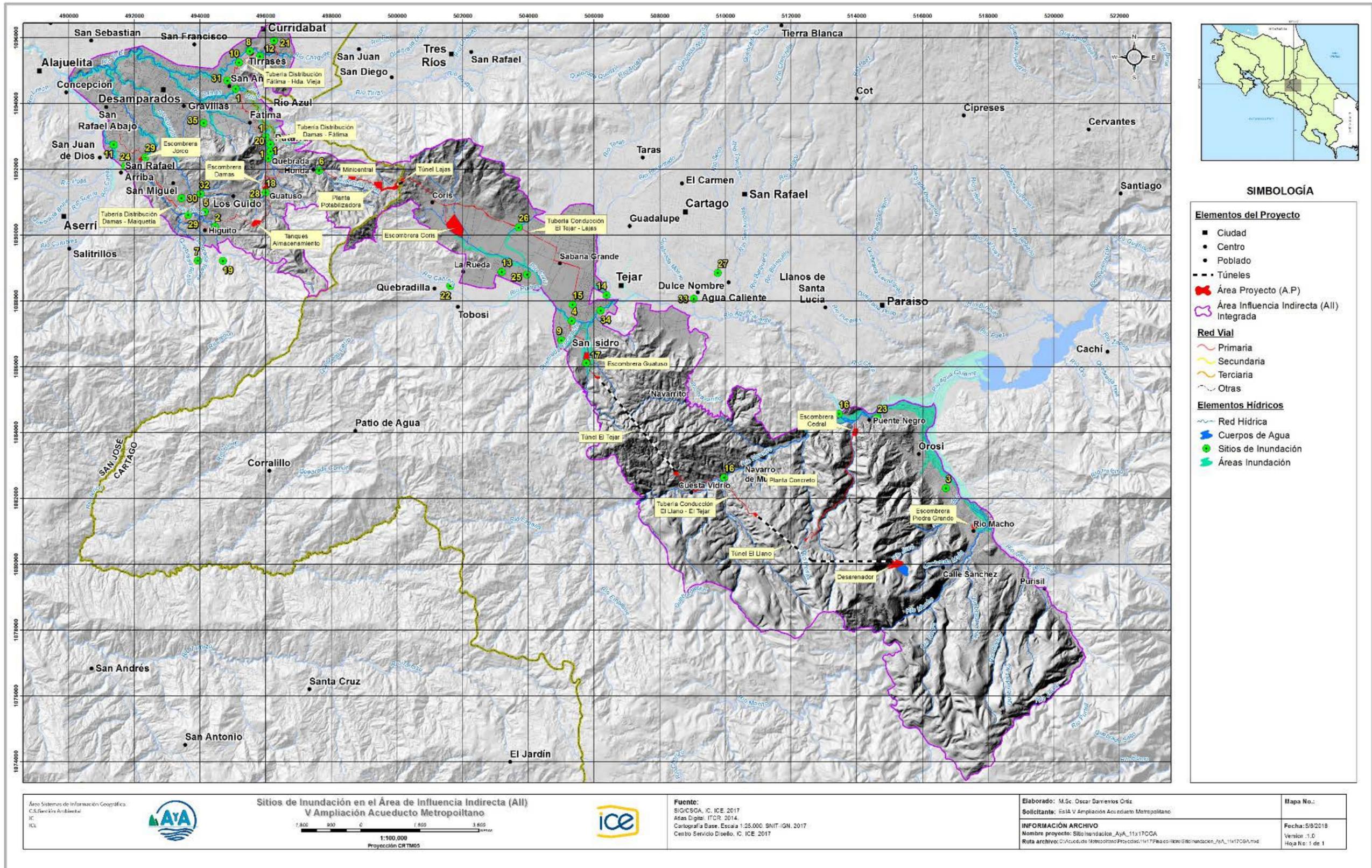


Figura 7.5.17. Zonas de inundación según estudio de percepción de los habitantes de las comunidades del AID y los mapas de amenazas naturales de la CNE

### **7.5.1.10. Calidad de agua**

Para la determinación de la calidad del agua del ambiente acuático del proyecto se utilizó la metodología establecida por Decreto 33903-MINAE, denominada: Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales (Anexo 7.4 y Anexo 7.5).

Dentro del AP y AID del proyecto se muestrearon 46 cuerpos de agua que podrían ser afectados directa o indirectamente por las actividades constructivas y operativas del proyecto. En los 46 sitios de muestreo se determinó el Índice de Calidad Biológico (BMWP-CR), (Anexo 7.11 y Anexo 7.12) y en 39 de los 46 sitios identificados, además del BMWP-CR, también se determinó el índice de calidad fisicoquímica conocido como Índice Holandés (IH), inicial y complementario, exceptuándose el muestreo de 7 cuerpos de agua que únicamente se prevé que podrían ser afectados en la cantidad del recurso y no en su calidad, por abatimiento durante el proceso de construcción de los túneles. Esto permitió establecer la clasificación de cada cuerpo de agua según su posible uso (Anexo 7.9 y Anexo 7.10).

### **Definición de áreas de muestreo para el análisis de la calidad del agua**

Los muestreos de calidad del agua se han definido en 46 cuerpos de agua que están cercanos a las obras principales del proyecto o a la ruta de la tubería. Estos cuerpos de agua están comprendidos dentro de algunos sectores del Valle de Orosí, Valle del Guarco, Llanuras de Coris en Cartago y algunos distritos del Cantón de Desamparados en San José. En los sectores de Orosí, Cartago y la parte alta de Patarrá de Desamparados, los cuerpos de agua y el bosque de ribera que los rodean, se encuentran asociados a gran parte de la cobertura arbórea original, que son representativos de ecosistemas naturales, sin embargo, en la mayoría de sectores de Cartago y Desamparados, los cuerpos de agua están asociados a reductos escasos o ausentes del bosque de ribera original, donde predomina la actividad antropogénica, especialmente con desarrollo de la actividad agroindustrial e infraestructura urbana alrededor de los mismos.

Para facilitar la caracterización de la calidad del ecosistema acuático del AP y AID a lo largo del proyecto se establecieron cuatro áreas definidas por la actividad predominante y el uso del suelo asociado a la actividad antropogénica de conservación o alteración de la cobertura arbórea original alrededor de los cuerpos de agua. Esta categorización responde a una interpretación de análisis del uso del entorno del cuerpo de agua (bosque de ribera u área de protección del cuerpo de agua), definido por el uso antropogénico del mismo.

Dichas áreas se definen a continuación y su ubicación espacial se muestra en la Figura 7.5.22. En el Cuadro.7.5.43 se indican los sitios de muestreo con sus respectivas coordenadas geográficas y valor de elevación.

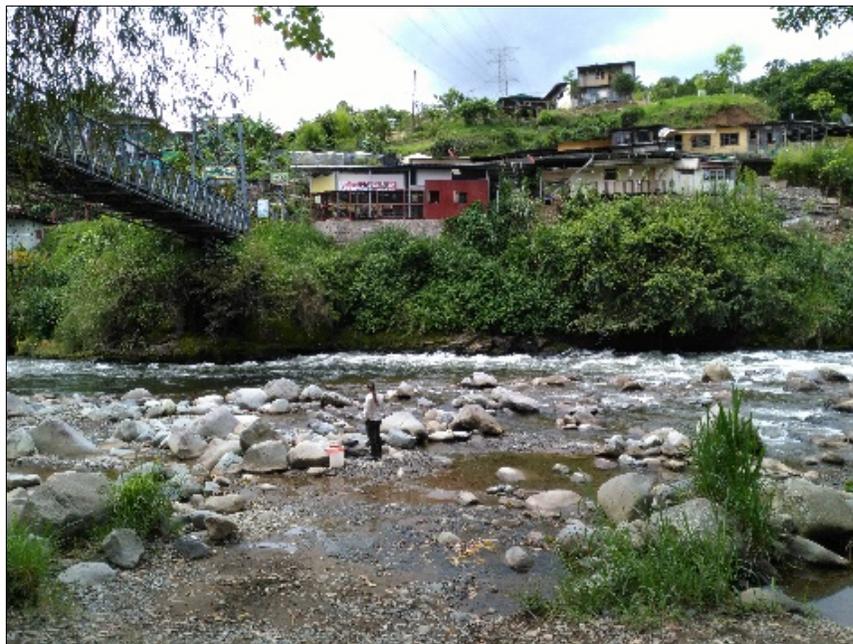
### **Áreas definidas para el análisis**

**Área Boscosa (AB):** El entorno alrededor del cuerpo de agua está definido por la conservación de la cobertura arbórea original. Un ejemplo de esta área se presenta en la Figura 7.5.18, en el río Sombrero en la zona Navarro-Muñeco.



**Figura 7.5.18.** Rio Sombrero / Navarro Muñeco.

**Área Urbana Rural (AUR):** El entorno alrededor del cuerpo de agua está definido por el desarrollo de alguna infraestructura urbana dentro del entorno rural. En la Figura 7.5.19 se presenta un ejemplo de ésta área, en el río Grande de Orisi, en la comunidad de Orisi.



**Figura 7.5.19.** Rio Grande de Orisi / Orisi.

**Área Agroindustrial (AAI)** El entorno alrededor del cuerpo de agua está definido por la presencia de terrenos dedicados a labores agrícolas e industriales, como se ejemplifica en la Figura 7.5.20, en el río Purires, en la comunidad del Tejar.



**Figura 7.5.20.** Río Purires / Tejar.

**Área Urbana (AU):** El entorno alrededor del cuerpo de agua está definido por la presencia de un amplio desarrollo de infraestructura urbana, como se observa en la Figura 7.5.21 en el río Damas quinta, en la comunidad de Desamparados.



**Figura 7.5.21.** Río Damas quinta / Desamparados.

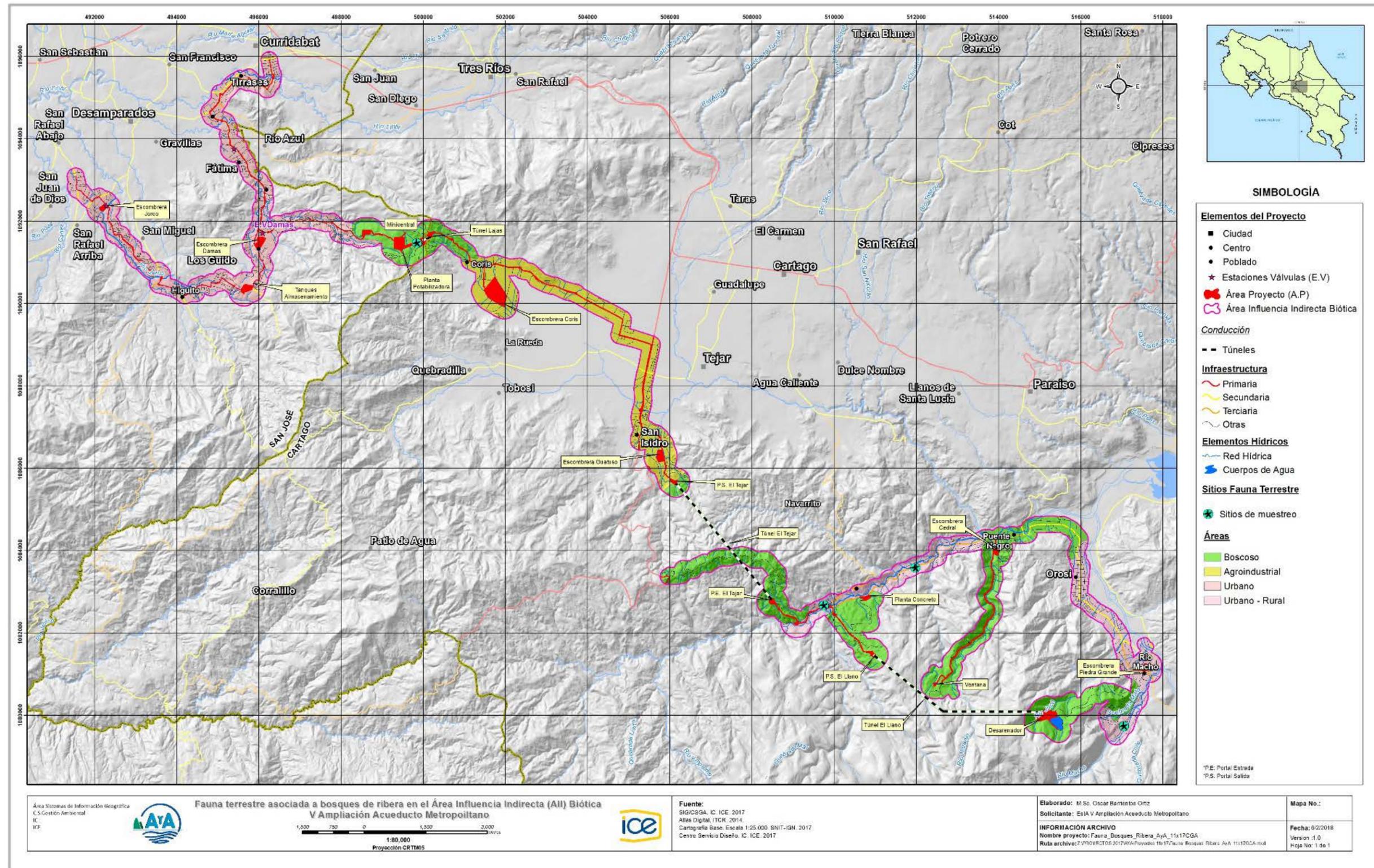


Figura 7.5.22. Delimitación de áreas para los ecosistemas acuáticos según el de uso del suelo y actividad antropogénica establecido alrededor de los cuerpos de agua que constituyen el ecosistema acuático del PVAAM. 2017.

**Cuadro.7.5.43.** Distribución en áreas y localización geográfica de las localidades de muestreo de Calidad Fisicoquímica del agua IH (Índice Holandés) y Calidad Biológica del agua BMWP-CR en el AI del PVAAM. 2017.

ID	Nombre	Norte	Este	Altitud	IH	BMWP-CR
1	Jucó 2	1080130	515271	1494.31		
2	Río Macho	1079580	516966	1190.15		
3	Río Grande Orosi	1081530	517821	1082.00		
4	Río Naranjo 2	1083740	513827	1113.00		
5	Zunzunegui Rotonda	1081650	511119	1471.39		
6	Zunzunegui Puente	1081630	510820	1447.23		
7	Quebrada Portal Salida El Llano	1081510	511061	1566.00		
8	Río Sombrero	1082460	509987	1211.07		
9	Río Navarro	1082660	509939	1236.00		
10	Quebrada Rojas Vidrio	1082240	509212	1263.00		
11	Quebrada Portal Entrada Túnel Tejar	1082780	508610	1469.00		
12	Quebrada Prestinari	1083370	508882	1486.15		
13	Quebrada Thames	1082940	508537	1419.83		
14	Quebrada Wilson	1083390	508268	1507.96		
15	Quebrada Portal Salida Túnel Tejar	1085640	506112	1427.00		
16	Quebrada Barahona 2 Tejar	1085740	505819	1345.47		
17	Quebrada Guatuso-Tejar	1086300	505988	1335.96		
18	Quebrada Guayabal-Tejar	1086640	505710	1331.99		
19	Quebrada finado /Coris	1091554	499744	1412.00		
20	Quebrada Cucaracha-Tejar	1086910	505419	1334.47		
21	Río Purires	1087410	505287	1323.21		
22	Quebrada Alajucla	1090260	503691	1337.61		
23	Quebrada Barahona 1	1090860	502383	1356.26		
24	Quebrada Luisa	1090970	501758	1360.16		
25	Quebrada Barahona Inicio	1090930	501395	1356.07		
26	Tubería Descarga Quebrada Mesas	1091710	499558	1473.00		
27	Quebrada Mini Central	1091660	498555	1379.00		
28	Fossiland	1091680	497942	1217.62		
29	Quebrada Honda	1091970	497775	1185.43		
30	Quebrada Salitrillo	1091750	496299	1151.06		
31	Quebrada CEMEX	1090880	496124	1202.38		
32	Quebrada Naranjos	1090250	494451	1197.38		
33	Río Jorco	1092370	492318	1119.61		
34	Río Damas Quinta	1092330	496078	1133.01		
35	Río Damas Bombero	1094450	495116	1115.38		
36	Río Tiribí	1095480	496323	1145.75		
37	Quebrada Calle Sánchez 1	1080550	517447	1115.36		
38	Quebrada Calle Sánchez 2	1079780	516730	1234.00		
39	Quebrada Calle Sánchez 3	1079850	516679	1248.34		
40	Quebrada Camino Túnel Lajas 1	1091750	500268	1442.02		
41	Quebrada Camino Tunel Lajas 2	1091700	500413	1428.38		
44	Quebrada Enrique Planta Potabilizadora	1091370	499155	1389.79		
45	Río Perlas 1	1080530	512257	1538.77		
46	Quebrada Carbonera	1080520	512599	1516.45		
47	Río Naranjo 1					

ID	Nombre	Norte	Este	Altitud	IH	BMWP-CR
48	Río Perlas 2	1083810	512472	1079.70		

**Fuente:** elaboración propia. 2017.

#### Simbología:

**AB:** Área Boscosa, **AAI:** Área Agroindustrial, **AU:** Área Urbana, **AUR:** Área Urbano Rural.

**Número de sitios de muestreo:** **Índice IH** 39 sitios, **Índice BMWP** 46 sitios

La ubicación espacial de los sitios listados en el Cuadro.7.5.43 se muestran en la Figura 7.5.24

#### Metodología General

Los métodos de referencia para la toma de muestras y para los análisis de aguas superficiales son las contenidas en la última edición de los “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, (Decreto N° 25018, MEIC,1996).

Para estos efectos se contó con la participación del Laboratorio químico CHEMLABS, el cual se encuentra acreditado según norma INTE-ISOMECC 17025-2005.

#### Metodología de muestreo para el análisis de la calidad fisicoquímica del agua, Índice Holandés (IH)

Para realizar el diagnóstico de la calidad fisicoquímica del agua se tomaron muestras de agua en 39 sitios, un punto de muestreo por cada sitio, durante la época lluviosa del año 2017. Estos sitios están distribuidos dentro de las cuatro áreas anteriormente descritas, y detallados en el Cuadro.7.5.43.

Se utilizaron las metodologías establecidas en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales (Decreto N°33903, MINAET 2007), incluyendo el análisis de los parámetros fisicoquímicos para la clasificación inicial o reclasificación de usos y los parámetros físicos y químicos complementarios (Anexo 7.4 y Anexo 7.5) en cada uno de los 39 cuerpos de agua principales.

Además, se llevó a cabo el cálculo del IH (Anexo 7.7 y Cuadro.7.5.44) tomando en cuenta la posible afectación, directa e indirecta, dentro del AP o AI que podrían generar las obras a los cuerpos de agua.

En la Figura 7.5.23 se ejemplifica la técnica de muestreo según la normativa mencionada.



**Figura 7.5.23.** Panorámica de técnica de muestreo para la toma de muestras para determinar la calidad de agua fisicoquímica en cada una de las 39 localidades de muestreo acuático del AI del PVAAM. 2017.

El Sistema Holandés de Clasificación para la Calidad del Agua permite trasladar información de concentraciones de las variables de mayor importancia en la valoración de la contaminación orgánica en una corriente de agua, como es la Demanda Bioquímica de Oxígeno, el Nitrógeno Amoniacal y el Oxígeno disuelto convertido en Porcentaje de saturación de Oxígeno por medio del Oxígeno real *in situ* y el valor teórico dado por la temperatura y la presión atmosférica en el sitio de estudio, a un código de colores asignado a cada clase, como se detalla en el Cuadro.7.5.44.

**Cuadro.7.5.44.** Rangos de calificación del Índice de Calidad Fisicoquímica del agua, Índice Holandes (IH).

Nivel de calidad	Índice Fisicoquímico IH	Color
Sin Contaminación	3	AZUL
Contaminación Incipiente	4 a 6	VERDE
Contaminación Moderada	7 a 9	AMARILLO
Contaminación Severa	10 a 12	NARANJA
Contaminación Muy Severa	13 a 15	ROJO

**Fuente:** Decreto N° 33903 MINAE, 2007

### **Metodología de muestreo para el análisis de la calidad biológica del agua, Índice Biológico (BMWP-CR).**

Para realizar el diagnóstico de la calidad biológica del agua BMWP-CR (Vásquez et al., 2010), se tomaron muestras de macroinvertebrados en cada uno de los 46 cuerpos de agua principales (un punto de muestreo por cada sitio), durante la época seca y época lluviosa del año 2017, distribuidos dentro de las cuatro áreas anteriormente descritas, como se detalla en la Figura 7.5.24. Asimismo, se llevo a cabo el análisis de las muestras en laboratorio y el calculo del índice BMWP-CR (Cuadro.7.5.45) para cada uno de los 46 cuerpos de agua analizados y cuyos resultados se presentan en el Anexo 7.11 y Anexo 7.12.

Los muestreos de macroinvertebrados son utilizados en los monitoreos de contaminación en cursos fluviales, ya que se consideran como un método para evaluar los impactos causados por

los desechos domésticos, industriales entre otros (Abarca, 2007). Los muestreos de macroinvertebrados (moluscos y crustáceos) se realizaron dentro de la misma periodicidad realizada para el muestreo de peces, el primero en la época seca, de febrero a abril del 2017, y el segundo en época lluviosa, de junio a agosto del 2017. La presencia o ausencia de macroinvertebrados bentónicos en un cuerpo de agua permite discernir sobre la condición de alteración del cuerpo de agua, debido a su hábito de adhesión al sustrato presente en el fondo del río, estos organismos soportan con cierta temporalidad el efecto de los cambios que se producen en el agua (Escobar, 1989).

La biodiversidad de macroinvertebrados sirve como un índice de condiciones ambientales. Algunas especies se desarrollan muy bien en cuerpos de agua cargados con materia orgánica, ejemplo Quironomidos en zonas de desagües, mientras que otros grupos son sensibles a factores ambientales específicos (Ephemeropteros, Tricopteros y plecópteros) indicadores de aguas limpias y oxigenadas. (Doods, 2002).

En los 46 cuerpos de agua en un transecto de 50 metros a lo largo y ancho del cuerpo de agua. Las muestras son tomadas bajo el método de recolecta directa, semicuantitativa, que consiste en recolectar los organismos directamente en el campo a lo largo de un transecto de aproximadamente 50 metros, desde el sustrato, el cual se remueve con la ayuda de una red tipo D de 500 µm, un colador o una red tipo “Kick”, según el tipo de sustrato (Guevara y Solis, 2011). En la Figura 7.5.25, Figura 7.5.26 y la Figura 7.5.27 se muestran los procesos de recolección e identificación de muestras.

Para el muestreo, según lo estipulado en el Anexo 7.4 y Anexo 7.5 del “Reglamento para la clasificación y evaluación de la calidad de cuerpos de agua superficiales No. 33903-MINAE-S” se tomaron en cuenta los diferentes microhábitat presentes, distintos sustratos, condiciones de corriente, entre otros, por un tiempo de 60 minutos de esfuerzo en cada uno de los puntos, mediante el esfuerzo de tres personas capacitadas para realizar el muestreo.

Los especímenes son preservados en el campo, en alcohol al 75% para su posterior identificación en el laboratorio mediante el uso del estereoscopio y las claves respectivas (Roldán, 1996, Merrit et al. 2008, Rolier, 2009, Springer *et al.* 2010). El material será depositado en la colección de Entomología Acuática del Museo de Zoología, Universidad de Costa Rica. Se aplica el índice BMWP-CR según el Reglamento No. 33903 MINAE-S”.

**Cuadro.7.5.45.** Rangos de clasificación del Índice Biológico BMWP, con base al nivel de calidad de cuerpos de agua.

Nivel de calidad	Índice biológico BMWP-CR	COLOR
Calidad excelente	Mayor a 120	AZUL
Calidad buena / No contaminadas de manera sensible	101-120	AZUL
Calidad regular / contaminación moderada	61-100	VERDE
Calidad mala / contaminadas	36-60	AMARILLO
Calidad mala / muy contaminadas	16-35	NARANJA
Calidad muy mala / extremadamente contaminadas	Menor a 15	ROJO

**Fuente:** Decreto N° 33903 MINAE, 2007

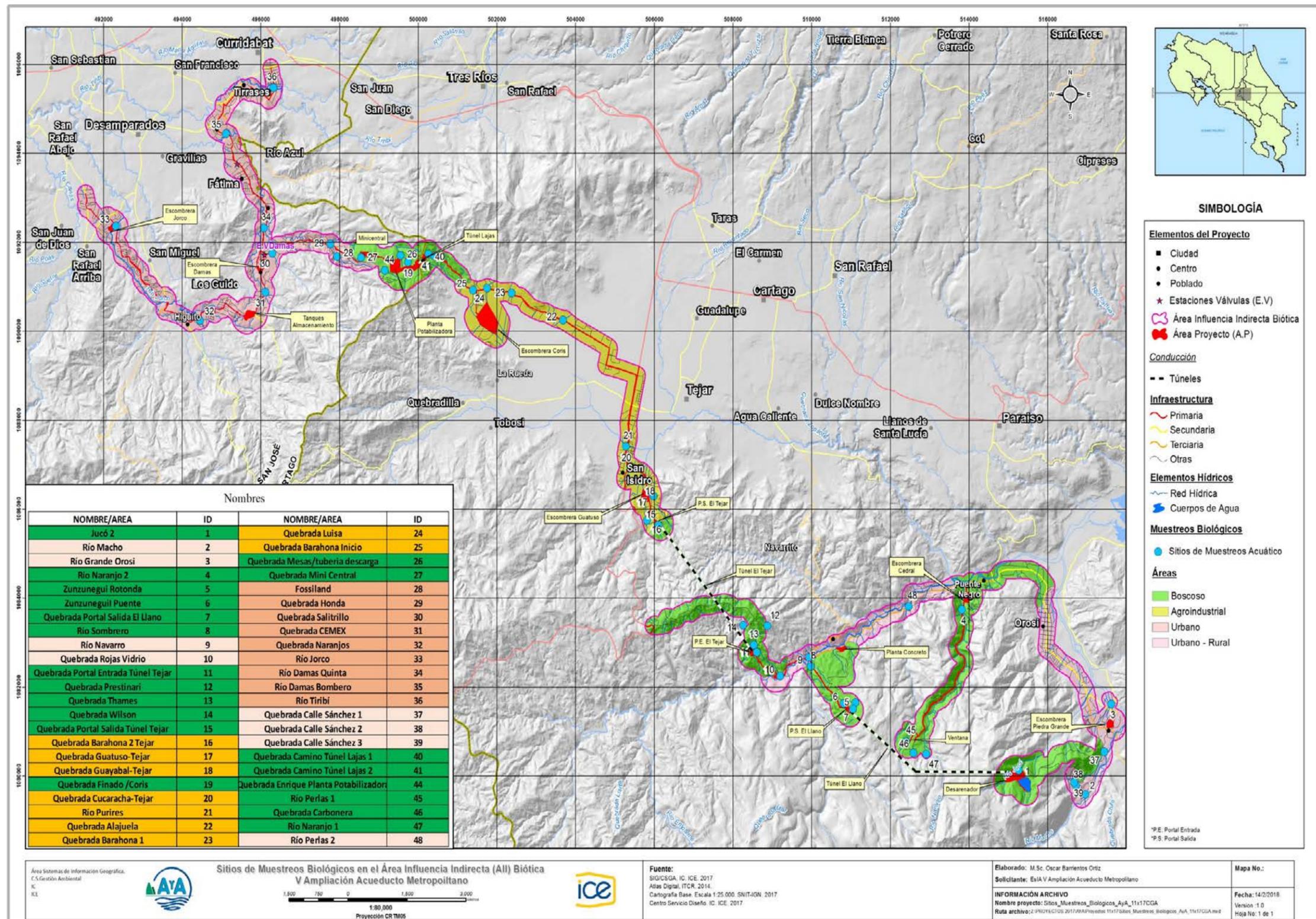


Figura 7.5.24. Ubicación de los 46 cuerpos de agua para la toma de las muestras de agua para análisis de Calidad Biológica (índice BMWP-CR), en los sectores que constituyen el ambiente acuático del PVAAM. 2017. Uso de Kick Net



**Figura 7.5.25.** Uso de Kick Net



**Figura 7.5.26.** Recolección con pinzas



**Figura 7.5.27.** Identificación de muestras

### **Resultado del análisis de los índices de calidad fisicoquímica (IH) y de calidad biológica (BMWP-CR) en los cuerpos de agua del PVAAM. 2017.**

- **Área Boscosa (AB):** Se obtuvo en promedio un valor de BMWP: valor de 94.2 (calidad regular, un IH de 4.8 (contaminación incipiente).
- **Área Urbano Rural (AUR)** Se obtuvo en promedio un valor de BMWP: valor de 104 (calidad Buena, un IH de 4.1 (contaminación incipiente).
- **Área Agroindustrial (AAI):** Se obtuvo en promedio un valor de BMWP: valor de 61.4 (calidad regular, un IH de 6.5 (contaminación moderada).
- **Área Urbana (AU):** Se obtuvo en promedio un valor de BMWP: valor de 44.8 (calidad Mala un IH de 7 (contaminación moderada).

En términos generales, el resultado del índice de calidad fisicoquímica (IH) y el resultado del índice de calidad biológica (BMWP-CR) establece que los cuerpos de agua dentro del AI y AID poseen una calidad biológica regular, con una calidad fisicoquímica de contaminación incipiente, como se detalla en el Cuadro.7.5.46.

Estos resultados reflejan que, bajo condiciones naturales, la diversidad y distribución de macroinvertebrados acuáticos están determinadas por factores como tipo de sustrato, cantidad de hábitats, oxígeno disuelto, temperatura del agua y morfología del cauce.

Al darse algún tipo de disturbio relacionado a fuentes de contaminación, ya sean domésticas, industriales o agrícolas las condiciones fisicoquímicas del agua cambian, traduciéndose en una pérdida o reducción de las especies (Medianero y Samaniego, 2004) y que a pesar de la influencia de la actividad antropogénica en algunos de los cuerpos de agua de las áreas Boscosa, Agroindustrial y Urbana Rural, la mayoría de los cuerpos de agua poseen una capacidad de autodepuración similar, ya que poseen resultados similares, donde la calidad resulta ser regular con contaminación incipiente a moderada.

No así los cuerpos de agua del área urbana donde la calidad del agua es mala, con contaminación moderada, como se detalla en el Cuadro.7.5.47.

**Cuadro.7.5.46.** Resultado de la caracterización según índices de calidad Índice de Calidad Físicoquímica (IH: Índice Holandés) e Índice de Calidad Biológica BMWP-CR para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.

Lugar/Área	ID	BMWP-CR Promedio	IH / Índice Holandes
Jucó 2	1	136	4
Río Macho	2	122	4
Río Grande Orosi	3	92	4
Río Naranja 2	4	119	4
Zunzunegui Rotonda	5	63	Sin Medición
Zunzuneguil Puente	6	86	Sin Medición
Quebrada Portal Salida El Llano	7	51	8
Río Sombrero	8	158	4
Río Navarro	9	118	4
Quebrada Rojas Vidrio	10	133	4
Quebrada Portal Entrada Túnel Tejar	11	80	4
Quebrada Prestinari	12	105	Sin Medición
Quebrada Thames	13	105	Sin Medición
Quebrada Wilson	14	143	Sin Medición
Quebrada Portal Salida Túnel Tejar	15	90	4
Quebrada Barahona 2 Tejar	16	68	4
Quebrada Guatuso-Tejar	17	52	9
Quebrada Guayabal-Tejar	18	28	4
Quebrada Finado /Coris	19	105	4
Quebrada Cucaracha-Tejar	20	18	4
Río Purires	21	22	9
Quebrada Alajuela	22	26	4
Quebrada Barahona 1	23	35	4
Quebrada Luisa	24	106	4
Quebrada Barahona Inicio	25	93	4
Quebrada Mesas / tubería descarga	26	112	4
Quebrada Mini Central	27	80	4
Fossiland	28	63	8
Quebrada Honda	29	88	8
Quebrada Salitrillo	30	22	5
Quebrada CEMEX	31	42	8
Quebrada Naranjos	32	61	4
Río Jorco	33	29	8
Río Damas Quinta	34	49	4
Río Damas Bombero	35	26	4
Río Tiribí	36	24	6
Quebrada Calle Sánchez 1	37	100	4
Quebrada Calle Sánchez 2	38	55	4
Quebrada Calle Sánchez 3	39	125	4
Quebrada Camino Túnel Lajas 1	40	34	8
Quebrada Camino Túnel Lajas 2	41	67	Sin Medición
Quebrada Enrique Planta Potabilizadora	44	78	7
Río Perlas 1	45	98	4
Quebrada Carbonera	46	112	4
Río Naranja 1	47	62	Sin Medición

Lugar/Área	ID	BMWP-CR Promedio	IH / Índice Holandes
Río Perlas 2	48	86	5
<b>Total Promedio %</b>		<b>77.54</b>	<b>5.05</b>
<b>Resultado de Indices de Calidad</b>		<b>Regular</b>	<b>Contaminación incipiente</b>

Fuente: elaboración propia (2017)

Simbología:

**IH: Índice de calidad fisicoquímica del agua**

Sin Contam	3	Azul
Con .Incipiente	4 a 6	Verde
Con.Moderada	7 a 9	Amarillo
Con.Severa	10 a 12	Naranja
C.Muy Severa	13 a 15	Rojo

Fuente: Decreto N° 33903 MINAE ,2007

**BMWP-CR: Índice de calidad biológica del agua**

Buena	101-120	Azul
Regular	61-100	Verde
Mala	36-60	Amarillo
Muy Mala	16-35	Naranja

Fuente: Decreto N° 33903 MINAE, 2007

**Cuadro.7.5.47.** Resultado general por áreas de la caracterización según índices de calidad promedio para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.

Indices / Área	AB	AAI	AU	AUR
<b>BMWP-CR / Biológico</b>	Regular/ 94.2	Regular/ 61.4	Mala / 44.8	Buena / 104
<b>IH / Físicoquímico</b>	Cont. Incipient 4.8%	Cont.Moderada 6.5	Cont.Moderada 7	Cont.Inciciente 4.1

Fuente: Elaboración propia. 2017

## I. Resultados del Índice de calidad Fisicoquímica (Índice Holandés) IH

De la totalidad de los 46 cuerpos de agua identificados, para la determinación del IH, solamente 39 cuerpos de agua fueron muestreados, ya que se determinó que 7 cuerpos de agua únicamente podrían ser afectados por abatimiento, debido al proceso de construcción del túnel, no habiendo impacto directo sobre las propiedades fisicoquímicas del agua.

Los resultados obtenidos del Índice Holandés indicaron que 29 cuerpos de agua, el 74.3 %, corresponden a cuerpos de agua con contaminación incipiente, y 10 cuerpos de agua, el 25.7 %, presentaron contaminación moderada. No se encontraron cuerpos de agua que tuvieran los grados extremos, a saber, sin contaminación o con contaminación muy severa, como se detalla en el Cuadro.7.5.48.

**Cuadro.7.5.48.** Resultado general del Índice de calidad Fisicoquímica IH (Índice Holandés) para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.

IH Puntaje	Resultado	Numero de cuerpos de agua	%
Sin Contam	3	0	0
Con .Incipiente	4 a 6	29	74.3
Con.Moderada	7 a 9	10	25.7
Con.Severa	10 a 12	0	0
C.Muy Severa	13 a 15	0	0
<b>Total</b>		<b>39</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Elaboración propia. 2017

Así mismo se obtuvo el resultado del Índice IH por áreas, como se detalla en el Cuadro.7.5.49:

- **Área Boscosa:** posee un 76.9% de sus cuerpos de agua con contaminación incipiente y un 23.1 % con contaminación moderada.
- **Área Agroindustrial:** posee un 77.8% de sus cuerpos de agua con contaminación incipiente y un 22.2 % con contaminación moderada.
- **Área Urbana:** posee un 44.4% de cuerpos de agua con contaminación incipiente y un 55.6 % con contaminación moderada.
- **Área Urbano Rural:** posee un 100% de cuerpos de agua con contaminación incipiente.

**Cuadro.7.5.49.** Resultados del índice de calidad Fisicoquímica (Índice Holandés) IH para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) dentro de las áreas del PVAAM. 2017.

ÁREA	Contaminación Incipiente	Contaminación moderada	TOTAL
Área Boscosa	10 (76.9%)	3 (23.1 %)	13
Área Agroindustrial	7 (77.8%)	2 (22.2%)	9
Área Urbana	4 (44.4%)	5 (55.6%)	9
Área Urbana –Rural	8 (100%)	0 (0%)	8
<b>TOTAL</b>	<b>29 (74.4%)</b>	<b>10 (25.6%)</b>	<b>39</b>

Fuente: Elaboración propia. 2017

## II. Resultados del Índice de calidad Biológica (BMWP)

De la totalidad de los 46 cuerpos de agua monitoreados y de los resultados obtenidos en el análisis de macroinvertebrados se determinó el Índice de Calidad Biológica para la época seca y época lluviosa del año 2017, como se detalla en el Anexo 7.11 y Anexo 7.12.

Utilizando el BMWP-CR promedio del Cuadro.7.5.50, se determinó que 14 (30.43%) corresponde a cuerpos de agua con calidad buena, localizados principalmente en el área boscosa, 17 (36.98 %) de calidad regular, 10 (21.73%) de calidad muy mala, localizados en su mayoría en las áreas Agroindustrial y Urbana y 5 (10.86%) de calidad mala, igualmente pertenecientes a estas últimas áreas.

Se pudo observar que los cuerpos de agua que presentan contaminación, poseen una comunidad de macroinvertebrados simple, donde prevalecen las especies tolerantes, mientras que los ecosistemas que no poseen intervención o alteraciones significativas, hay presentes especies tolerantes e intolerantes de forma equitativa (Alba, 1996). Asimismo, donde los ríos de buena calidad, presentan una composición de macroinvertebrados particularmente diversa y abundante a diferencia de aquellos cuerpos de agua sometidos a perturbaciones antropológicas (Poulton et al., 2003).

**Cuadro.7.5.50.** Resultados del BMWP (época seca, época lluviosa) y BMWP promedio la para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.

Lugar /Área	ID	BMWP-CR Época Seca	BMWP-CR Época Lluviosa	BMWP-CR Promedio
Fecha		2 al 4/2017	6 al 8/2017	
Jucó 2	1	146	126	136
Río Macho	2	119	124	122
Río Grande Orosi	3	Sin Medición	92	92
Río Naranja 2	4	Sin Medición	119	119
Zunzunegui Rotonda	5	68	58	63
Zunzunegui Puente	6	84	89	86
Quebrada Portal Salida El Llano	7	Sin Medición	51	51
Río Sombrero	8	149	167	158
Río Navarro	9	146	90	118
Quebrada Rojas Vidrio	10	131	136	133

Lugar /Área	ID	BMWP-CR Época Seca	BMWP-CR Época Lluviosa	BMWP-CR Promedio
Quebrada Portal Entrada Túnel Tejar	11	Sin Medición	80	80
Quebrada Prestinari	12	113	98	105
Quebrada Thames	13	117	93	105
Quebrada Wilson	14	148	138	143
Quebrada Portal Salida Túnel Tejar	15	82	97	90
Quebrada Barahona 2 Tejar	16	110	27	68
Quebrada Guatuso-Tejar	17	84	20	52
Quebrada Guayabal-Tejar	18	25	30	28
Quebrada Finado /Coris	19	Sin Medición	105	105
Quebrada Cucaracha-Tejar	20	20	17	18
Río Purires	21	15	29	22
Quebrada Alajuela	22	18	35	26
Quebrada Barahona 1	23	32	38	35
Quebrada Luisa	24	119	94	106
Quebrada Barahona Inicio	25	98	88	93
Quebrada Mesas/tubería descarga	26	Sin Medición	112	112
Quebrada Mini Central	27	99	62	80
Fossiland	28	74	52	63
Quebrada Honda	29	97	80	88
Quebrada Salitrillo	30	20	25	22
Quebrada CEMEX	31	52	31	42
Quebrada Naranjos	32	67	55	61
Río Jorco	33	25	32	29
Río Damas Quinta	34	62	36	49
Río Damas Bombero	35	20	31	26
Río Tiribí	36	21	26	24
Quebrada Calle Sánchez 1	37	Sin Medición	100	100
Quebrada Calle Sánchez 2	38	Sin Medición	55	55
Quebrada Calle Sánchez 3	39	Sin Medición	125	125
Quebrada Camino Túnel Lajas 1	40	Sin Medición	34	34
Quebrada Camino Túnel Lajas 2	41	Sin Medición	67	67
Quebrada Enrique Planta Potabilizadora	44	Sin Medición	78	78
Río Perlas 1	45	Sin Medición	98	98
Quebrada Carbonera	46	Sin Medición	112	112
Río Naranjo 1	47	Sin Medición	62	62
Río Perlas 2	48	Sin Medición	86	86

Fuente: Elaboración propia. 2017

**Cuadro.7.5.51.** Resultado del Índice de calidad Biológica BMWP-CR para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.

BMWP Puntaje	Resultado	Numero de cuerpos de agua	%
Buena	101-120	14	30.43

BMWP Puntaje	Resultado	Numero de cuerpos de agua	%
Regular	61-100	17	36.98
Mala	36-60	5	10.86
Muy Mala	16-35	10	21.73
Extrema Mala	-25	0	0
<b>Total</b>		<b>46</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia. 2017

### III. Valoración del Índice de calidad Biológica: BMWP de la época seca a la época lluviosa:

De la totalidad de los 30 cuerpos de agua monitoreados inicialmente durante la época seca, 12 (40%) variaron los resultados del BMWP-CR de la época seca a la época lluviosa, y 18 (60%) mantuvieron su índice de calidad.

El número de quebradas que no cambian el índice de calidad, es siempre mayor que el número de quebradas que lo cambian, no importa el área en que se encuentren. Sin embargo, los cuerpos de agua que variaron su calidad, 12 (100%), todos disminuyeron su índice de calidad (Cuadro.7.5.52).

Con la época lluviosa se da un aumento de caudal y un aumento en las concentraciones de sedimentos, lo que afecta la estabilidad del ecosistema, reduciendo la abundancia y diversidad de familias de macroinvertebrados bentónicos, los cuales son considerados indicadores de la calidad biológica del cuerpo de agua, esto aunado al aumento en la dificultad de muestreo.

**Cuadro.7.5.52.** Resultados de la variación de la calidad biológica BMWP-CR de la época seca a la época lluviosa en las cuatro áreas de estudio para 30 cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.

ÁREA	BMWP-CR				
	CAMBIAN	NO CAMBIAN	TOTAL CUERPOS DE AGUA	Cambio de mayor a menor	Cambio de menor a mayor
Área Boscosa	3	6	9	3	0
Área Agroindustrial	4	5	9	4	0
Área Urbana	4	5	9	4	0
Área Urbana Rural	1	2	3	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>0</b>
<b>%</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>100</b>	<b>100%</b>	<b>0%</b>

Fuente: Elaboración propia. 2017

## Resultados del análisis los parámetros físicos y químicos complementarios según el uso del agua en cada una de las áreas del PVAAM, 2017

Según los análisis fisicoquímicos realizados en los 39 cuerpos de agua del proyecto (Anexo 7.9 y Anexo 7.10) para las categorías de usos del agua, según Decreto N° 33903 del MINAE, tienen los siguientes resultados, los cuales se resumen en el Cuadro.7.5.53:

- 25 cuerpos de agua (64%) con Clase 1: la mayoría perteneciente a la zona boscosa y zona urbana rural. El agua se puede utilizar en todos los usos establecidos, desde abastecimiento de agua potable hasta riego, pasando a ser fuente para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas.
- 5 cuerpos de agua (13%) con Clase 5: pertenecientes a zona Urbana y Agroindustrial, donde el agua no se puede utilizar en casi ninguna actividad a excepción de la navegación. La problemática se genera por niveles significativos de grasas y aceites y DQO.
- 4 cuerpos de agua (10%) con Clase 2: la mayoría del área Agroindustrial, el agua se puede utilizar en usos variados, exceptuando que no es fuente para la conservación del equilibrio natural de comunidades acuáticas. La problemática se genera por la presencia niveles significativos de boro, solidos suspendidos, solidos totales y DQO.
- 2 cuerpos de agua (5%) con clase 3: utilizable con tratamiento avanzado y con la mayoría de los usos limitados. La problemática se genera por niveles significativos de boro, solidos suspendidos y DQO.
- 3 cuerpos de agua (8%) con clase 4: utilizable con limitaciones como agua para ganado y no utilizable para otras actividades. La problemática se genera por niveles de solidos suspendidos y DQO.

**Cuadro.7.5.53.** Resultados de la clasificación de clases (uso de las aguas) según los resultados de análisis de parámetros físicos y químicos complementarios de los cuerpos de agua (ecosistema acuático) para cada una de las cuatro áreas del Proyecto Quinta Ampliación del PVAAM. 2017

Nombre/Área	ID	Uso de cuerpos de agua Resultados Fisicoquímicos
Jucó 2	1	Clase 1 / Todo uso
Río Macho	2	Clase 1 / Todo uso
Río Grande Orosi	3	Clase 1 / Todo uso
Río Naranja 2	4	Boro Clase 3
Zunzunegui Rotonda	5	
Zunzuneguil Puente	6	
Quebrada Portal Salida El Llano	7	DQO Clase 4
Río Sombrero	8	Clase 1 / Todo uso
Río Navarro	9	Clase 1 / Todo uso
Quebrada Rojas Vidrio	10	Clase 1 / Todo uso
Quebrada Portal Entrada Túnel Tejar	11	Clase 1 / Todo uso
Quebrada Prestinari	12	
Quebrada Thames	13	
Quebrada Wilson	14	
Quebrada Portal Salida Túnel Tejar	15	Clase 1 / Todo uso

Nombre/Área	ID	Uso de cuerpos de agua Resultados Fisicoquímicos
Quebrada Barahona 2 Tejar	16	Boro Clase 2
Quebrada Guatuso-Tejar	17	DQO Clase 4 / Solid total Clase 2/ Solid Susp Clase 3
Quebrada Guayabal-Tejar	18	Clase 1 / Todo uso
Quebrada Finado /Coris	19	Clase 1 / Todo uso
Quebrada Cucaracha-Tejar	20	Clase 1 / Todo uso
Río Purires	21	DQO Clase 2/ Grasas y Aceites Clase 5 / Solid susp Clase 2
Quebrada Alajuela	22	Solidos suspend Clase 2
Quebrada Barahona 1	23	Clase 1 / Todo uso
Quebrada Luisa	24	Clase 1 / Todo uso
Quebrada Barahona Inicio	25	Clase 1 / Todo uso
Quebrada Mesas/tubería descarga	26	Clase 1 / Todo uso
Quebrada Mini Central	27	Clase 1 / Todo uso
Fossiland	28	DQO Clase 3 / Grasas y aceites Clase 5
Quebrada Honda	29	Solid susp end Clase 2 / Grasas y Aceites Clase 5
Quebrada Salitrillo	30	Clase 1 / Todo uso
Quebrada CEMEX	31	DQO Clase 3/ Solid suspendid Clase 3
Quebrada Naranjos	32	Clase 1 / Todo uso
Río Jorco	33	DQO Clase 3 / Grasas y aceites Clase 5 / Sólidos suspendidos Clase 5
Río Damas Quinta	34	Clase 1 / Todo uso
Río Damas Bombero	35	Clase 1 / Todo uso
Río Tiribí	36	DQO Clase 5 / Grasas y aceites Clase 5 / Sólidos suspendidos Clase 3
Quebrada Calle Sánchez 1	37	Clase 1 / Todo uso
Quebrada Calle Sánchez 2	38	Clase 1 / Todo uso
Quebrada Calle Sánchez 3	39	Clase 1 / Todo uso
Quebrada Camino Túnel Lajas 1	40	DQO Clase 4 / Solidos suspendidos Clase 2
Quebrada Camino Túnel Lajas 2	41	
Quebrada Enrique Planta Potabilizadora	44	Solid suspend Clase 2
Río Perlas 1	45	Clase 1 / Todo uso
Quebrada Carbonera	46	Clase 1 / Todo uso
Río Naranjo 1	47	
Río Perlas 2	48	Boro Clase 2

**Fuente:** Elaboración propia. 2017

Respecto al uso de las aguas, según los análisis fisicoquímicos para cada una de las áreas, se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro.7.5.54):

**I. Área Boscosa:** 9 cuerpos de agua (69.2%) Clase 1, cuerpo de agua (7.7%) Clase 2. El (76.9%) de cuerpos de agua que dada su calidad se podrían utilizar en la mayoría de actividades a excepción de 2 cuerpos de agua (15.4) Clase 4. (Q. salida Portal Túnel el llano) y (Q. Camino Túnel Lajas) que, a pesar de estar en área boscosa, son sumamente pequeñas (casi desaparecen en época seca) y están cerca de caminos de acceso a los sitios cuya escorrentía podría estarlos afectando. (problemas con DQO altas y Solidos suspendidos.).

**II. Área Urbana Rural:** 7 cuerpos de agua (87.5%) Clase 1 y 1 cuerpo de agua (12.5%) Clase 2. El 100% de los cuerpos de agua podrían ser utilizados en casi todas las actividades, Estos cuerpos de agua a pesar de tener cerca infraestructura habitacional, estas están en número reducido, posiblemente no existen descargas directas a los cuerpos de agua. Así mismo el caudal y capacidad de autodepuración diluyen el efecto de contaminación domestica que se pueda estar generando.

**III. Área Agroindustrial:** 5 cuerpos de agua (55.6%) Clase 1 y 2 cuerpos de agua (22.2%) Clase 2. Cerca del 77.8% de cuerpos de agua que dada su calidad se podrían utilizar en la mayoría de las actividades a excepción de 2 cuerpos de agua (22.2%) con clases 4 y 5 (quebrada Guatuso tejar y Río Purires) los cuales reciben descargas directas de aguas residuales generadas por procesos agroindustriales. El resto de cuerpos de agua muestran contaminación moderada y permiten el desarrollo de algunas especies de flora y fauna generalista, adaptadas a esa condición de contaminación.

**IV. Área Urbana:** 4 cuerpos de agua (44.4%) Clase 1, cuerpos de agua que dada su calidad podrían ser utilizados en la mayoría de actividades, 5 cuerpos de agua (55.5%), Clase 3 (11.1 %) y Clase 5 (44.4%) los cuales, debido a su grado de contaminación, principalmente de tipo orgánico, aguas negras, aguas grises y basura, no se pueden utilizar por completo para ninguna actividad.

**Cuadro.7.5.54.** Resultados de la clasificación de clases (uso de las aguas) según los resultados de análisis de parámetros físicos y químicos complementarios de los cuerpos de agua (ecosistema acuático) para cada una de las cuatro áreas del PVAAM. 2017.

Area		Uso del agua					TOTAL
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	
Area Boscosa	Cantidad de cuerpos de agua	9	1	1	2	0	13
	Porcentaje	69.2	7.7	7.7	15.4	0	100
Area Agroindustrial	Cantidad de cuerpos de agua	5	2	0	1	1	9
	Porcentaje	55.6	22.2	0	11.1	11.1	100
Area Urbana	Cantidad de cuerpos de agua	4	0	1	0	4	9
	Porcentaje	44.4	0	11.1	0	44.4	100
Area Urbano Rural	Cantidad de cuerpos de agua	7	1	0	0	0	8
	Porcentaje	87.5	12.5	0	0	0	100
<b>Total</b>		<b>25</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>39</b>
<b>%</b>		<b>64</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Elaboración propia. 2017

**Resultado del análisis de parámetros Microbiológicos (coliformes fecales y nematodos) complementarios según e uso del agua en cada una de las áreas del PVAAM, 2017**

Respecto uso de las aguas, según los análisis microbiológicos para cada una de las áreas (Anexo 7.8), se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se detallan en el Cuadro.7.5.55 y Cuadro.7.5.56.

**I. Área Boscosa:** 9 cuerpos de agua (69.2%) tienen Clase 1 utilizable en la mayoría de actividades a excepción de 4 cuerpos de agua cuerpo de agua (30.8 %) con Clase 2. Los cuales poseen coliformes fecales dentro de un rango de 18-83 UFC/100 ml y no se encontró presencia de nematodos en ningún cuerpo de agua. Probablemente esta presencia de coliformes se deba a la escorrentía superficial de algunas áreas anexas utilizadas como potreros para el pastoreo de ganado. o el uso de las fuentes de agua por animales silvestres.

**II. Área Urbana Rural:** 7 cuerpos de agua (87.5%) tienen Clase 1 utilizable en la mayoría de actividades a excepción de 1 cuerpo de agua cuerpo de agua (12.5 %) con Clase 2. Los cuales poseen coliformes fecales dentro de un rango de 12 UFC/100 ml y no se encontró presencia de nematodos en ningún cuerpo de agua. Probablemente esta presencia de coliformes se deba a la escorrentía superficial de algunas áreas anexas utilizadas como potreros para el pastoreo de ganado, el uso de las fuentes de agua por animales silvestres o la descarga de alguna infraestructura habitacional presente.

**III. Área Agroindustrial:** 7 cuerpos de agua (77.8.2%) tienen Clase 1 utilizable en la mayoría de actividades a excepción de 2 cuerpos de agua cuerpo de agua (22.2%) con Clase 2. Los cuales poseen coliformes fecales dentro de un rango de 22-125 UFC/100 ml y no se encontró presencia de nematodos en ningún cuerpo de agua. Probablemente esta presencia de coliformes se deba a la escorrentía superficial de algunas áreas anexas utilizadas como potreros para el pastoreo de ganado y las descargas de aguas residuales de las Industrias cercanas.

**IV. Área Urbana:** 4 cuerpos de agua (44.4%) tienen Clase 1 utilizable en la mayoría de actividades y 5 cuerpos de agua cuerpo de agua (55.5 %) con Clase 2. Los cuales poseen coliformes fecales dentro de un rango de 28-92 UFC/100 ml y no se encontró presencia de nematodos en ningún cuerpo de agua. Probablemente esta presencia de coliformes se deba a las descargas de aguas residuales de la infraestructura habitacional cercanas.

**Cuadro.7.5.55.** Uso del agua según los parámetros Microbiológicos: (coliformes fecales y presencia de nematodos) complementarios de los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.

Nombre / Área	ID	Coliformes fecales	Nematodos
Jucó 2	1		
Río Macho	2	Ausentes	Ausente
Río Grande Orosi	3		
Río Naranja 2	4		
Zunzunegui Rotonda	5		
Zunzunegui Puente	6		
Quebrada Portal Salida El Llano	7	83 / clase 2	
Río Sombrero	8		
Río Navarro	9	Ausentes	Ausente
Quebrada Rojas Vidrio	10		
Quebrada Portal Entrada Túnel Tejar	11		

Nombre / Área	ID	Coliformes fecales	Nematodos
Quebrada Prestinari	12		
Quebrada Thames	13		
Quebrada Wilson	14		
Quebrada Portal Salida Túnel Tejar	15	Ausentes	Ausentes
Quebrada Barahona 2 Tejar	16		
Quebrada Guatuso-Tejar	17	125 / Clase 2	
Quebrada Guayabal-Tejar	18		
Quebrada Finado /Coris	19	Ausentes	Ausentes
Quebrada Cucaracha-Tejar	20		
Río Purires	21		
Quebrada Alajucla	22	22/ Clase 2	
Quebrada Barahona 1	23		
Quebrada Luisa	24		
Quebrada Barahona Inicio	25	Ausentes	Ausentes
Quebrada Mesas/tubería descarga	26		
Quebrada Mini Central	27		
Fossiland	28	32 Clase 2	
Quebrada Honda	29	26 Clase 2	
Quebrada Salitrillo	30		
Quebrada CEMEX	31	28 Clase 2	Ausentes
Quebrada Naranjos	32		
Río Jorco	33	35 Clase 2	
Río Damas Quinta	34		
Río Damas Bombero	35		
Río Tiribí	36	92 Clase 2	
Quebrada Calle Sánchez 1	37		
Quebrada Calle Sánchez 2	38		
Quebrada Calle Sánchez 3	39		Ausentes
Quebrada Camino Túnel Lajas 1	40	34 Clase 2	
Quebrada Camino Túnel Lajas 2	41		
Quebrada Enrique Planta Potabilizadora	44	22 Clase 2	
Río Perlas 1	45	18 Clase 2	Ausentes
Quebrada Carbonera	46		
Río Naranjo 1	47		
Río Perlas 2	48	12 Clase 2	Ausentes

Fuente: Elaboración propia. 2017

**Simbología:**

**Clase 1 Ausentes**

**Clase 2 Presentes**

**Cuadro.7.5.56.** Uso del agua según los parámetros Microbiológicos: (coliformes fecales y presencia de nematodos) complementarios de los cuerpos de agua (ecosistema acuático) para cada una de las cuatro áreas del PVAAM. 2017.

Área		Uso del Agua						Coliformes Fecales	Coliformes Fecales Rango UFC/100ml	CF %	Nematodos Presencia
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	TOTAL				
Área Boscosa	Cantidad de cuerpos de agua	9	4	0	0	0	13	4	18-83	30.8	NO
	Porcentaje	69.2	30.8	0	0	0	100				
Área Agroindustrial	Cantidad de cuerpos de agua	7	2	0	0	0	9	2	22-125	22.2	NO
	Porcentaje	77.8	22.2	0	0	0	100				
Área Urbana	Cantidad de cuerpos de agua	4	5	0	0	0	9	5	28-92	55.5	NO
	Porcentaje	44.4	55.5	0	0	0	100				
Área Urbana Rural	Cantidad de cuerpos de agua	7	1	0	0	0	8	1	12	12.5	NO
	Porcentaje	87.5	12.5	0	0	0	100				
<b>TOTAL</b>		<b>27</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>39</b>	<b>12</b>			
<b>%</b>		<b>69.2%</b>	<b>30.8%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	100			

Fuente: Elaboración propia. 2017

Tanto los resultados fisicoquímicos como microbiológicos obtenidos para la clasificación del uso del agua para los cuerpos de agua del proyecto, son reflejo del uso que actualmente se les da a estos cuerpos de agua, principalmente en las áreas agroindustrial y urbana como sitios de descarga de aguas contaminadas (aguas residuales negras, grises y de procesos agroindustriales), donde casi todo lo que sale de casas, comercios e industrias va a dar a los afluentes, contaminándolos con materia orgánica (heces y orina) y otras sustancias químicas y metales pesados, lo que convierte a nuestros ríos en cloacas.

El dato lo publica el Decimonoveno informe Estado de la Nación (Soto, 2013). Así mismo los resultados obtenidos por el laboratorio de análisis ambiental de la UNA en la GAM, la cual calificó 13 de los 18 sitios de muestras en ríos y quebradas de la zona metropolitana como de alta contaminación, estableciendo que las descargas de aguas residuales sin tratamiento, tanto domésticas como industriales representan el mayor problema encontrado, (Herrera, 2011).

### **7.5.2. Aguas subterráneas**

Se realiza la caracterización hidrogeológica para las diferentes obras del proyecto. La misma se realiza con base en la información recopilada en la investigación de la etapa de factibilidad del proyecto, así como la información existente en las bases de datos de instituciones encargadas de la gestión del recurso hídrico.

Para este apartado es importante mencionar que según la resolución Res-2497-2017-SETENA, del 22 de diciembre del 2017, se solicita aportar el pronunciamiento de SENARA, con respecto al proyecto, lo cual regía a partir del pronunciamiento ACP-179-2017-SETENA, (Anexo 7.13).

Posterior a esto, se presenta el acuerdo ACP-042-2018-SETENA (Anexo 7.14), en el cual la Comisión Plenaria acuerda suspender la aplicación de la matriz de SENARA, hasta que se de un el levantamiento de la medida cautela, por lo tanto, se considera que para el presente proyecto jurídicamente no aplica la consulta a SENARA.

De igual manera se considera que por el tipo de proyecto, la aplicación de la matriz no mostraría los impactos reales que se podrían presentar, por lo cual es más adecuado basarse en los resultados de los estudios técnicos realizados.

#### **7.5.2.1. Componente 1 (Desarenador)**

##### **Condiciones hidrogeológicas de las rocas del subsuelo**

La zona del desarenador se encuentra subyacida por un acuífero libre en areniscas fracturadas o depósitos recientes, con niveles freáticos someros con profundidades entre 5 y 10m.

Es posible que este acuífero se caracteriza por presentar poca extensión, inclusive en el caso de presentarse en las areniscas fracturadas de la Fm Peña Negra, correspondería con acuíferos colgados.

Durante la excavación de las trincheras de exploración se registró presencia de agua a profundidades entre los 0.9m y 2.75 m, sin embargo, esta condición se asocia con filtraciones de aguas superficiales que fluyen hacia el nivel freático permanente ubicado a 10 m de profundidad.

En la Figura 7.5.28 se presenta el mapa de elementos hidrogeológicos para la obra del desarenador. Las nacientes y captaciones más importantes cercanas a esta obra corresponden con las pertenecientes a la ASADA de Orosi.

En la figura se observan una serie de nacientes y concesiones ubicadas al norte del desarenador, se nota que la zona de protección de dichas nacientes no alcanzaría la huella del sitio donde se ubicaría el desarenador

El gradiente de este acuífero es hacia el Río Jucó, siendo la zona de recarga ubicada al norte del desarenador, en lo que corresponde a la divisoria de la cuenca del río Jucó.

### **Vulnerabilidad a la contaminación**

Por la naturaleza de los acuíferos presentes en el área donde se va a construir el desarenador se obtiene una vulnerabilidad alta a la contaminación para los mismos (Cuadro.7.5.57), esto debido principalmente al tipo de materiales y al considerarse un acuífero libre. Adicionalmente la presencia de captaciones importantes hacia aguas abajo del río Juco implica que se aplican las medidas de mitigación respectivas para evitar una contaminación de las fuentes principales de la ASADA de Orosi.

Por la naturaleza de la obra no se prevé un mayor riesgo de contaminación durante el periodo de operación. De igual manera por medio de la medida correctiva MC-FQ-Asub-01 (Capítulo 11), se mantendrá un monitoreo de los diferentes elementos hidrogeológico, para prevenir cualquier afectación a los acuíferos de la zona.

**Cuadro.7.5.57.** Aplicación del Método “G.O.D” en el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea para el Desarenador.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>VALOR</b>
<b>Grado de confinamiento hidráulico</b>	No confinado	1
<b>Ocurrencia del sustrato suprayacente</b>	Depósitos aluviales	0.70
<b>Distancia al nivel del agua subterránea</b>	5-10 metros	0.80
<b>Valor del índice de vulnerabilidad</b>	G x O x D	<b>0.56</b>
<b>Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero.</b>	<b>Alta</b>	

Por la naturaleza del acuífero y la presencia de las nacientes de la ASADA de Orosi aguas abajo del río Juco. Este sitio debe de ser controlado durante el proceso constructivo para evitar el derrame de cualquier sustancia.

### **7.5.2.2. Componente 2 (Obras subterráneas)**

#### **Condiciones hidrogeológicas de las rocas del subsuelo en el túnel “El Llano”**

La zona del trazado de la línea de túnel El Llano, se encuentra subyacida por un acuífero que se encuentra en areniscas y brechas fracturadas, posiblemente corresponda con un acuífero de con algún grado de confinamiento.

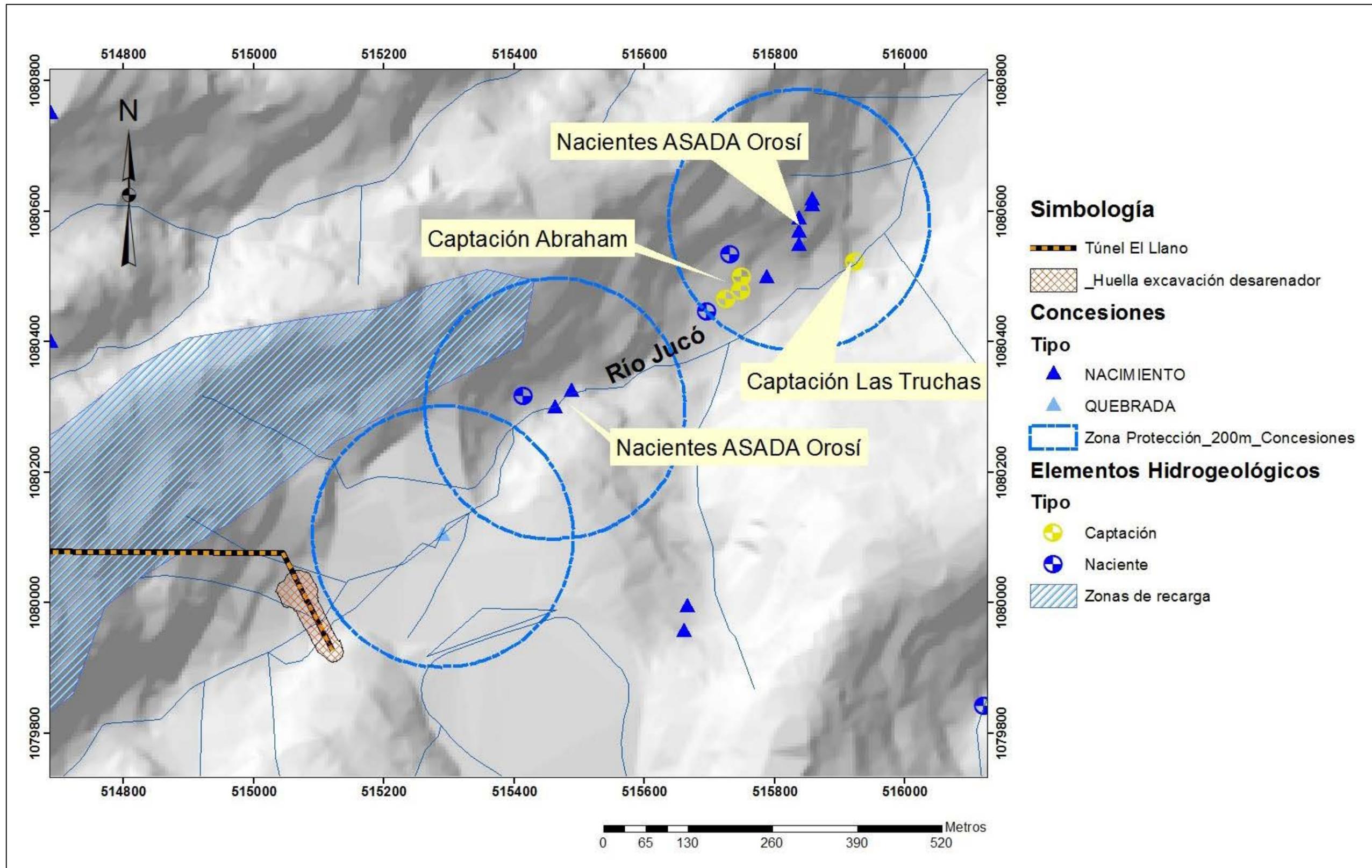


Figura 7.5.28. Mapa de elementos hidrogeológicos para la obra del desarenador e inicio del Túnel El Llano.

Los niveles freáticos se encuentran en una cota superior a la del túnel a lo largo de prácticamente todo el trazado, con profundidades muy variables, que en algunos sectores alcanzan los 100m de profundidad, con excepción de las zonas cercanas al portal de salida, donde se presentan los niveles más someros. El acuífero presenta permeabilidades en el orden de  $1 \times 10^{-4}$  a  $5 \times 10^{-5}$  cm/s, con base en pruebas de permeabilidad realizadas en perforaciones, estos valores posiblemente a una permeabilidad secundaria

No se tiene mayor información sobre las propiedades hidráulicas del acuífero local, tales como Transmisividad y coeficiente de almacenamiento

Las nacientes y captaciones de la comunidad cercana se encuentran por debajo del nivel de excavación del túnel, razón por lo cual no presentan mayor riesgo de afectación.

En la Figura 7.5.29 se presenta el mapa de elementos hidrogeológicos para el Túnel El Llano, en el mismo se evidencian concesiones de aguas inscritas en el departamento de aguas del MINAET, mostradas según el tipo de fuente concesionada, y nacientes identificadas en levantamientos de campo. De igual manera se identifican las perforaciones ejecutadas en las etapas de factibilidad que son parte del insumo principal para el modelado geológico de la zona.

En la figura se nota que algunas de perforaciones se encuentran practicante a lo largo de la línea del túnel, aunque no esté identificada, esta zona correspondería con la zona de recarga del acuífero local, el cual presentaría un gradiente variado, hacia las quebradas principales.

No se lograron identificar pozos cercanos a la línea de túnel.

### **Condiciones hidrogeológicas de las rocas del subsuelo en el Túnel Tejar**

El túnel Tejar atravesará un acuífero formado en areniscas y brechas fracturadas de la Fm. Coris con permeabilidades entre  $7 \times 10^{-4}$  a  $1.3 \times 10^{-5}$  cm/s, con base en pruebas de permeabilidad realizadas en perforaciones, estos valores posiblemente a una permeabilidad secundaria Este acuífero no cuenta con una definición, y sus propiedades hidráulicas son poco conocidas.

Los niveles freáticos se encuentran en una cota superior a la del túnel a lo largo de prácticamente todo el trazado, con profundidades cercanas a los 30m, en la mayor parte del trazado.

Se identifican dos niveles, uno superficial, denominado nivel piezométrico local, que no afectaría al túnel, y el cual incluso correspondería con acuíferos colgados de poca exención y un nivel inferior, más profundo, denominado nivel piezométrico regional, que es el que afectará al túnel, el mismo correspondería con el nivel del acuífero principal en la zona del túnel Tejar, correspondiendo con un acuífero de tipo confinado.

Atraviesa terrenos con nacientes superficiales captadas por diferentes poblaciones y usuarios por lo cual presenta un riesgo alto de afectación, por abatimiento de los niveles.

La Figura 7.5.30 corresponden con el mapa de elementos hidrogeológicos para el Túnel Tejar. En el mismo se destacan las nacientes identificadas en los trabajos de campo, así como las concesiones inscritas en el departamento de aguas del MINAET. De igual manera se identifican las perforaciones ejecutadas en las etapas de factibilidad que permiten un mejor modelado de los acuíferos en el área.

Una cantidad importante de nacientes, tienen sus zonas de protección alcanzando el trazo del túnel, lo cual las hace vulnerables a sufrir afectación por descensos en los niveles del acuífero.

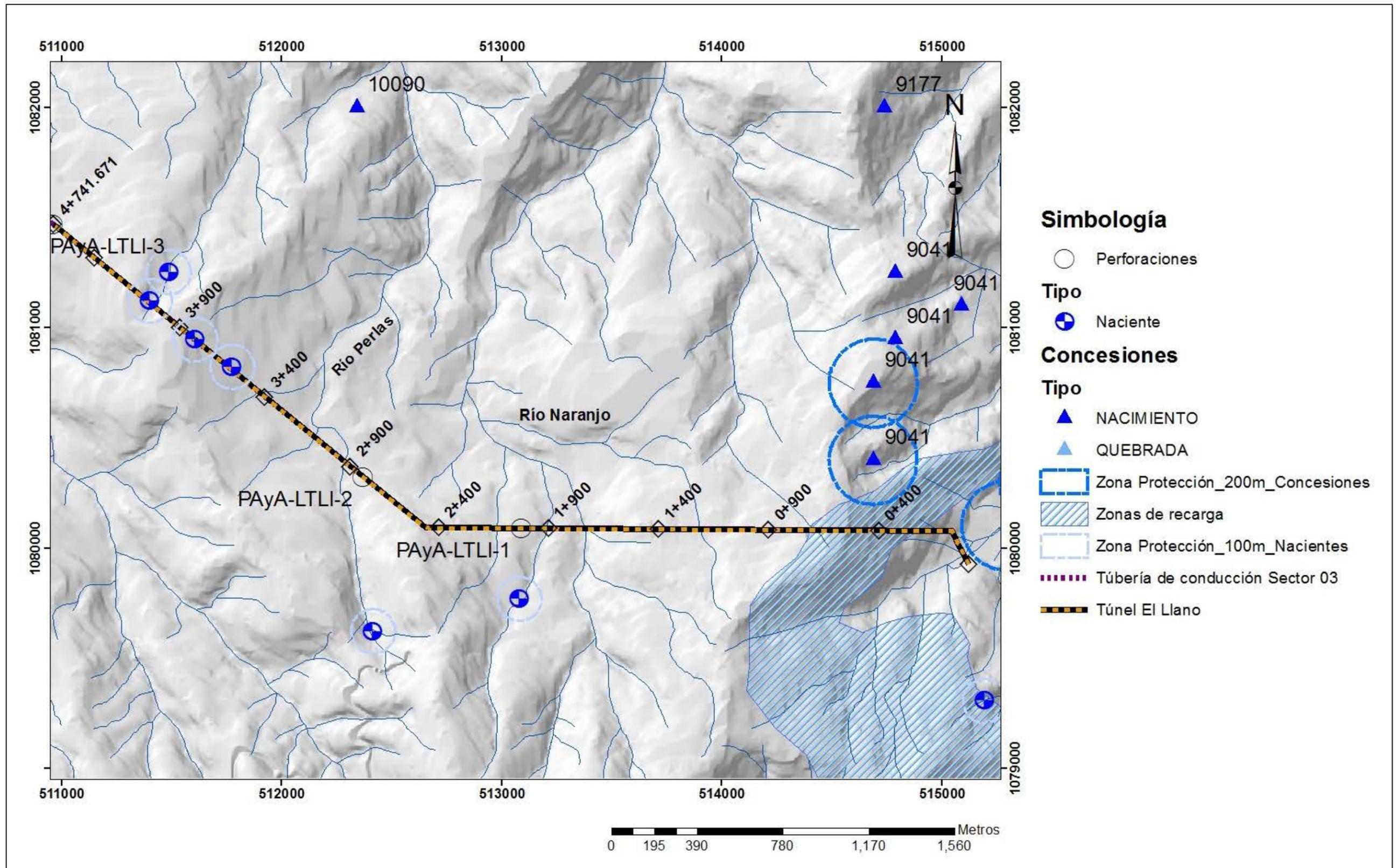


Figura 7.5.29. Mapa de elementos hidrogeológicos para el Túnel El Llano.

En la figura se muestran las zonas de protección de las nacientes y captaciones más cercanas al túnel y que no se encuentran sobre la traza del mismo. Se nota que las zonas de protección de las captaciones más cercanas, no alcanzan la línea de túnel.

La zona de recarga no está identificada formalmente, sin embargo, se estima que una importante zona de recarga corresponde al sector de la zona montañosa, cerca del poblado de Cascajal, y corresponde con una zona Este-Oeste, donde se ubican una serie de nacientes y captaciones. De aquí el acuífero presenta un gradiente hacia el norte, en dirección hacia el Río Navarro.

### **Condiciones hidrogeológicas de las rocas del subsuelo en el Túnel Lajas**

El túnel atravesará un acuífero formado en areniscas y brechas fracturadas del Fm Coris, con niveles someros, entre 5 y 8m de profundidad, que se encuentran en una cota superior a la del túnel. Este acuífero fracturado en la zona del túnel Lajas se comportaría como libre cubierto, y el mismo se encontraría aportando agua localmente a las quebradas cercanas.

La Figura 7.5.31 corresponde con el mapa de elementos hidrogeológicos para el túnel Lajas y el sector 07 en el mismo se detalla la ubicación de los pozos más cercanos inscritos en el SENARA, así como la localización de las nacientes identificadas en el campo.

En la figura se muestra las zonas de protección de 40m para el pozo y de 100m para las nacientes identificadas, éstas muestran alguna interacción con el túnel, sumado a las que se encuentran propiamente sobre la traza.

No se tiene mayor evidencia de zonas de recarga importantes en las cercanías de la traza del túnel Lajas.

### **Vulnerabilidad a la contaminación**

El análisis de vulnerabilidad en obras subterráneas por la naturaleza de las mismas no puede ser analizado con las metodologías convencionales (GOD, DRASTIC) debido a que la obra está inmersa y atraviesa los mantos acuíferos, por ejemplo, el factor de profundidad del nivel utilizado en el método GOD, no tendría sentido si el nivel se encuentra por encima de la cota del túnel.

Al ser un túnel de conducción de agua no se considera que los acuíferos puedan ser susceptibles a contaminación, considerando además que los mimos durante la etapa de construcción se encuentran descubiertos de forma temporal.

Se considera que el mayor grado de vulnerabilidad se presenta en las nacientes en superficie que pueden ser captadas y utilizadas por la población, las cuales pueden ser afectadas durante el periodo constructivo, bajando el caudal de las misma debido a un posible descenso de los niveles freáticos.

Durante el periodo de operación es normal que un túnel con un adecuado revestimiento impermeable logre a mediano plazo que cualquier abatimiento de niveles freáticos o piezométricos producto de la excavación sean recuperados sin causar una mayor alteración del medio a largo plazo. Sin embargo, para controlar y mitigar estos aspectos se detallan medidas correctivas en el plan de gestión ambiental.

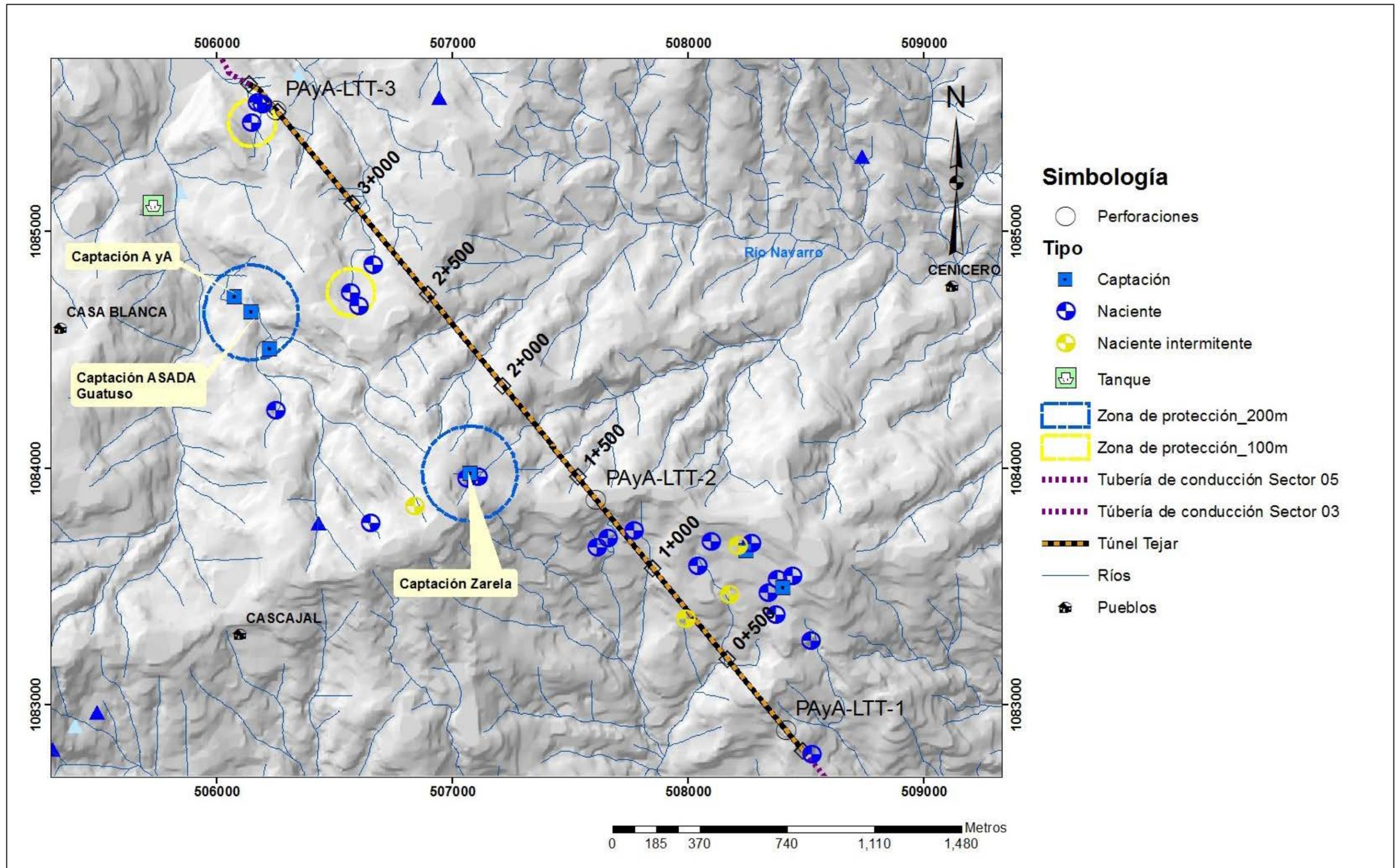


Figura 7.5.30. Mapa de elementos hidrogeológicos para el Túnel Tejar

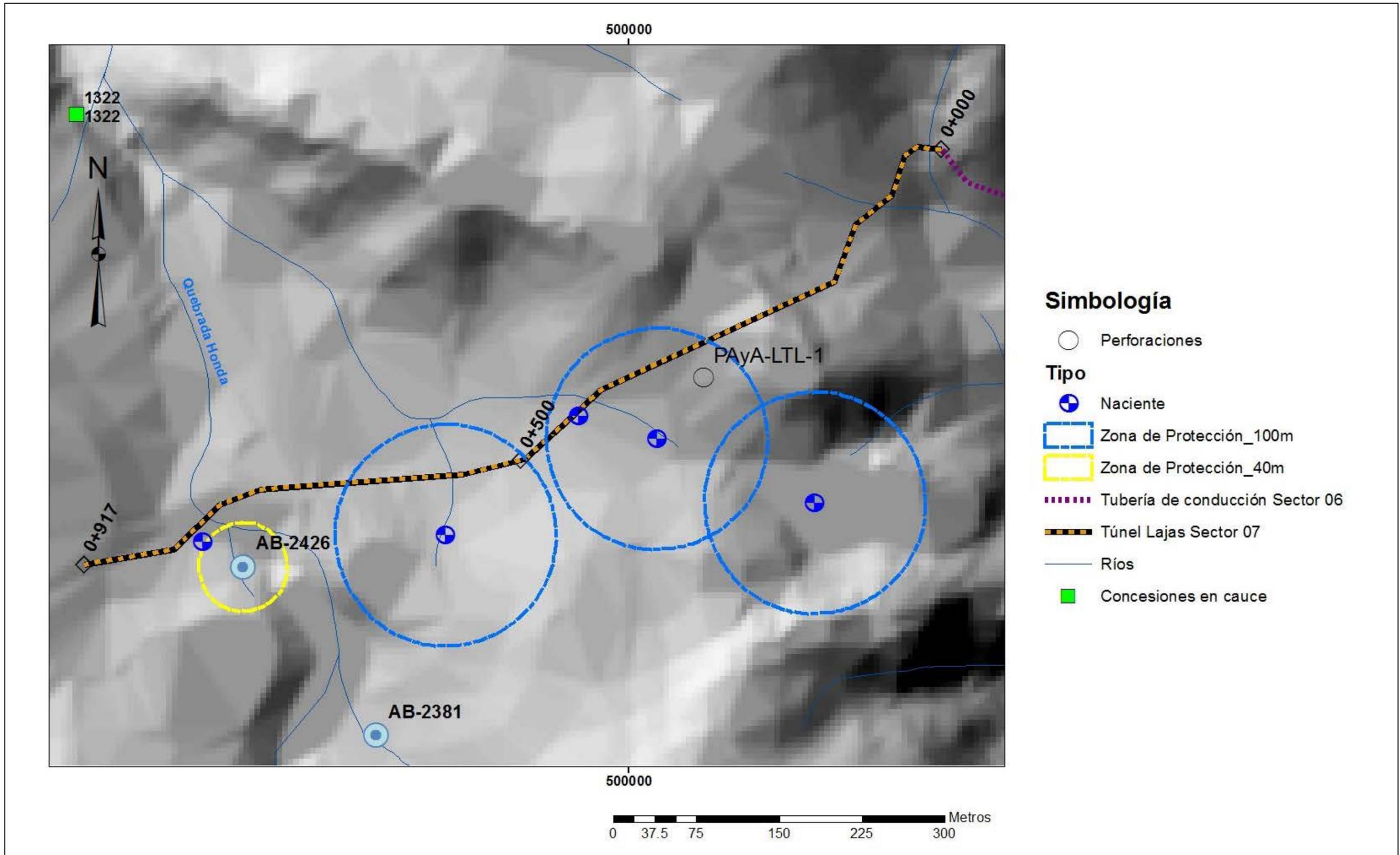


Figura 7.5.31. Mapa de elementos hidrogeológicos para el Túnel Lajas.

Particularmente para el Túnel el Llano no se prevé que un posible abatimiento pueda afectar alguna naciente o captación en superficie de importancia. En específico las nacientes y captaciones de la ASADA Orosí (comunidad cercana más importante) se encuentran por debajo del nivel de excavación del túnel, razón por lo cual no sufren mayor riesgo de afectación.

El Túnel Tejar atraviesa terrenos con nacientes superficiales captadas por diferentes poblaciones y usuarios. Tal como se observa en la figura de elementos hidrogeológicos gran parte de estas nacientes sufren un riesgo considerable de afectación.

Se da especial énfasis a las captaciones de la ASADA Guatuso, así como a las captaciones usadas por vecinos de las zonas para uso de sus propiedades, para las cuales se realizó una identificación detallada, así como la medición de su caudal con el objetivo de monitorear su comportamiento durante la excavación del túnel. De igual manera en el plan de gestión ambiental se detallan las medidas respectivas de mitigación y compensación para estos impactos.

Finalmente, no se identificaron elementos hidrogeológicos por encima del nivel de excavación del túnel Lajas que podrían sufrir afectación.

Por la naturaleza de la obra no se prevé un mayor riesgo de contaminación durante el periodo de operación. De igual manera en la medida correctiva MC-FQ-Asub-01 (Capítulo 11), se mantendrá un monitoreo de los diferentes elementos hidrogeológico, para prevenir cualquier afectación a los acuíferos de la zona.

En caso de existir algún problema que afecte las captaciones de uso poblacional, se contempla en la medida MC-FQ-Asub-02 (Capítulo 11), la compensación a la población que sufra alguna alteración de sus fuentes de agua.

### **7.5.2.3. Componente 2 (Tuberías de Conducción Sector 3: Tramo entre túnel “El Llano y el túnel “Tejar”).**

#### **Condiciones hidrogeológicas de las rocas del subsuelo**

En este sector se presenta un acuífero Libre cubierto en areniscas fracturadas y en depósitos aluviales, los niveles freáticos son someros, inferiores a los 5m. Se considera una vulnerabilidad Baja-Moderada a la contaminación, la cual se daría durante la etapa constructiva.

La Figura 7.5.32 corresponden con el mapa de elementos hidrogeológicos para el sector 03. En este sector se evidencia que no se identifican concesiones de agua debidamente inscritas en la base de datos del departamento de aguas del MINAET ni pozos según la base de datos del SENARA.

Se muestra la zona de protección de 200 m para la única captación ubicada en los alrededores, la cual estaría cortando tanto la zona de la tubería como el portal del túnel El Llano.

Las zonas de recarga, se ubica en los sectores montañosos, y no se evidencia en los alrededores de la tubería.

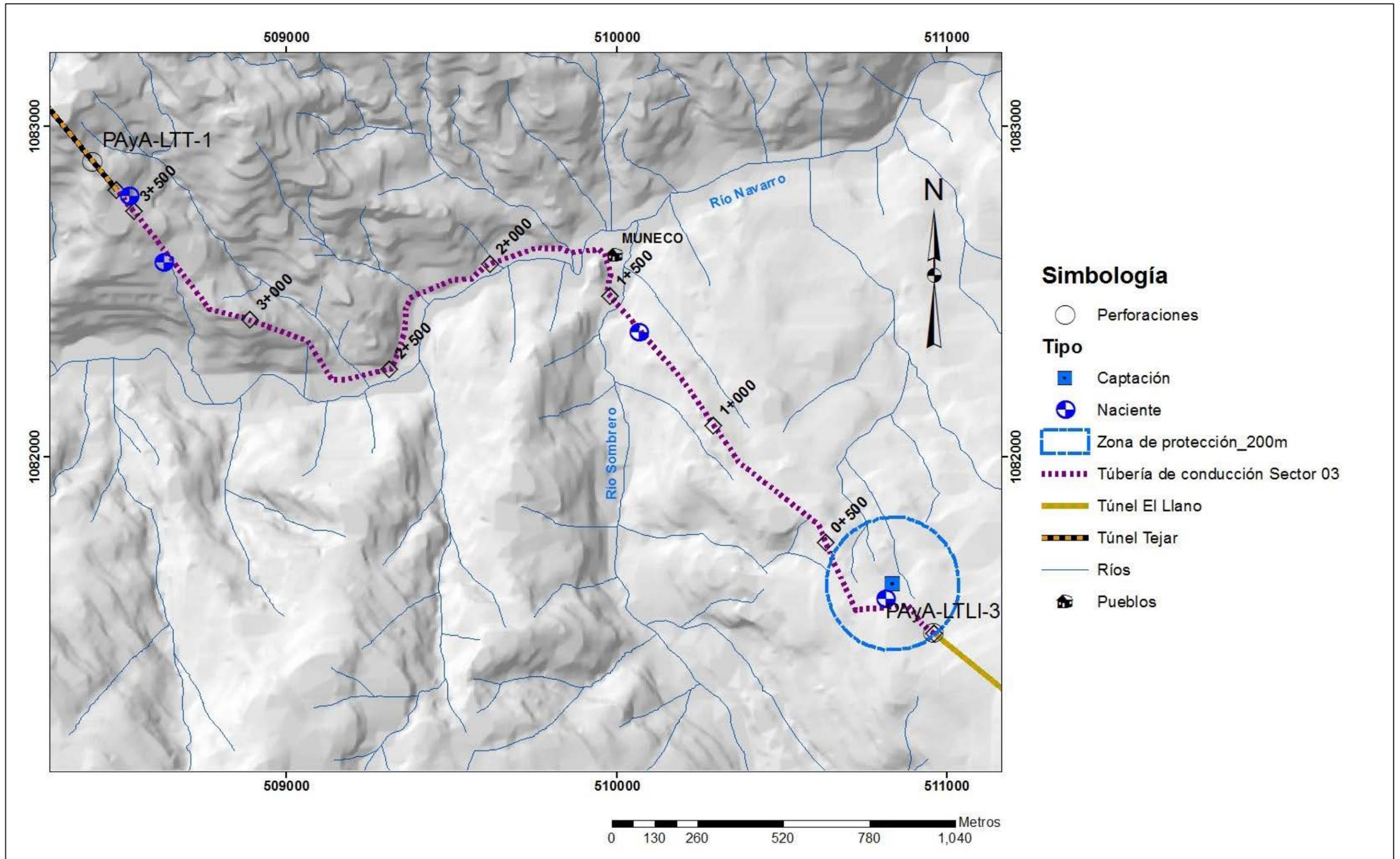


Figura 7.5.32. Mapa de elementos hidrogeológicos sector 03.

## Vulnerabilidad a la contaminación

El análisis de vulnerabilidad se detalla en el Cuadro.7.5.58 y se realiza principalmente para la unidad de depósitos aluviales cercanas al río Navarro y Sombrero, la misma se considera media, de acuerdo a las condiciones hidrogeológica del sitio

Dada la naturaleza de la obra el principal impacto por contaminación puede darse durante la etapa constructivas, para lo cual en el plan de gestión ambiental se establecen las medidas respectivas de mitigación.

Por la naturaleza de la obra no se prevé un mayor riesgo de contaminación durante el periodo de operación. De igual manera a través de la medida correctiva MC-FQ-Asub-01 (Capítulo 11), se mantendrá un monitoreo de los diferentes elementos hidrogeológico, para prevenir cualquier afectación a los acuíferos de la zona.

**Cuadro.7.5.58.** Aplicación del Método “G.O.D”. en el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea para el Sector 3.

PARÁMETRO	CLASIFICACIÓN	VALOR
Grado de confinamiento hidráulico	No confinado (cubierto)	0.6
Ocurrencia del sustrato suprayacente	Depósitos aluviales	0.70
Distancia al nivel del agua subterránea	2-5 metros	0.90
Valor del índice de vulnerabilidad	G x O x D	<b>0.378</b>
<b>Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero.</b>	<b>MEDIA</b>	

### 7.5.2.4. Componente 2 (Tuberías de Conducción: Sectores 5 y 6)

#### Condiciones hidrogeológicas de las rocas del subsuelo

Se presentan en estos tres tramos de la tubería de conducción, dos acuíferos. El primero es de tipo acuífero Libre en materiales inconsolidados (Arcillas y arenas), con niveles freáticos que se ubican entre 5 y 48m de profundidad. Este acuífero presenta una recarga directa por lluvia, y por aporte de algunas quebradas cercanas. El mismo podría corresponder con el acuífero Coris

El acuífero más profundo corresponde con un acuífero Confinado en Lavas, con profundidades del nivel entre 60m y 90m de profundidad, de este acuífero no se obtuvo mayor información sobre sus propiedades, se estima que presenta una recarga en las partes altas y por percolación de los acuíferos superiores.

La Figura 7.5.33 corresponden con el mapa de elementos hidrogeológico para el sector 05, mientras que en la Figura 7.5.34, se muestra los elementos hidrogeológicos para el sector 6. En este sector dado las condiciones geomorfológicas y del uso de suelo destaca la presencia de una gran cantidad de pozos inscritos en la base de datos del SENARA, así como sus respectivas concesiones, según el tipo de fuente concesionado.

No se muestra las zonas de protección, ya que las concesiones y pozos más cercanos se encuentran propiamente sobre el trazado de las tuberías, por lo tanto, el trazo se encontraría dentro de la zona de protección.

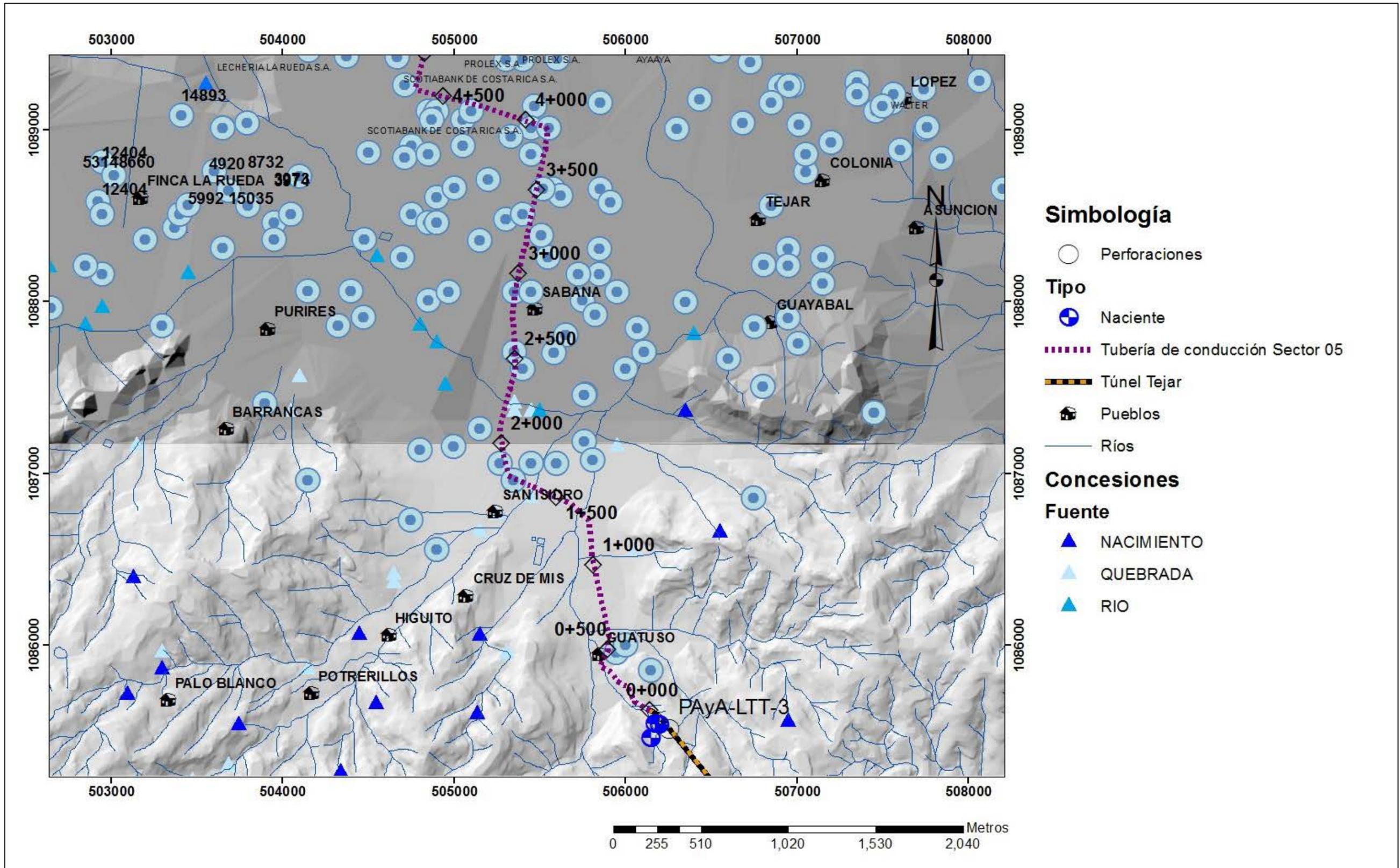


Figura 7.5.33. Mapa de elementos hidrogeológicos componente 2. Tubería superficial sector 5.

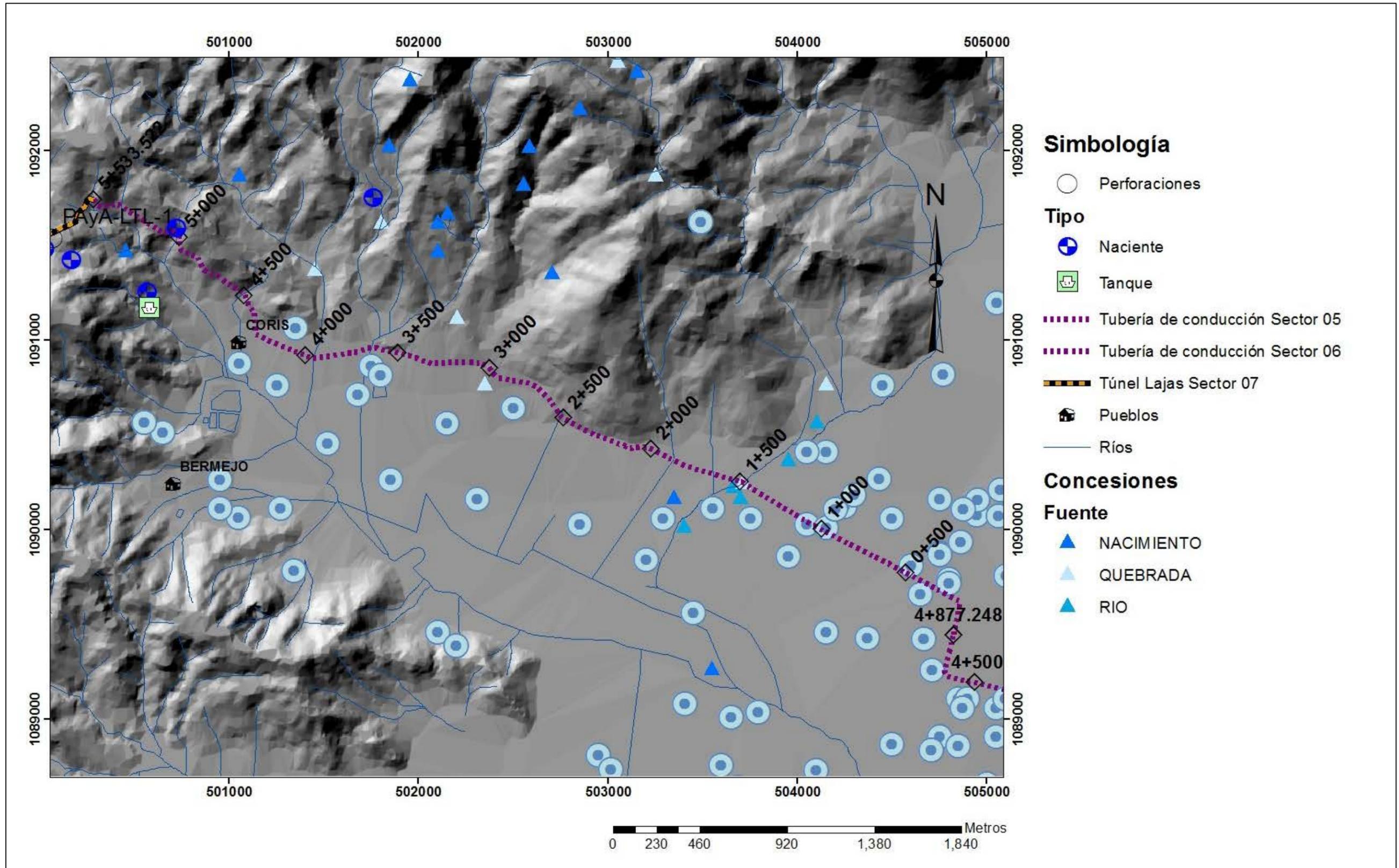


Figura 7.5.34. Mapa de elementos hidrogeológicos componente 2. Tubería superficial sector 6.

## Vulnerabilidad a la contaminación

La vulnerabilidad a la contaminación, para el acuífero superior se considera Baja (Cuadro.7.5.59), esto debido a la presencia de niveles a profundidades mayores de 5m, además de considerarse un acuífero cubierto de materiales impermeables lo cual reduce su vulnerabilidad a la contaminación

Por la naturaleza de la obra no se prevé un mayor riesgo de contaminación durante el periodo de operación. De igual manera a través de la medida correctiva MC-FQ-Asub-01 (Capítulo 11), se mantendrá un monitoreo de los diferentes elementos hidrogeológico, para prevenir cualquier afectación a los acuíferos de la zona.

**Cuadro.7.5.59.** Aplicación del Método “G.O.D” en el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea para los sectores 5 y 6.

PARÁMETRO	CLASIFICACIÓN	VALOR
Grado de confinamiento hidráulico	No confinado (cubierto)	0.6
Ocurrencia del sustrato suprayacente	Materiales arcillosos	0.5
Distancia al nivel del agua subterránea	5-20m	0.80
Valor del índice de vulnerabilidad	G x O x D	<b>0.24</b>
<b>Vulnerabilidad</b> a la contaminación del acuífero.	<b>Baja</b>	

### 7.5.2.5. Componente 2 (Tuberías de Conducción, Sector 7: tramo en la zona de Lajas de Cartago).

Para el caso del sector 7 aplica el mismo mapa de elementos hidrogeológicos presentado para el túnel Lajas, (Figura 7.5.31).

### 7.5.2.6. Componente 3 (Planta Potabilizadora)

#### Condiciones hidrogeológicas de las rocas del subsuelo

Se presenta un acuífero confinado en lavas, con niveles superiores a los 20m, se estima que presenta una recarga en las partes altas, posiblemente se presenten zonas de recarga alta, cercanas a la zona donde se ubica la planta potabilizadora

La Figura 7.5.35 corresponde con el mapa de elementos hidrogeológicos para la planta potabilizadora. En el mismo se detallan la ubicación de los pozos más cercanos inscritos en la base de datos del SENARA, así como las concesiones de aguas presentes en la base de datos del departamento de aguas del MINAET, según el tipo de fuente concesionado.

En la figura se muestran las zonas de protección de 40m para los pozos más cercanos y de 100m para la naciente más cercana identificada en campo. No se tiene mayor evidencia de presencia de zonas de recarga cercanas al sector de la planta potabilizadora.

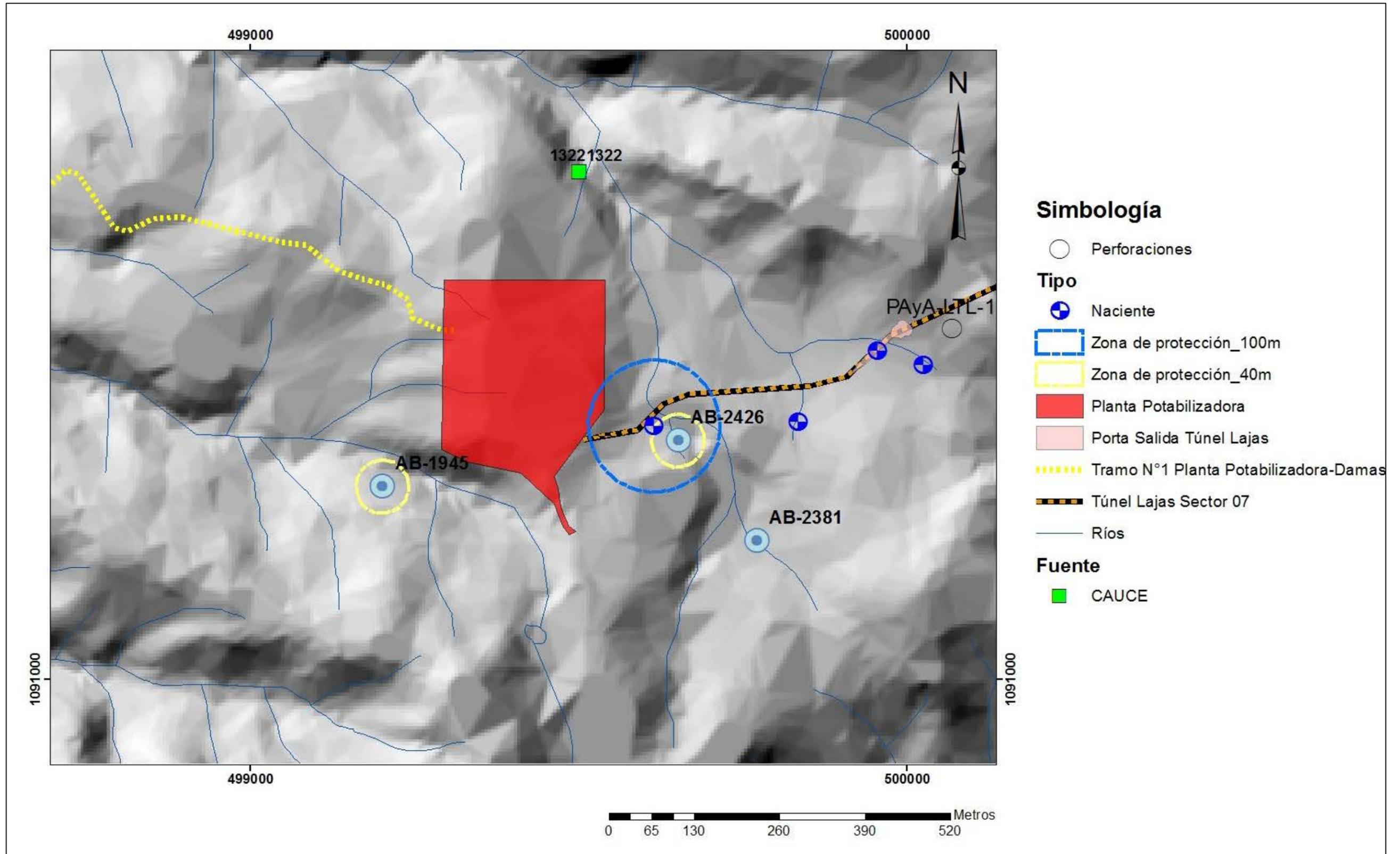


Figura 7.5.35. Mapa de elementos hidrogeológicos componente 3. Planta Potabilizadora

### Vulnerabilidad a la contaminación

La vulnerabilidad a la contaminación en el sector de la planta se considera despreciable (Cuadro.7.5.60), basado en la característica del acuífero confinado en lavas, y los materiales que lo sobreyacen, así como la profundidad de los niveles de agua subterránea, que se consideran bastante profundos.

De igual manera a través de la medida correctiva MC-FQ-Asub-01 (Capítulo 11), se mantendrá un monitoreo de los diferentes elementos hidrogeológico, para prevenir cualquier afectación a los acuíferos de la zona.

**Cuadro.7.5.60.** Aplicación del Método “G.O.D”. en el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea para la planta potabilizadora.

PARÁMETRO	CLASIFICACIÓN	VALOR
Grado de confinamiento hidráulico	Confinado	0.2
Ocurrencia del sustrato suprayacente	Materiales arcillosos	0.64
Distancia al nivel del agua subterránea	>20m	0.70
Valor del índice de vulnerabilidad	G x O x D	<b>0.09</b>
<b>Vulnerabilidad</b> a la contaminación del acuífero.	<b>Despreciable</b>	

#### 7.5.2.7. Componente 4 (Tuberías de Distribución)

##### Condiciones hidrogeológicas de las rocas del subsuelo

Se presenta un acuífero libre superficial formado en materiales inconsolidados (Gravas), con niveles cercanos a los 5m de profundidad.

Además, se presenta en este sector un acuífero más profundo ubicado en areniscas fracturadas del Fm Coris, con niveles cercanos a los 20m, de profundidad, el cual se cataloga como un acuífero confinado

En la Figura 7.5.36 se detallan los elementos hidrogeológicos para las tuberías de distribución, así como para la zona de tanques y estaciones de válvulas. Se muestran tanto los pozos presentes en los alrededores de las tuberías, así como las concesiones que se muestran según el tipo de fuente concesionado.

No se muestra las zonas de protección, ya que las concesiones y pozos más cercanos se encuentran propiamente sobre el trazado de las tuberías, por lo tanto, el trazo se encontraría dentro de la zona de protección.

### Vulnerabilidad a la contaminación

Se considera que, de acuerdo a las propiedades del acuífero en la zona del AP, la vulnerabilidad se considera media, tal y como se muestra en el Cuadro.7.5.61, esto al ser un acuífero libre, pero con los niveles a más de 5m y con materiales suprayacentes de limos.

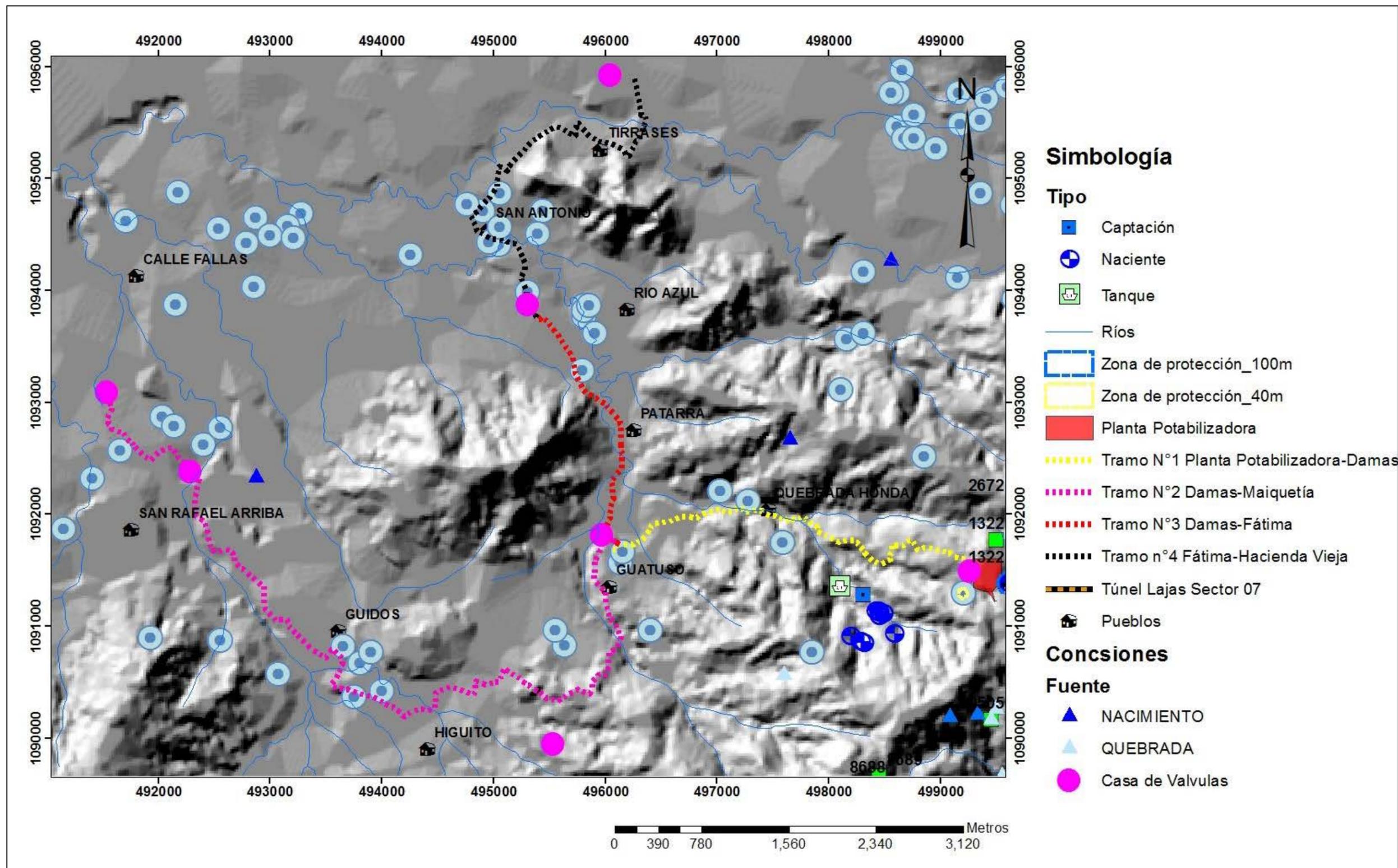


Figura 7.5.36. Mapa de elementos hidrogeológicos Componente 4: Tuberías de distribución.

De igual manera a través de la medida correctiva MC-FQ-Asub-01 (Capítulo 11), se mantendrá un monitoreo de los diferentes elementos hidrogeológico, para prevenir cualquier afectación a los acuíferos de la zona.

**Cuadro.7.5.61.** Aplicación del Método “G.O.D”. en el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea para el componente 4, tuberías de distribución.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>VALOR</b>
<b>Grado de confinamiento hidráulico</b>	No confinado	0.8
<b>Ocurrencia del sustrato suprayacente</b>	Limos	0.5
<b>Distancia al nivel del agua subterránea</b>	5-20m	0.8
<b>Valor del índice de vulnerabilidad</b>	G x O x D	<b>0.32</b>
<b>Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero.</b>	<b>Media</b>	

#### **7.5.2.8. Mapa de elementos hidrogeológicos**

Para cada componente del proyecto se realizó un mapa de elementos hidrogeológicos, los cuales incluyen nacientes levantadas en campo, información de concesiones de agua, según sea la fuente concesionada (nacientes, ríos, quebradas) de la base de datos del departamento de aguas del MINAET, así como información de pozos del SENARA.

De igual manera se ubican las perforaciones ejecutadas en la etapa de factibilidad del proyecto en los cuales es posible realizar mediciones de niveles freáticos.

Dichos mapas han sido aportados de la Figura 7.5.28 hasta la Figura 7.5.36.

## 7.6. Referencias bibliográficas

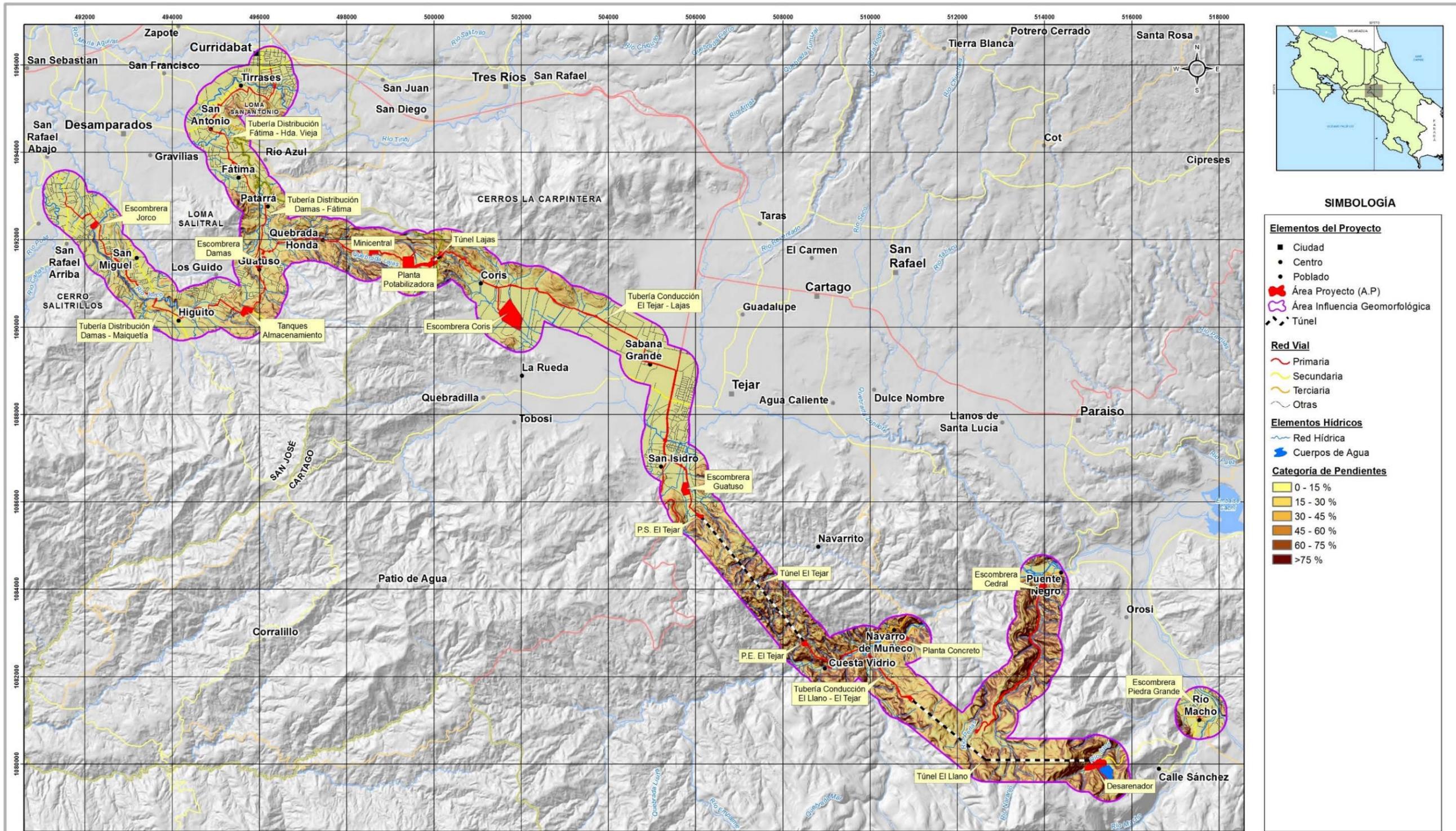
- Abarca, H. (2007). El uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. *Revista Biocenosis*, 20, 1-2.
- Alba-Tercedor, Javier. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. SIAGA. 2.
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, M.E., Dolz, J., Coll, A. (2014). "Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos". *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería.*, 30(1), 1-10.
- Bergoeing, J.P. (2012). *Geomorfología de Costa Rica*. San José: Librería Francesa.
- Bergoeing, J.P. (2014). *Geomorfología Regional de Costa Rica*. San José: Gerüst Creaciones, S.L.
- Chacón, E., y W. Fernández. (1985). Temporal and spatial rainfall variability in the mountainous region of the Reventazón River basin, Costa Rica. *J. Climatol.*, 5,175-188.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. y Mays, L.W. (1994). *Hidrología aplicada*. Colombia: McGraw-Hill.
- Contaminación de los ríos en costa rica es vergüenza nacional según ministro Castro [en línea]. San José, Costa Rica. Disponible en: <https://www.nacion.com/archivo/contaminacion-de-rios-en-costa-rica-es-vergüenza-nacional-segun-ministro-castro/HRPFSOB55ZE4DPLFWNGPFCQ4D4/story/> [2018, 19 de enero]
- Decreto N° 33903-MINAE-S. (2007). Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. San José, Costa Rica.
- Decreto N° 25018-MEIC. (1996). Métodos de referencia para análisis de aguas residuales. San José, Costa Rica. *La Gaceta* N° 59.
- Doods, W. (2002). *Freshwater Ecology. Concepts and enviromental applications*. Academic Press. San Diego California. 569 pp.
- Escobar, A. (1989). Estudio de las comunidades macrobentónicas en el río Manzanares y sus principales afluentes. *Actualidad Biológica*. 18(65), 45-60.
- Embrechts, P., Klüppelberg, C. y Mikosch, T. (1997). *Modelling extremal events for insurance and finance*. United States of America. Springer.
- Fallas, B. y Alfaro, E. (2012). Uso de herramientas estadísticas para la predicción estacional del campo de precipitación en América Central como apoyo a los Foros Climáticos Regionales. 1: Análisis de tablas de contingencia, *Revista de Climatología*, 12, 61-79.
- Fallas, B. y Alfaro, E. (2012). Uso de herramientas estadísticas para la predicción estacional del campo de precipitación en América Central como apoyo a los Foros Climáticos Regionales. 2: Análisis de Correlación Canónica, *Revista de Climatología*, 12, 93-105.
- Fernández, W., Chacón R. E. y Melgarejo J. W. (1996). On the rainfall distribution with altitude over Costa Rica. *Revista Geofísica*. 44 I.P.G.H., ene-jun., 57-72.

- Gottschalk, L. y Krasovkaia, I. (2000). Analysis of extreme precipitation and floods for design purposes. Costa Rica. AB Hydroconsult.
- Guevara, M. y Solís, A. (2011). Manual de campo insectos acuáticos de la cuenca del río Peñas Blancas: aspectos ecológicos y aplicación en la determinación de la calidad del agua. ICE, San José, Costa Rica. 96 p.
- Hosking, J.R.M. y Wallis, J.R. (1997). Regional frequency analysis: An approach based on L-Moments. Washington, United States of America: Cambridge University Press.
- Kirpich, Z.P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. Civil Eng. 10 (6), 362.
- Krasovkaia, I. y Gottschalk, L. (2014). Compensatory flow phase 2 – Methodology for the determination of adaptive flow, final report. Costa Rica. Instituto Costarricense de Electricidad.
- Magaña, V., J. A. Amador, and S. Medina. (1999). The Mid-Summer Drought over México and Central America. Journal of Climate, 12, 1577-1588.
- Mapas de Amenazas (2011, julio), [en línea]. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. Disponible en: [https://www.cne.go.cr/index.php/prevencion-desastres-menuprincipal-93/mapas-de-amenazas/cat\\_view/276-mapas-de-amenazas/283-cartago/](https://www.cne.go.cr/index.php/prevencion-desastres-menuprincipal-93/mapas-de-amenazas/cat_view/276-mapas-de-amenazas/283-cartago/) [2018, 27 de febrero].
- Medianero E. y Samaniego M. (2004). Comunidades de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá. Folia Entomol. 43(3), 279-294.
- Mendizábal, M. T. (1973). Distribución de la precipitación con la altura. Lic. Tesis, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Merrit, R., Cummins, K. & Berg, M. (2008). An introduction to the aquatic insect of North America. Kendall/Hunt Publishing Company. United State of America .1158 pp.
- Montero, W; Linkimer, L & Rojas, W. (2016). El sistema de falla Navarro: desplazamientos izquierdos a lo largo del Cinturón Deformado del centro de Costa Rica. Revista Geológica de América Central (55), 71-100.
- Muñoz, J. (2000). Geomorfología general. Madrid: Editorial Síntesis. S.A.
- Peña, J. (1997). Cartografía Geomorfológica Básica y Aplicada. Zaragoza, España: GEOFORMA Ediciones, S.L.
- Poulton B., Wildhaber, M., Charbonneau, C., Fairchild, J., Mueller. B., Schmith, C. (2003). A longitudinal assessment of the aquatic macroinvertebrate community in the channelized lower Missouri river. Environmental Monitoring and Assessment. 85, 23-53.
- Quirós, E y Hidalgo, H. (2016). Variabilidad y conexiones climáticas de la zona de convergencia intertropical del Pacífico Este. Revista de Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos, 15, 21-36.
- Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía. Universidad de Antioquia. Impreades Presencia. S.A. Colombia. 217 p.

- Singh, V.P, Jain, S.K. y Tyagi. A.K. (2007). Risk and reliability analysis: a handbook for civil and environmental engineers. United States of America: American Society of Civil Engineers.
- Sojo, D; Denyer, P; Gazel, E & Alvarado, G. (2017). Geología del cuadrante Tapantí (1:50 000), Costa Rica. Revista Geológica de América Central (56), 83-116.
- Soto, M. (20 de noviembre de 2013). Solo 4% de las aguas residuales generadas en Costa Rica es tratado antes de ir a los ríos. Costa Rica. La Nación. San José, Costa Rica. Disponible en [http://www.nacion.com/vivir/ambiente/Solo-aguas-residuales-tratado-rios\\_0\\_1379462044.html](http://www.nacion.com/vivir/ambiente/Solo-aguas-residuales-tratado-rios_0_1379462044.html)
- Springer, M., Ramírez, A., Hanson, P. (2010). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica. 59(4).
- Vasquez, Springer, Castro y Kohlmann. (2010). Uso del Índice BMWP-CR de la Calidad del agua. Bioindicadores de la calidad del agua Cuenca del Rio Tempisque. Universidad EARTH .8 pag.
- Zárate H., Eladio (1978). Comportamiento del viento en Costa Rica. Nota de investigación. 2. San José, Costa Rica. IMN.

## **Anexos del Capítulo 7 / Tomo V**

**Anexo 7.1.** Mapa de categorías de pendientes para el Área de Influencia del PVAAM-AyA,  
2018. Escala 1:40.000.



**SIMBOLOGÍA**

- Elementos del Proyecto**
- Ciudad
  - Centro
  - Poblado
  - Área Proyecto (A.P)
  - Área Influencia Geomorfológica
  - ⚡ Túnel
- Red Vial**
- Primaria
  - Secundaria
  - Terciaria
  - Otras
- Elementos Hídricos**
- Red Hídrica
  - Cuerpos de Agua
- Categoría de Pendientes**
- 0 - 15 %
  - 15 - 30 %
  - 30 - 45 %
  - 45 - 60 %
  - 60 - 75 %
  - >75 %

Área Sistemas de Información Geográfica.  
C.S.Gestión Ambiental  
IC  
ICE



**Pendientes en el Área Influencia Indirecta (AII)  
V Ampliación Acueducto Metropolitano**

1:80,000  
Proyección CRTM05



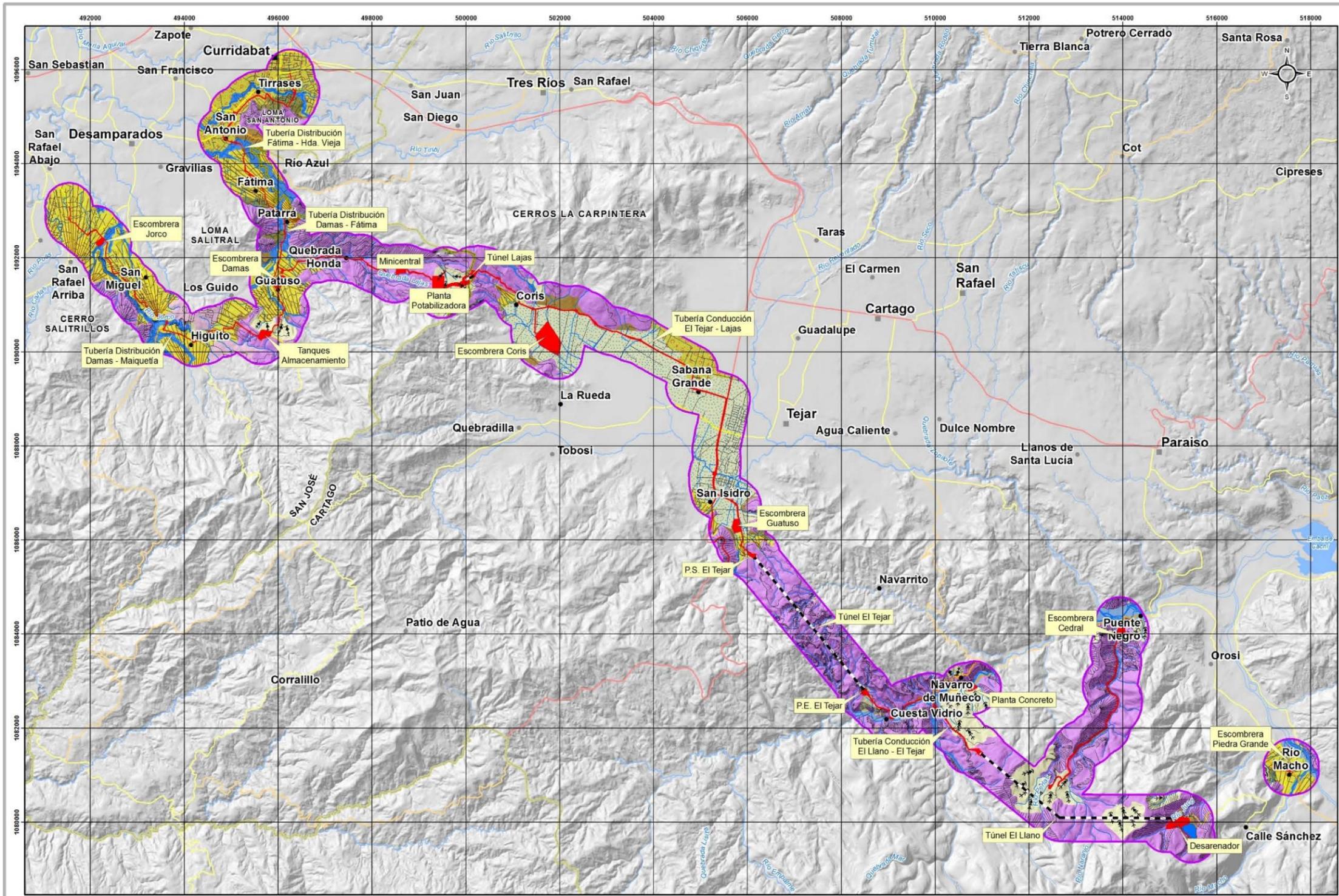
Fuente:  
SIG/CSGA, IC, ICE, 2017  
Atlas Digital, ITCR, 2014.  
Cartografía Base, Escala 1:25.000, SNIT-IIGN, 2017  
Centro Servicio Diseño, IC, ICE, 2017

Elaborado: M.Sc. Oscar Barrientos Ortiz  
Solicitante: ESIA V Ampliación Acueducto Metropolitano

**INFORMACIÓN ARCHIVO**  
Nombre proyecto: PendientesAII\_AyA\_11x17CGA  
Ruta archivo: D:\Acueducto Metropolitano\Proyectos\11x17\Finales\Geomorfo\PendientesAII\_AyA\_11x17CGA.mxd

Mapa No.:  
Fecha: 1/2/2018  
Version: 1.0  
Hoja No: 1 de 1

**Anexo 7.2.** Mapa geomorfológico del Área de Influencia Indirecta (AII) geomorfológica del PVAAM-AyA, 2017. Escala 1:40.000.



**SIMBOLOGÍA**

- Elementos del Proyecto**
- Ciudad
  - Centro
  - Poblado
  - Área Proyecto (A.P)
  - Túnel
  - Área Influencia Geomorfológica
- Red Vial**
- Primaria
  - Secundaria
  - Terciaria
  - Otras
- Elementos Hídricos**
- Red Hídrica
  - Cuerpos de Agua
- Geomorfología**
- Modelado Volcánico*
- Depósitos Laháricos
- Modelado Vertientes*
- Montañoso Pendientes Suaves
  - Relieve Montañoso Fuertemente Escarpado
- Modelado Erosional*
- Deslizamiento
  - Taludes de erosión
- Modelado Acumulación*
- Depósitos Coluviales
  - Abanicos Aluviales
  - Depósitos Paleo-Lacustres
  - Depósitos de Avalancha
- Modelado Fluvial*
- Terrazas Fluviales
  - Valles Fluviales

Área Sistemas de Información Geográfica.  
C.S. Gestión Ambiental  
IC  
ICE



**Geomorfología en el Área Influencia Indirecta (AII)  
V Ampliación Acueducto Metropolitano**

1:500 750 0 1:500 3:000  
1:80,000  
Proyección CRTM05



**Fuente:**  
SIG/CSGA. IC. ICE. 2017  
Atlas Digital. ITCR. 2014.  
Cartografía Base. Escala 1:25.000. SNIT-IGN. 2017  
Centro Servicio Diseño. IC. ICE. 2017

**Elaborado:** M.Sc. Oscar Barrientos Ortiz  
**Solicitante:** ESIA V Ampliación Acueducto Metropolitano

**INFORMACIÓN ARCHIVO**  
Nombre proyecto: GeomorfoAII\_AyA\_11x17CGA  
Ruta archivo: D:\Acueducto Metropolitano\Proyectos\11x17\Finales\Geomorfo\GeomorfoAII\_AyA\_11x17CGA.mxd

**Mapa No.:**

**Fecha:** 1/2/2018  
Version: 1.0  
Hoja No: 1 de 1

### Anexo 7.3. Modelación hidráulica de los sitios de escombrera

En el presente anexo se indican la metodología, las herramientas e insumos utilizados en la modelación hidráulica preliminar de los cursos de agua más cercanos a los sitios de escombrera del proyecto PVAAM, así como los principales resultados obtenidos. Para lograr resultados más confiables y que representen de mejor forma la realidad, se requieren datos topográficos detallados de las secciones transversales de los cauces y las márgenes de interés. Además, se requieren datos de campo sobre niveles y caudales, para calibrar y validar el modelo hidráulico, por lo que los resultados obtenidos son preliminares y no se pueden utilizar en el diseño de obras de protección.

La modelación hidráulica se realizó utilizando la herramienta Iber, versión 2.4.3, desarrollada por el Instituto Flumen, auspiciado por la Universidad Politécnica de Cataluña, el Grupo de Ingeniería del Agua y el Medio Ambiente, GEAMA, de la Universidad de la Coruña, y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, y promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX de España.

Iber es un modelo matemático bidimensional para la simulación del flujo en ríos y estuarios. El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de Saint Venant, mediante el método de volúmenes finitos para mallas bidimensionales no estructuradas, ya sea de elementos triangulares, cuadriláteros o mixtos, a los cuales se les asignan parámetros de entrada como la elevación de cada uno de sus puntos, la rugosidad y la dirección del flujo (Bladé et al., 2014).

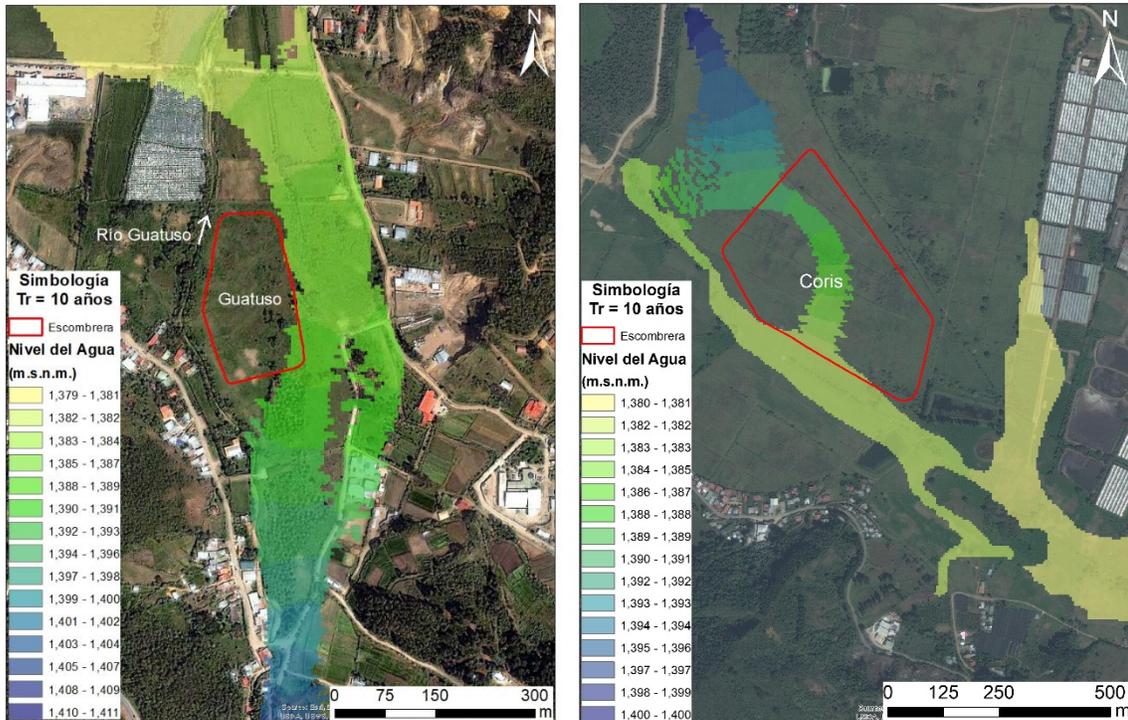
A partir de las curvas de nivel, en escala 1:10 000, disponibles en el área de estudio, se generó un Modelo de Elevación Digital (MED), el cual se importó en Iber para utilizar como base de la modelación hidrológica, para estimar los niveles de agua que se podrían alcanzar en los sitios de escombrera para caudales máximos con períodos de retorno de 10, 25 y 50 años. En el Cuadro 1 se indican los caudales, en m<sup>3</sup>/s, modelados para cada sitio de escombrera. El coeficiente de rugosidad utilizado en cada una de las áreas de estudio fue el valor predefinido para el uso de suelo “río”, con un valor de 0.025.

**Cuadro 1.** Caudales máximos en m<sup>3</sup>/s utilizados en la modelación hidráulica en los sitios de escombrera

No.	Escombrera\Período retorno	Tr = 10 años	Tr = 25 años	Tr = 50 años
2	Coris	60	75	85
3	El Cedral	55	70	80
4	Guatuso	50	60	65
6	Jorco	30	45	60

#### Simulación en los sitios de escombrera Guatuso y Coris

En la Figura 1 se muestra una vista en planta con el resultado de la simulación hidráulica para un caudal máximo con período de retorno de 10 años, para los sitios de escombrera Guatuso y Coris, respectivamente, donde se observa las márgenes y el canal del río, además de la distribución de los niveles de agua.

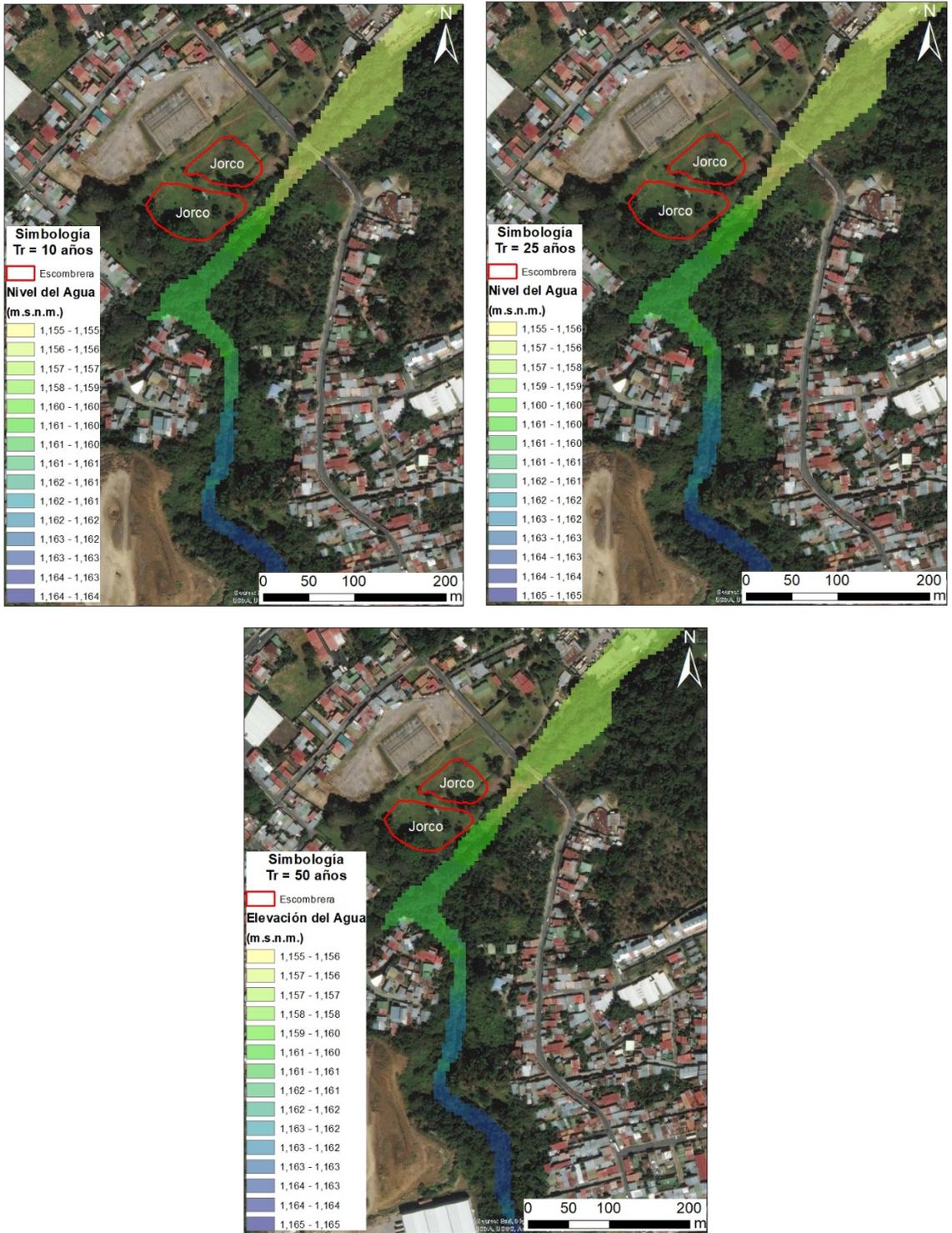


**Figura 1.** Resultado de la modelación hidráulica con Iber del nivel del agua en los sitios de escombrera Guatuso y Coris para un caudal con un período de retorno de 10 años

En estos dos sitios de escombrera, los resultados obtenidos no fueron aceptables, ya que la mancha de inundación debería iniciar a partir de los excesos de agua que fluyen por los ríos o cauces predominantes, y no a partir de las llanuras de inundación, como sucedió en ambos casos. Se revisó la topografía base y se notó que, en ambos casos, las escombreras están localizadas en zonas relativamente planas, con faltantes importantes de curvas de nivel, para la escala 1:10 000 utilizada, lo que resultó en un MED deficiente para la modelación hidráulica. Por lo tanto, se puede concluir que en los sitios de escombrera Guatuso y Coris los resultados de la modelación hidráulica no fueron concluyentes.

### Simulación del sitio de escombrera Jorco

En la Figura 2 se muestra una vista en planta con el resultado de la simulación hidráulica para un caudal con período de retorno de 10, 25 y 50 años, donde se observa las márgenes y el canal del río, además de la distribución de los niveles de agua. El nivel del agua máximo en la zona de la escombrera alcanza la cota 1160 m.s.n.m. Según el plano de conformación de la escombrera, en el perfil del eje 2, se muestra para el EST: 0+107.40, una elevación de 1157.53 m.s.n.m. La corona de la escombrera estaría en la cota 1170 m.s.n.m., por lo que esta escombrera requeriría de obras de protección contra inundación.



**Figura 2.** Resultado de la modelación hidráulica con Iber del nivel del agua en el sitio de escombrera Jorco para un caudal con un período de retorno de 10, 25 y 50 años

### Simulación del sitio de escombrera El Cedral

En la Figura 3 se muestra una vista en planta con el resultado de la simulación hidráulica para un caudal con período de retorno de 10, 25 y 50 años, donde se observa las márgenes y el canal del río, además de la distribución de los niveles de agua. El nivel del agua máximo, en las inmediaciones de la escombrera alcanza la cota 1104 m.s.n.m. Según el plano de conformación de la escombrera, en el perfil del eje B-B, se muestra para el EST: 0+280, una elevación de 1090 m.s.n.m. La corona de la escombrera estaría en la cota 1116 m.s.n.m., por lo que esta escombrera requeriría de obras de protección contra inundación.

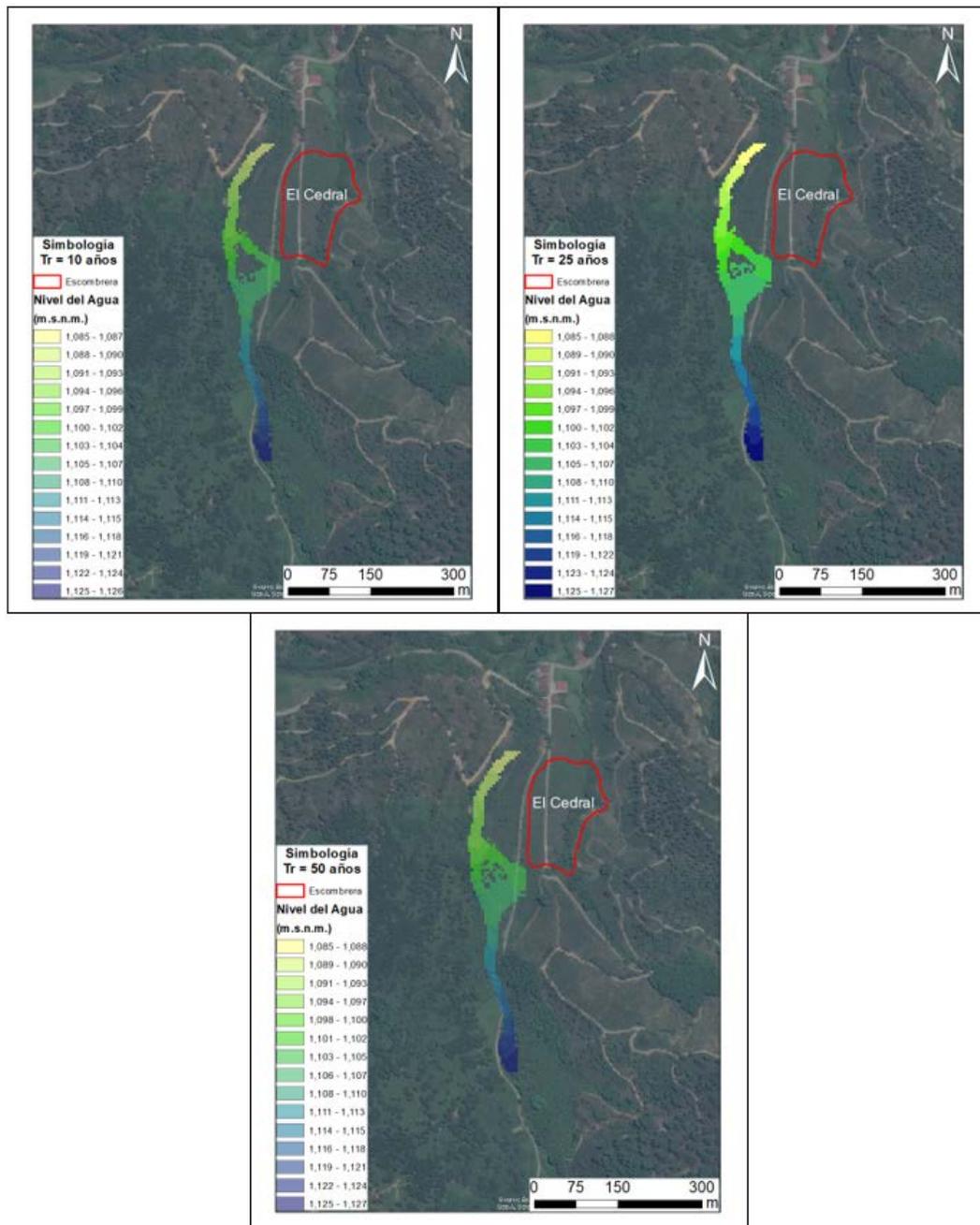


Figura 3. Resultado de la modelación hidráulica con Iber del nivel del agua en el sitio de escombrera El Cedral para un caudal con un período de retorno de 10, 25 y 50 años

**Anexo 7.4. Decreto 33903-MINAE – Artículo 4°**

**Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. Parámetros físicos-químicos para la clasificación inicial o reclasificación. Parámetros físicos y químicos complementarios**

**Artículo 4°— Parámetros físicos-químicos para la clasificación inicial o reclasificación.**

Se establecen como parámetros físicos-químicos de análisis requeridos para la clasificación inicial o reclasificación de un cuerpo de agua, el porcentaje de saturación de Oxígeno, la Demanda Bioquímica de Oxígeno y el Nitrógeno Amoniacal, parámetros contemplados en el Índice Holandés de Valoración de la Calidad para los cuerpos de agua superficiales.

**Artículo 5°—Parámetros físicos y químicos complementarios.** Además de los parámetros mencionados en el artículo anterior, se establecen como parámetros físicos, químicos y biológicos de análisis complementario, junto con sus valores, los referidos en el siguiente cuadro:

**Cuadro 1.** Determinación de Parámetros complementarios para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales para las clases establecidas según reglamento

<b>Parámetros Complementarios (Unidades)</b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Clase 4</b>	<b>Clase 5</b>
Turbiedad (UNT)	<25	25 a <100	100 a 300	(1)	(1)
Temperatura (°C)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Potencial de hidrógeno (pH)	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,0 a 9,0	5,5 a 9,5	5,5 a 9,5
Nitratos, NO <sub>3</sub> - (mg N / L )	<5	5 a <10	10 a <15	15 a <20	>20
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	<20	20 a <25	25 a <50	50 a <100	100 a 300
Cloruros (como Cl) (mg/L)	<100	100 a 200	NA	NA	NA
Fluoruros (como F) (mg/L)	<1,0	1 a 1,5	NA	NA	NA
Color (Pt-Co)	2,5 a 10	10 a 100	(1)	(1)	(1)
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	<10	10 a 25	25 a 100	100 a 300	>300
Sólidos Disueltos (mg/L)	<250	250 a <500	500 a 1000	>1 000	> 1 000
Grasas y Aceites (mg/L)	ND	ND	ND	ND	15 a 25
Sustancias activas al azul de metileno (mg/L)	ND	ND	ND a 1	1 a 2	2 a 5
Arsénico (mg/L)	< 0,01	< 0,01	0,01 a 0,05	> 0,05	>0,05
Boro (mg/L)	0,1	0,2	0,5	1	1
Cadmio (mg/L)	<0,005	0,005	0,01	0,02	0,02
Cianuro (mg CN-/L)	<0,1	0,1 a <0,2	0,2	>0,2	>0,2
Cobre (mg/L)	<0,5	0,5 a <1	1,0 a 1,5	1,5 a 2,0	2,0 a 2,5

<b>Parámetros Complementarios (Unidades)</b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Clase 4</b>	<b>Clase 5</b>
Cromo Total (mg/L)	<0,05	0,05	0,20	0,50	>0,5
Magnesio mg MgCO <sub>3</sub> / L	<30	30 a 50	> 50	> 50	> 50
Mercurio (mg/L)	<0,001	0,001	0,002	0,004	0,005
Níquel (mg/L)	<0,05	0,05	0,1	0,2	0,3
Plomo (mg/L)	<0,03	0,03 a <0,05	0,05 a <0,10	0,10 a <0,20	0,20
Selenio (mg/L)	<0,005	0,005 a <0,010	0,010 a <0,020	0,020 a <0,050	0,050
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> (mg/L)	<150	150 a 250	>250	>250	>250
<b>Biológicos</b>					
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	< 20	20 a 1000	1000 a 2000	2000 a 5000	>5000

**Anexo 7.5.** Decreto 33903-MINAE – Artículo 7°

**Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, Criterios para la definición de los usos de los cuerpos de agua superficial**

**Artículo 7°**—. De los usos. De acuerdo a la clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficial, se establecen cinco categorías de usos del agua:

**Cuadro 2.** Clasificación de los Cuerpos de Agua según el uso potencial, y tratamiento que requiera.

<b>Usos</b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Clase 4</b>	<b>Clase 5</b>
Abastecimiento de agua para uso y consumo humano	Con tratamiento simple con desinfección	Con tratamiento convencional	Con tratamiento avanzado	No utilizable	No utilizable
Abastecimiento de agua para actividades industriales destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano	Sin tratamiento previo o con tratamiento simple de desinfección	Con tratamiento convencional	Con tratamiento avanzado	No utilizable	No utilizable
Abastecimiento de agua para abrevadero y actividades pecuarias.	Sin limitaciones	Sin limitaciones	Sin limitaciones	Con limitaciones	No utilizable
Actividades recreativas de contacto primario.	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Acuicultura.	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Fuente para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas.	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Fuente para la protección de las comunidades acuáticas.	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Generación hidroeléctrica.	Utilizable	Utilizable	Utilizable	Utilizable con limitaciones	Utilizable con limitaciones
Navegación.	No utilizable	No utilizable	Utilizable	utilizable	Utilizable

<b>Usos</b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Clase 4</b>	<b>Clase 5</b>
Riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras.	Utilizable	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable
Riego de plantas sin limitación, irrigación de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que son ingeridas sin eliminación de la cáscara.	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable

**Anexo 7.6.** Metodología para la implementación del Índice de calidad Biológica BMWP-CR establecidas por ley Decreto 33903-MINAE

**Metodología 1: Ríos y quebradas con profundidades iguales o menores a 1 metro y ancho igual o menor a 15 metros.**

- i. Técnica: Red de mano con malla de 500  $\mu\text{m}$ . y apertura de 20 a 25 cm.
- ii. Zona de muestreo: Diferentes micro-hábitats dentro del río.
- iii. Mecanismo de muestreo: muestra compuesta de tres sub-muestras con red de mano, cada una recolectada en un tiempo de 5 minutos. El muestreo se realiza con el desplazamiento por los micro-hábitats identificados en el sitio, removiendo el fondo del río y colectando el material removido en la red. En caso de que el volumen de la muestra resulte inmanejable, se podrá proceder a una división aleatoria de la muestra, en la cual cada submuestra será representativa de la muestra total.
- iv. Preservación de la muestra: con etanol de 96°; preservación de los organismos: en etanol de 70°.

**Metodología 2: Método de la colecta directa, basado en el muestreo manual con pinzas, por un tiempo de 120 minutos.**

Se hace una colecta de todo tipo de sustratos encontrados en los diferentes micro-hábitats, tales como piedras, hojarasca, madera. Con los sustratos de gran tamaño, se podrán recolectar los organismos directamente haciendo uso de las pinzas y con los sustratos pequeños (piedras pequeñas, hojas, por ejemplo), se colocarán dentro de una bandeja blanca, de fondo plano que contiene agua a un nivel que apenas cubra la superficie del fondo. Los organismos en la bandeja con agua, empezarán moverse, lo que facilita su observación y recolección. Todos los organismos recolectados se colocan en un vial con alcohol de 70°, debidamente rotulado.

**II. Análisis de las muestras bentónicas.** Para el análisis de las muestras de organismos macro invertebrados bentónicos se deberá seguir la metodología establecida en la última edición de los "Rapid Assessment Biological Protocols" de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de América.

**Identificación de los organismos bentónicos.** Todos los organismos bentónicos recolectados deberán ser identificados hasta el máximo nivel taxonómico posible. **El mínimo nivel que se aceptará es el de familia**, con excepción del Filo Anélido.

**Presentación de los resultados bentónicos.** Los resultados del análisis de las muestras de organismos bentónicos deberán ser presentados en forma cuantitativa y cualitativa, detallando:

- a. Lista taxonómica de los organismos encontrados
- b. Número total de organismos – Abundancia
- c. Número total de taxa – Riqueza biológica
- d. Valor de Índice Biológico: BMWP-CR ("Biológica Monito ring Working Party" modificado para Costa Rica), calculado con base en la Metodología descrita en el Apéndice III.

**Colección de las muestras biológicas.** Todas las muestras biológicas recolectadas en los monitoreos deberán ser entregadas al Museo de Zoología de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica o al Museo Nacional.

**Anexo 7.7.** Resultados del Índice de calidad Fisicoquímica IH (Índice Holandés) para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.

ID	ID LAB	LUGAR DE MUESTREO	DBO	%DO	Nitrógeno amoniacal	INDICE HOLANDES					
			mg/L	mg/L	mg/L	DBO	%DO	Nitrogeno amoniacal	TOTAL	IH	Interpretacion de Calidad
1	CHEM-ID-3224-2017	Jucó 2	< 2	83,3	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
39	CHEM-ID-3225-2017	Quebrada Calle Sánchez 3	< 2	75,7	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
38	CHEM-ID-3226-2017	Quebrada Calle Sánchez 2	< 2	79,9	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
37	CHEM-ID-3227-2017	Quebrada Calle Sánchez 1	< 2	81,4	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
2	CHEM-ID-3228-2017	Río Macho	< 2	88,2	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
3	CHEM-ID-3229-2017	Río Grande Orosi	< 2	87,6	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
8	CHEM-ID-3230-2017	Río Sombrero	< 2	88,4	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
9	CHEM-ID-3231-2017	Río Navarro	< 2	76,8	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
10	CHEM-ID-3232-2017	Quebrada Rojas Vidrio	< 2	82,5	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
16	CHEM-ID-3233-2017	Quebrada Barahona 2 Tejar	< 2	68,5	0,03	1	3	1	5		Contaminacion Incipiente
17	CHEM-ID-3234-2017	Quebrada Guatuso-Tejar	55	61,7	0,35	5	3	1	9		Contaminacion Moderada
18	CHEM-ID-3235-2017	Quebrada Guayabal-Tejar	< 2	69,5	0,03	1	3	1	5		Contaminacion Incipiente
20	CHEM-ID-3236-2017	Quebrada Cucaracha-Tejar	< 2	64,5	0,04	1	3	1	5		Contaminacion Incipiente
21	CHEM-ID-3237-2017	Río Purires	14	49	<0,02	4	4	1	9		Contaminacion Moderada
22	CHEM-ID-3238-2017	Quebrada Alajuela	< 2	46,7	<0,02	1	4	1	6		Contaminacion Incipiente
23	CHEM-ID-3239-2017	Quebrada Barahona 1	< 2	70	<0,02	1	3	1	5		Contaminacion Incipiente
24	CHEM-ID-3240-2017	Quebrada Luisa	< 2	71,2	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
25	CHEM-ID-3241-2017	Quebrada Barahona Inicio	< 2	66,8	<0,02	1	3	1	5		Contaminacion Incipiente
27	CHEM-ID-3242-2017	Quebrada Mini Central	< 2	74	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
28	CHEM-ID-3243-2017	Fossiland	30	78,4	0,03	5	2	1	8		Contaminacion Moderada
29	CHEM-ID-3244-2017	Quebrada Honda	12	78,7	<0,02	4	2	1	7		Contaminacion Moderada
30	CHEM-ID-3245-2017	Quebrada Salitrillo	< 2	69,5	0,05	1	3	1	5		Contaminacion Incipiente
31	CHEM-ID-3246-2017	Quebrada CEMEX	30	77,5	0,07	5	2	1	8		Contaminacion Moderada
32	CHEM-ID-3247-2017	Quebrada Naranjos	< 2	78,7	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente

ID	ID LAB	LUGAR DE MUESTREO	DBO	%DO	Nitrógeno amoniacal	INDICE HOLANDES					
			mg/L	mg/L	mg/L	DBO	%DO	Nitrogeno amoniacal	TOTAL	IH	Interpretacion de Calidad
			33	CHEM-ID-3248-2017	Río Jorco	30	78,2	0,60	5	2	1
34	CHEM-ID-3249-2017	Río Damas Quinta	< 2	77,8	0,16	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
35	CHEM-ID-3250-2017	Río Damas Bombero	6	75,2	0,60	2	2	2	6		Contaminacion Incipiente
36	CHEM-ID-3251-2017	Río Tiribí	106	84,8	0,44	5	2	1	8		Contaminacion Moderada
7	CHEM-ID-3252-2017	Quebrada P.S El Llano	75	80,2	<0,02	5	2	1	8		Contaminacion Moderada
46	CHEM-ID-3253-2017	Quebrada Carbonera	< 2	79,4	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
47	CHEM-ID-3254-2017	Río Perlas 1	< 2	80,1	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
48	CHEM-ID-3255-2017	Río Perlas 2	3	88,7	<0,02	2	2	1	5		Contaminacion Incipiente
4	CHEM-ID-3256-2017	Río Naranjo 2	< 2	88	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
40	CHEM-ID-3257-2017	Quebrada Camino Túnel Lajas 1	44	73,2	<0,02	5	2	1	8		Contaminacion Moderada
44	CHEM-ID-3258-2017	Quebrada Enrique Planta Potabilizadora	11	75,3	0,04	4	2	1	7		Contaminacion Moderada
26	CHEM-ID-3259-2017	Tubería Descarga Quebrada Mesas	< 2	79,3	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
19	CHEM-ID-3260-2017	Quebrada Finado	< 2	79,2	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
15	CHEM-ID-3261-2017	Quebrada P.S.Túnel Tejar	< 2	84	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente
11	CHEM-ID-3262-2017	Quebrada P.E. Túnel Tejar	< 2	78,1	<0,02	1	2	1	4		Contaminacion Incipiente

### Simbología

Clase	Sumatoria de puntos	Código de Color	Interpretación de Calidad
1	3	Sin contaminación	
2	4-6	Contaminación incipiente	
3	7-9	Contaminación moderada	
4	10-12	Contaminación severa	
5	13-15	Contaminación muy severa	

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre 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

\* Ensayo Acreditado INTE-ISO/IEC 17025:2005 ante el Ente Costarricense de Acreditación.

Lic. Jose Armando Rodriguez S / Jefe del Laboratorio

**Anexo 7.8.** Resultado general del análisis microbiológico (parámetro complementario) para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.

ID	ID LAB	LUGAR DE MUESTREO	Coliformes fecales UFC/100 mL	Evaluacion	Nemátodos	Evaluacion
1	CHEM-ID-3263-2017	Jucó 2	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
39	CHEM-ID-3264-2017	Quebrada Calle Sánchez 3	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
38	CHEM-ID-3265-2017	Quebrada Calle Sánchez 2	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
37	CHEM-ID-3266-2017	Quebrada Calle Sánchez 1	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
2	CHEM-ID-3267-2017	Río Macho	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
3	CHEM-ID-3268-2017	Río Grande Orosi	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
8	CHEM-ID-3269-2017	Río Sombrero	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
9	CHEM-ID-3270-2017	Río Navarro	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
10	CHEM-ID-3271-2017	Quebrada Rojas Vidrio	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
16	CHEM-ID-3272-2017	Quebrada Barahona 2 Tejar	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
17	CHEM-ID-3273-2017	Quebrada Guatuso-Tejar	125	Clase 2	Ausente	N.A.
18	CHEM-ID-3274-2017	Quebrada Guayabal-Tejar	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
20	CHEM-ID-3275-2017	Quebrada Cucaracha-Tejar	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
21	CHEM-ID-3276-2017	Río Purires	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
22	CHEM-ID-3277-2017	Quebrada Alajucla	22	Clase 2	Ausente	N.A.
23	CHEM-ID-3278-2017	Quebrada Barahona 1	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
24	CHEM-ID-3279-2017	Quebrada Luisa	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
25	CHEM-ID-3280-2017	Quebrada Barahona Inicio	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
27	CHEM-ID-3281-2017	Quebrada Mini Central	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
28	CHEM-ID-3282-2017	Fossiland	32	Clase 2	Ausente	N.A.
29	CHEM-ID-3283-2017	Quebrada Honda	26	Clase 2	Ausente	N.A.

ID	ID LAB	LUGAR DE MUESTREO	Coliformes fecales UFC/100 mL	Evaluacion	Nemátodos	Evaluacion
30	CHEM-ID-3284-2017	Quebrada Salitrillo	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
31	CHEM-ID-3285-2017	Quebrada CEMEX	28	Clase 2	Ausente	N.A.
32	CHEM-ID-3286-2017	Quebrada Naranjos	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
33	CHEM-ID-3287-2017	Río Jorco	35	Clase 2	Ausente	N.A.
34	CHEM-ID-3288-2017	Río Damas Quinta	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
35	CHEM-ID-3289-2017	Río Damas Bombero	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
36	CHEM-ID-3290-2017	Río Tiribí	92	Clase 2	Ausente	N.A.
7	CHEM-ID-3291-2017	Quebrada P.S El Llano	83	Clase 2	Ausente	N.A.
46	CHEM-ID-3292-2017	Quebrada Carbonera	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
47	CHEM-ID-3293-2017	Río Perlas 1	18	Clase 1	Ausente	N.A.
48	CHEM-ID-3294-2017	Río Perlas 2	12	Clase 1	Ausente	N.A.
4	CHEM-ID-3295-2017	Río Naranjo 2	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
40	CHEM-ID-3296-2017	Quebrada Camino Túnel Lajas 1	34	Clase 2	Ausente	N.A.
44	CHEM-ID-3297-2017	Quebrada Enrique Planta Potabilizadora	22	Clase 2	Ausente	N.A.
26	CHEM-ID-3298-2017	Tubería Descarga Quebrada Mesas	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
19	CHEM-ID-3299-2017	Quebrada Finado	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
15	CHEM-ID-3300-2017	Quebrada P.S.Túnel Tejar	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.
11	CHEM-ID-3301-2017	Quebrada P.E. Túnel Tejar	Ausente	Clase 1	Ausente	N.A.

**Anexo 7.9.** Resultados de análisis fisicoquímicos (Clasificación inicial y complementario) para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.

PARAMETRO	U	ID									
		3224	3225	3226	3227	3228	3229	3230	3231	3232	3233
		1	39	38	37	2	3	8	9	10	16
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	< 15	< 15	< 15	< 15	20	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Solidos Disueltos Totales	mg/L	40	76	74	70	40	39	42	44	49	45
Solidos Sedimentables	mL/L h	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,20	0,20	<0,10
DQO	mg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
DBO (5,20)	mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Grasas y Aceites	mg/L	< 1	2	2	6	2	4	< 1	< 1	8	2
Arsenico	mg/L	< 0,00011	< 0,00011			< 0,00011		< 0,00011	< 0,00011		< 0,00011
Cadmio	mg/L	< 0,00011	< 0,00011			< 0,00011		< 0,00011	< 0,00011		< 0,00011
Cromo	mg/L	< 0,00011	< 0,00011			< 0,00011		< 0,00011	< 0,00011		< 0,00011
Cobre	mg/L	0,090	0,110			0,090		0,060	0,120		0,100
Mercurio	mg/L	< 0,00011	< 0,00011			< 0,00011		< 0,00011	< 0,00011		< 0,00011
Niquel	mg/L	0,00100	0,00200	0,00200	0,00100	0,01000	0,02100	0,00100	0,00100	< 0,00011	0,00100
Plomo	mg/L	0,005	0,0054			< 0,00011		< 0,00011	< 0,00011		< 0,00011
Selenio	mg/L	< 0,00011	< 0,00011			< 0,00011		< 0,00011	< 0,00011		< 0,00011
Zinc	mg/L	< 0,011	< 0,011			< 0,011		< 0,011	< 0,011		< 0,011
Aluminio	mg/L	0,035	0,025			0,030		0,016	0,041		0,045
Boro	mg/L	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	0,350

PARAMETRO	U	ID									
		3224	3225	3226	3227	3228	3229	3230	3231	3232	3233
		1	39	38	37	2	3	8	9	10	16
Magnesio	mg/L	1,450	1,225	1,110	< 0,011	< 0,011	1,260	< 0,011	1,250	< 0,011	1,450
Cianuro	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Sulfuro de Hidrogeno	mg/L		< 0,007	< 0,007	< 0,007			< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007
SAAM	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fenol	mg/L		< 0,011	< 0,011	< 0,011			< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011
Hidrocarburos Totales	mg/L	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Nitrogeno Amoniacal	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03
Cloruros	mg/L	14,500	12,500	11,540	12,000	13,500	11,0250	14,500	11,250	10,500	11,450
Fluor	mg/L	0,030	0,040	0,020	< 0,010	0,010	0,030	0,040	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Porcentaje de saturación de Oxígeno	%	83,3	75,7	79,9	81,4	88,2	87,6	88,4	76,8	82,5	68,5
Cloro Residual	mg/L	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04

PARAMETRO	U	ID									
		3234	3235	3236	3237	3238	3239	3240	3241	3242	3243
		17	18	20	21	22	23	24	25	27	28
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	50	< 15	< 15	18	19	< 15	< 15	< 15	< 15	65
Solidos Disueltos Totales	mg/L	262	50	92	180	111	72	82	105	116	180
Solidos Sedimentables	mL/L h	2,50	0,20	0,20	0,50	0,50	<0,10	<0,10	0,20	0,20	0,20
DQO	mg/L	77	< 1	< 1	20	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	46
DBO (5,20)	mg/L	55	< 2	< 2	14	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	30
Grasas y Aceites	mg/L	2	4	6	40	12	6	8	< 1	6	28

PARAMETRO	U	ID									
		3234	3235	3236	3237	3238	3239	3240	3241	3242	3243
		17	18	20	21	22	23	24	25	27	28
Arsenico	mg/L								< 0,00011	< 0,00011	
Cadmio	mg/L								< 0,00011	< 0,00011	
Cromo	mg/L								< 0,00011	< 0,00011	
Cobre	mg/L								0,080	0,100	
Mercurio	mg/L								< 0,00011	< 0,00011	
Niquel	mg/L	0,00084	0,00035	0,000 22	0,00030	0,00020	0,00020	< 0,00011	0,00100	0,00035	0,00041
Plomo	mg/L								< 0,00011	< 0,00011	
Selenio	mg/L								< 0,00011	< 0,00011	
Zinc	mg/L								< 0,011	< 0,011	
Aluminio	mg/L								0,035	0,042	
Boro	mg/L	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011
Magnesio	mg/L	< 0,011	1,500	< 0,011	1,450	< 0,011	1,450	< 0,011	1,260	1,458	2,580
Cianuro	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Sulfuro	mg/L		< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007
SAAM	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fenol	mg/L		< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011
Hidrocarburos Totales	mg/L	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Nitrogeno Amoniacal	mg/L	0,35	0,03	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03

PARAMETRO	U	ID									
		3234	3235	3236	3237	3238	3239	3240	3241	3242	3243
		17	18	20	21	22	23	24	25	27	28
Cloruros	mg/L	11,025	10,220	12,500	9,850	10,500	12,500	14,500	11,250	10,250	10,110
Fluor	mg/L	0,010	0,020	0,040	0,040	0,120	0,080	0,090	0,080	0,050	< 0,010
Porcentaje de saturación de Oxígeno	%	61,7	69,5	64,5	49	46,7	70	71,2	66,8	74	78,4
Cloro Residual	mg/L	9,50	0,06	0,05	<0,04	0,16	<0,04	<0,04	0,09	0,24	<0,04

PARAMETRO	U	ID									
		3244	3245	3246	3247	3248	3249	3250	3251	3252	3253
		29	30	31	32	33	34	35	36	7	46
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	16	< 15	35	<15	64	<15	<15	51	<15	<15
Solidos Disueltos Totales	mg/L	86	200	111	81	202	130	160	140	<15	20
Solidos Sedimentables	mL/L h	0,10	<0,10	0,30	0,10	0,60	0,10	0,10	0,40	0,20	0,10
DQO	mg/L	17	< 1	39	< 1	41	< 1	9	145	91	10
DBO (5,20)	mg/L	12	< 2	30	< 2	30	< 2	6	106	75	< 2
Grasas y Aceites	mg/L	22	4	7	2	16	12	12	21	10	11
Arsenico	mg/L									< 0,00011	
Cadmio	mg/L									< 0,00011	
Cromo	mg/L									< 0,00011	
Cobre	mg/L									0,085	

PARAMETRO	U	ID									
		3244	3245	3246	3247	3248	3249	3250	3251	3252	3253
		29	30	31	32	33	34	35	36	7	46
Mercurio	mg/L									< 0,00011	
Niquel	mg/L	0,00012	0,00012	0,00045	0,00100	0,00117	0,00035	0,00029	0,00034	0,00100	0,00300
Plomo	mg/L									< 0,00011	
Selenio	mg/L									< 0,00011	
Zinc	mg/L									< 0,011	
Aluminio	mg/L									0,045	
Boro	mg/L	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011
Magnesio	mg/L	< 0,011	2,458	< 0,011	2,150	< 0,011	1,550	< 0,011	< 0,011	1,456	< 0,011
Cianuro	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Sulfuro	mg/L	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007
SAAM	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fenol	mg/L	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011
Hidrocarburos Totales	mg/L	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Nitrogeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,05	0,07	<0,02	0,60	0,16	0,60	0,44	<0,02	<0,02
Cloruros	mg/L	10,250	10,200	10,500	11,250	14,500	14,000	10,000	11,520	15,000	12,500
Fluor	mg/L	0,040	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	12,500	0,130	0,100	0,100	< 0,010
Porcentaje de saturación de Oxígeno	%	78,7	69,5	77,5	78,7	78,2	77,8	75,2	84,8	80,2	79,4
Cloro Residual	mg/L	<0,04	<0,04	0,04	<0,04	0,23	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04

PARAMETRO	U	ID								
		3254	3255	3256	3257	3258	3259	3260	3261	3262
		47	48	4	40	44	26	19	15	11
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	<15	<15	<15	20	18	<15	<15	<15	<15
Solidos Disueltos Totales	mg/L	29,2	70,1	32,3	35	71,2	45,2	30,7	49,2	15,2
Solidos Sedimentables	mL/L h	<0,10	<0,10	<0,10	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10
DQO	mg/L	< 1	5	< 1	61	15	< 1	< 1	< 1	< 1
DBO (5,20)	mg/L	< 2	3	< 2	44	11	< 2	< 2	< 2	< 2
Grasas y Aceites	mg/L	12	10	10	6	6	< 1	< 1	< 1	< 1
Arsenico	mg/L			< 0,00011	< 0,00011	< 0,00011	< 0,00011		< 0,00011	< 0,00011
Cadmio	mg/L			< 0,00011	< 0,00011	< 0,00011	< 0,00011		< 0,00011	< 0,00011
Cromo	mg/L			< 0,00011	< 0,00011	< 0,00011	< 0,00011		< 0,00011	< 0,00011
Cobre	mg/L			0,080	0,100	0,090	0,085		0,080	0,090
Mercurio	mg/L			< 0,00011	< 0,00011	< 0,00011	< 0,00011		< 0,00011	< 0,00011
Niquel	mg/L	0,00110	0,00011	0,00100	0,00019	< 0,00011	0,00020	< 0,00011	0,00100	0,00110
Plomo	mg/L			< 0,00011	< 0,00011	< 0,00011	< 0,00011		< 0,00011	< 0,00011
Selenio	mg/L			< 0,00011	< 0,00011	< 0,00011	< 0,00011		< 0,00011	< 0,00011
Zinc	mg/L			< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011		< 0,011	< 0,011
Aluminio	mg/L			0,030	0,025	0,033	0,040		0,050	0,025
Boro	mg/L	< 0,011	0,440	0,680	< 0,011	0,150	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011
Magnesio	mg/L	< 0,011	1,554	< 0,011	1,450	< 0,011	1,400	1,550	1,425	1,260
Cianuro	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005

PARAMETRO	U	ID								
		3254	3255	3256	3257	3258	3259	3260	3261	3262
		47	48	4	40	44	26	19	15	11
Sulfuro	mg/L	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007
SAAM	mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Fenol	mg/L	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011	< 0,011
Hidrocarburos Totales	mg/L	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Nitrogeno Amoniacal	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cloruros	mg/L	10,250	9,500	12,450	12,000	11,250	12,500	11,000	14,500	12,500
Fluor	mg/L	0,060	0,060	< 0,010	0,010	0,040	0,010	< 0,010	0,010	0,010
Porcentaje de saturación de Oxígeno	%	80,1	88,7	88	73,2	75,3	79,3	79,2	84	78,1
Cloro Residual	mg/L	<0,04	0,18	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04

**Simbología:**

	Analisis realizado
	Analisis no realizado

**Anexo 7.10.** Resultado general de Clasificación de Usos del agua según resultados de análisis Físicoquímicos (Clasificación inicial y complementario) para los cuerpos de agua (ecosistema acuático) del PVAAM. 2017.

PARAMETRO	U	ID									
		3224	3225	3226	3227	3228	3229	3230	3231	3232	3233
		1	39	38	37	2	3	8	9	10	16
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	Clase 1									
Solidos Disueltos Totales	mg/L	Clase 1									
Solidos Sedimentables	mL/L h	N.A.									
DQO	mg/L	Clase 1									
DBO (5,20)	mg/L	N.A.									
Grasas y Aceites	mg/L	Clase 1									
Arsenico	mg/L	Clase 1	Clase 1			Clase 1		Clase 1	Clase 1		Clase 1
Cadmio	mg/L	Clase 1	Clase 1			Clase 1		Clase 1	Clase 1		Clase 1
Cromo	mg/L	Clase 1	Clase 1			Clase 1		Clase 1	Clase 1		Clase 1
Cobre	mg/L	Clase 1	Clase 1			Clase 1		Clase 1	Clase 1		Clase 1
Mercurio	mg/L	Clase 1	Clase 1			Clase 1		Clase 1	Clase 1		Clase 1
Niquel	mg/L	Clase 1									
Plomo	mg/L	Clase 1	Clase 1			Clase 1		Clase 1	Clase 1		Clase 1
Selenio	mg/L	Clase 1	Clase 1			Clase 1		Clase 1	Clase 1		Clase 1
Zinc	mg/L	N.A.	N.A.			N.A.		N.A.	N.A.		N.A.
Aluminio	mg/L	N.A.	N.A.			N.A.		N.A.	N.A.		N.A.

PARAMETRO	U	ID									
		3224	3225	3226	3227	3228	3229	3230	3231	3232	3233
		1	39	38	37	2	3	8	9	10	16
Boro	mg/L	Clase 1	Clase 2								
Magnesio	mg/L	Clase 1									
Cianuro	mg/L	Clase 1									
Sulfuro de Hidrogeno	mg/L		N.A.	N.A.	N.A.			N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
SAAM	mg/L	Clase 1									
Fenol	mg/L		N.A.	N.A.	N.A.			N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Hidrocarburos Totales	mg/L	N.A.									
Nitrogeno Amoniacal	mg/L	N.A.									
Cloruruos	mg/L	Clase 1									
Fluor	mg/L	Clase 1									
Porcentaje de saturación de Oxígeno	%	N.A.									
Cloro Residual	mg/L	N.A.									

PARAMETRO	U	ID									
		3234	3235	3236	3237	3238	3239	3240	3241	3242	3243
		17	18	20	21	22	23	24	25	27	28
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	Clase 3	Clase 1	Clase 1	Clase 2	Clase 2	Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 3
Solidos Disueltos Totales	mg/L	Clase 2	Clase 1								
Solidos Sedimentables	mL/L h	N.A.									

PARAMETRO	U	ID									
		3234	3235	3236	3237	3238	3239	3240	3241	3242	3243
		17	18	20	21	22	23	24	25	27	28
DQO	mg/L	Clase 4	Clase 1	Clase 1	Clase 2	Clase 1	Clase 3				
DBO (5,20)	mg/L	N.A.									
Grasas y Aceites	mg/L	Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 5	Clase 1	Clase 5				
Arsenico	mg/L								Clase 1	Clase 1	
Cadmio	mg/L								Clase 1	Clase 1	
Cromo	mg/L								Clase 1	Clase 1	
Cobre	mg/L								Clase 1	Clase 1	
Mercurio	mg/L								Clase 1	Clase 1	
Niquel	mg/L	Clase 1									
Plomo	mg/L								Clase 1	Clase 1	
Selenio	mg/L								Clase 1	Clase 1	
Zinc	mg/L								N.A.	N.A.	
Aluminio	mg/L								N.A.	N.A.	
Boro	mg/L	Clase 1									
Magnesio	mg/L	Clase 1									
Cianuro	mg/L	Clase 1									
Sulfuro	mg/L		N.A.								

PARAMETRO	U	ID									
		3234	3235	3236	3237	3238	3239	3240	3241	3242	3243
		17	18	20	21	22	23	24	25	27	28
SAAM	mg/L	Clase 1									
Fenol	mg/L		N.A.								
Hidrocarburos Totales	mg/L	N.A.									
Nitrogeno Amoniacal	mg/L	N.A.									
Cloruruos	mg/L	Clase 1									
Fluor	mg/L	Clase 1									
Porcentaje de saturación de Oxígeno	%	N.A.									
Cloro Residual	mg/L	N.A.									

PARAMETRO	U	ID									
		3244	3245	3246	3247	3248	3249	3250	3251	3252	3253
		29	30	31	32	33	34	35	36	7	46
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	Clase 2	Clase 1	Clase 3	Clase 1	Clase 3	Clase 1	Clase 1	Clase 3	Clase 1	Clase 1
Solidos Disueltos Totales	mg/L	Clase 1									
Solidos Sedimentables	mL/L h	N.A.									
DQO	mg/L	Clase 1	Clase 1	Clase 3	Clase 1	Clase 3	Clase 1	Clase 1	Clase 5	Clase 4	Clase 1
DBO (5,20)	mg/L	N.A.									
Grasas y Aceites	mg/L	Clase 5	Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 5	Clase 1	Clase 1	Clase 5	Clase 1	Clase 1
Arsenico	mg/L									Clase 1	

PARAMETRO	U	ID									
		3244	3245	3246	3247	3248	3249	3250	3251	3252	3253
		29	30	31	32	33	34	35	36	7	46
Cadmio	mg/L									Clase 1	
Cromo	mg/L									Clase 1	
Cobre	mg/L									Clase 1	
Mercurio	mg/L									Clase 1	
Niquel	mg/L	Clase 1									
Plomo	mg/L									Clase 1	
Selenio	mg/L									Clase 1	
Zinc	mg/L									N.A.	
Aluminio	mg/L									N.A.	
Boro	mg/L	Clase 1									
Magnesio	mg/L	Clase 1									
Cianuro	mg/L	Clase 1									
Sulfuro	mg/L	N.A.									
SAAM	mg/L	Clase 1									
Fenol	mg/L	N.A.									
Hidrocarburos Totales	mg/L	N.A.									
Nitrogeno Amoniacal	mg/L	N.A.									
Cloruruos	mg/L	Clase 1									

PARAMETRO	U	ID									
		3244	3245	3246	3247	3248	3249	3250	3251	3252	3253
		29	30	31	32	33	34	35	36	7	46
Fluor	mg/L	Clase 1									
Porcentaje de saturación de Oxígeno	%	N.A.									
Cloro Residual	mg/L	N.A.									

PARAMETRO	U	ID								
		3254	3255	3256	3257	3258	3259	3260	3261	3262
		47	48	4	40	44	26	19	15	11
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 2	Clase 2	Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 1
Solidos Disueltos Totales	mg/L	Clase 1								
Solidos Sedimentables	mL/L h	N.A.								
DQO	mg/L	Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 4	Clase 1				
DBO (5,20)	mg/L	N.A.								
Grasas y Aceites	mg/L	Clase 1								
Arsenico	mg/L			Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 1		Clase 1	Clase 1
Cadmio	mg/L			Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 1		Clase 1	Clase 1
Cromo	mg/L			Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 1		Clase 1	Clase 1
Cobre	mg/L			Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 1		Clase 1	Clase 1
Mercurio	mg/L			Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 1		Clase 1	Clase 1

PARAMETRO	U	ID								
		3254	3255	3256	3257	3258	3259	3260	3261	3262
		47	48	4	40	44	26	19	15	11
Niquel	mg/L	Clase 1								
Plomo	mg/L			Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 1		Clase 1	Clase 1
Selenio	mg/L			Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 1		Clase 1	Clase 1
Zinc	mg/L			N.A.	N.A.	N.A.	N.A.		N.A.	N.A.
Aluminio	mg/L			N.A.	N.A.	N.A.	N.A.		N.A.	N.A.
Boro	mg/L	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 1					
Magnesio	mg/L	Clase 1								
Cianuro	mg/L	Clase 1								
Sulfuro	mg/L	N.A.								
SAAM	mg/L	Clase 1								
Fenol	mg/L	N.A.								
Hidrocarburos Totales	mg/L	N.A.								
Nitrogeno Amoniacal	mg/L	N.A.								
Cloruros	mg/L	Clase 1								
Fluor	mg/L	Clase 1								
Porcentaje de saturación de Oxígeno	%	N.A.								
Cloro Residual	mg/L	N.A.								

**Anexo 7.11.** Resultados obtenidos del Índice de calidad Biológica BMWP-CR y familias de macroinvertebrados presentes por cuerpo de agua en las época seca y época lluviosa del PVAAM. 2017.

**1. Cuadros de familias de macroinvertebrados presentes en cuerpos de agua durante la EPOCA SECA del año 2017**

**LUGAR:** Río Juco 2 **FECHA:** 8/2/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RJ2 = Río Juco 2**

**RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Gomphidae		7	O	1
Coenagrionidae		4	O	1
Calopterygidae		4	O	5
Ptilodactylidae		7	C	8
Dytiscidae		4	C	3
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	5
Tipulidae		4	D	5
Chironomidae		2	D	3
Simuliidae		4	D	2
Tabanidae		4	D	2
Hydropsychidae		5	T	54
Philopotamidae		7	T	2
Helicopsychidae		5	T	1
Calamoceratidae		8	T	14
Leptoceridae		8	T	7
Lepidostomatidae		9	T	27
Hydrobiosidae		9	T	1
Polycentropodidae		6	T	4
Glossosomatidae		8	T	2
Leptohyphidae		5	E	8
Baetidae		5	E	6
Physidae		3	Mo	1
Turbellaria		5	Tr	3
Hyalellidae		5	Cr	4
Hirudinea		3	A	2
Oligochaeta		1	A	2
<b>TOTAL</b>		<b>146</b>		<b>174</b>

**LUGAR: Quebrada Guatuso-Tejar****FECHA: 14/2/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QG = Quebrada Guatuso****RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Calopterygidae		4	O	2
Curculionidae		4	C	1
Elmidae		5	C	2
Ptilodactylidae		7	C	1
Tipulidae		4	D	13
Chironomidae		2	D	186
Simuliidae		4	D	201
Muscidae		4	D	8
Hydropsychidae		5	T	1
Leptoceridae		8	T	1
Leptohyphidae		5	E	9
Baetidae		5	E	1
Physidae		3	Mo	1
Turbellaria		5	Tr	1
Hyalloleidae		5	Cr	5
Isopoda		5	Cr	1
Hirudinea		3	A	1
Oligochaeta		1	A	2
<b>TOTAL</b>		<b>79</b>		<b>438</b>

**LUGAR: Quebrada Barahona 1****FECHA: 14/2/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QB = Quebrada Barahona****RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Calopterygidae		4	O	1
Chironomidae		2	D	87
Simuliidae		4	D	1
Stratiomyidae		4	D	1
Hydrobiidae		3	Mo	5
Physidae		3	Mo	4

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Blaberidae		8	B	1
Hirudinea		3	A	4
Oligochaeta		1	A	4
<b>TOTAL</b>		<b>32</b>		<b>108</b>

**LUGAR:** Río Navarro

**FECHA:** 8/2/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RN = Río Navarro**

**RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Libellulidae		6	O	6
Psephenidae		7	C	3
Elmidae		5	C	22
Ptilodactylidae		7	C	8
Scirtidae		4	C	1
Staphylinidae		4	C	3
Hydrophilidae		3	C	1
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	12
Tipulidae		4	D	3
Chironomidae		2	D	18
Simuliidae		4	D	130
Empididae		4	D	1
Psychodidae		3	D	1
Hydropsychidae		5	T	7
Calamoceratidae		8	T	2
Leptoceridae		8	T	1
Hydrobiosidae		9	T	15
Polycentropodidae		6	T	1
Glossosomatidae		8	T	5
Leptophlebiidae		8	E	43
Leptohyphidae		5	E	115
Baetidae		5	E	117
Naucoridae		4	H	1
Belostomatidae		4	H	1
Hydrobiidae		3	Mo	1
Turbellaria		5	Tr	1
Corydalidae		6	M	15
<b>TOTAL</b>		<b>146</b>		<b>534</b>

**LUGAR: Quebrada Barahona inicio****FECHA: 14/2/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QIB = Quebrada Inicio Barahona****RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	6
Libellulidae		6	O	7
Calopterygidae		4	O	2
Ptilodactylidae		7	C	2
Staphylinidae		4	C	1
Tipulidae		4	D	19
Chironomidae		2	D	214
Simuliidae		4	D	4
Empididae		4	D	9
Stratiomyidae		4	D	4
Hydropsychidae		5	T	60
Calamoceratidae		8	T	2
Hydrobiosidae		9	T	6
Glossosomatidae		8	T	3
Leptophlebiidae		8	E	5
Leptohephidae		5	E	62
Baetidae		5	E	4
Belostomatidae		4	H	7
Hirudinea		3	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>98</b>		<b>418</b>

**LUGAR: Quebrada Honda****FECHA: 17/2/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QH = Quebrada Honda****RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Libellulidae		6	O	6
Calopterygidae		4	O	18
Tipulidae		4	D	22
Chironomidae		2	D	247
Simuliidae		4	D	964

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Empididae		4	D	2
Stratiomyidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	337
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>	9	T	7
Leptophlebiidae		8	E	9
Leptohyphidae		5	E	51
Baetidae		5	E	4
Elmidae		5	C	1
Ptylodactilidae		7	C	41
Corydalidae		6	M	3
Blaberidae		8	B	1
Pyralidae		5	L	1
Pseudothelphusidae		5	Cr	2
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>97</b>		<b>1718</b>

**LUGAR: Quebrada Mini Central**

**FECHA: 17/2/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QM1 = Quebrada Mini 1**

**RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	2
Libellulidae		6	O	4
Calopterygidae		4	O	1
Ptilodactylidae		7	C	46
Hydrophilidae		3	C	1
Tipulidae		4	D	13
Chironomidae		2	D	42
Simuliidae		4	D	6
Muscidae		4	D	1
Stratiomyidae		4	D	1
Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	5	T	44
Helicopsychidae		5	T	1
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>	9	T	8
Leptophlebiidae		8	E	6
Baetidae		5	E	1
Blaberidae		8	B	3
Turbellaria		5	Tr	1
Pseudothelphusidae		5	Cr	13
Hyalaelidae		5	Cr	2
<b>TOTAL</b>		<b>97</b>		<b>196</b>

**LUGAR:** Quebrada Barahona 2 Tejar**FECHA:** 21/3/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QB2T = Barahona 2 Tejar****RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	4
Libellulidae		6	O	14
Calopterygidae		4	O	5
Ptilodactylidae		7	C	6
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	9
Tipulidae		4	D	3
Chironomidae		2	D	14
Simuliidae		4	D	2
Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	5	T	59
Helicopsychidae		5	T	5
Calamoceratidae	<i>Philloicus sp.</i>	8	T	1
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>	9	T	5
Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp.</i>	6	T	1
Hydroptilidae	<i>Leucotrichia sp.</i>	6	T	1
Leptophlebiidae		8	E	19
Leptohyphidae		5	E	10
Baetidae		5	E	9
Belostomatidae		4	H	5
Physidae		3	Mo	1
Glossiphonidae		3	A	5
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>108</b>		<b>179</b>

**LUGAR: Quebrada Fossiland****FECHA: 17/2/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QF = Quebrada Fossiland****RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		439+	O	1
Calopterygidae		4	O	5
Elmidae		5	C	1
Ptilodactylidae		7	C	6
Lampyridae		4	C	1
Staphylinidae		4	C	4
Tipulidae		4	D	37
Chironomidae		2	D	5
Empididae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	80
Leptophlebiidae		8	E	1
Leptohyphidae		5	E	1
Baetidae		5	E	3
Corydalidae		6	M	1
Isopoda		5	Cr	3
<b>TOTAL</b>		<b>72</b>		<b>150</b>

**LUGAR: Río Purires****FECHA: 21/3/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RP = Río Purire****RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Chironomidae		2	D	205
Sphaeriidae		3	Mo	4
Physidae		3	Mo	100
Hirudinea		3	A	2
Glossiphonidae		3	A	5
Oligochaeta		1	A	3
<b>TOTAL</b>		<b>15</b>		<b>319</b>

**LUGAR: Quebrada Luisa****FECHA: 14/2/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QL = Quebrada Luisa****RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Gomphidae		7	O	1
Coenagrionidae		4	O	14
Libellulidae		6	O	2
Calopterygidae		4	O	7
Elmidae		5	C	1
Ptilodactylidae		7	C	1
Tipulidae		4	D	4
Chironomidae		2	D	138
Simuliidae		4	D	2
Empididae		4	D	1
Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	5	T	26
Helicopsychidae		5	T	5
Calamoceratidae	<i>Philloicus sp.</i>	8	T	31
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>	9	T	14
Glossosomatidae		8	T	1
Leptophlebiidae		8	E	7
Leptohyphidae		5	E	8
Baetidae		5	E	17
Belostomatidae		4	H	13
Corixidae		4	H	1
Hydrobiidae		3	Mo	1
Pyralidae		5	L	3
Glossiphonidae		3	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>119</b>		<b>307</b>

**LUGAR: Quebrada Alajuela****FECHA: 14/2/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QC = Quebrada Coris****RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Chironomidae		2	D	376
Belostomatidae		4	H	2
Hydrobiidae		3	Mo	3
Physidae		3	Mo	23
Sphaeriidae		3	Mo	7
Glossiphoniidae		3	A	31
<b>TOTAL</b>		<b>18</b>		<b>442</b>

**LUGAR: Río Sombrero****FECHA: 8/2/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RS = Río Sombrero****RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Psephenidae		7	C	1
Elmidae		5	C	26
Ptilodactylidae		7	C	24
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	57
Tipulidae		4	D	3
Chironomidae		2	D	33
Simuliidae		4	D	10
Dixidae		4	D	3
Psychodidae		3	D	5
Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	5	T	7
Helicopsychidae		5	T	5
Calamoceratidae	<i>Philloicus sp.</i>	8	T	7
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma sp.</i>	8	T	9
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>	9	T	1
Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp.</i>	6	T	2

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Glossosomatidae		8	T	3
Hydroptilidae	<i>Hidroptila sp. / Metrichia sp.</i>	6	T	2
Leptophlebiidae		8	E	9
Leptohyphidae		5	E	25
Baetidae		5	E	39
Heptageniidae	<i>Epeorus sp.</i>	9	E	1
Turbellaria		5	Tr	1
Pyralidae		5	L	1
Pseudothelphusidae		5	Cr	3
Hyalloelidae		5	Cr	1
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>149</b>		<b>279</b>

**LUGAR:** Quebrada Rojas Vidrio

**FECHA:** 8/2/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QR = Quebrada Rojas**

**RESULTADOS:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	1
Libellulidae		6	O	10
Ptilodactylidae		7	C	28
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	19
Tipulidae		4	D	7
Chironomidae		2	D	24
Simuliidae		4	D	6
Dixidae		4	D	1
Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	5	T	26
Helicopsychidae		5	T	6
Calamoceratidae	<i>Phylloicus sp.</i>	8	T	7
Leptoceridae	<i>Oecetis sp.</i>	8	T	1
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma sp.</i>	9	T	9
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>	9	T	1
Glossosomatidae		8	T	9
Xiphocentronidae		6	T	1
Leptophlebiidae		8	E	14
Leptohyphidae		5	E	2
Baetidae		5	E	10
Belostomatidae		4	H	7

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Turbellaria		5	Tr	1
Pseudothelphusidae		5	Cr	3
Oligochaeta		1	A	5
<b>TOTAL</b>		<b>131</b>		<b>198</b>

**LUGAR:** Quebrada Zunzunegui Rotonda **FECHA:** 7/4/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QZ = Quebrada Zuzunegui**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	1
Elmidae		5	C	1
Lampyridae		4	C	1
Tipulidae		4	D	2
Chironomidae		2	D	10
Simuliidae		4	D	3
Hydropsychidae		5	T	57
Calamoceratidae	<i>Phylloicus sp.</i>	8	T	1
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>	9	T	1
Leptophlebiidae		8	E	23
Leptohyphidae		5	E	3
Pseudothelphusidae		5	Cr	2
Isopoda		5	Cr	2
<b>TOTAL</b>		<b>68</b>		<b>107</b>

**LUGAR:** Quebrada Zunzunegui Puente **FECHA:** 7/4/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QZP = Quebrada Zuzunegui Puente**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Polythoridae		9	O	1
Calopterygidae		4	O	5
Elmidae		5	C	1
Ptilodactylidae		7	C	1
Dytiscidae		4	C	2
Tipulidae		4	D	2
Chironomidae		2	D	19

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Simuliidae		4	D	4
Hydropsychidae		5	T	45
Calamoceratidae	<i>Phylloicus sp.</i>	8	T	3
Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp.</i>	6	T	2
Leptophlebiidae		8	E	14
Turbellaria		5	Tr	2
Blaberidae		8	B	1
Isopoda		5	Cr	1
<b>TOTAL</b>		<b>84</b>		<b>103</b>

**LUGAR:** Quebrada Naranjo Capri

**FECHA:** 20/4/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QNC = Quebrada Naranjo Capri**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	10
Calopterygidae		4	O	7
Tipulidae		4	D	1
Chironomidae		2	D	766
Simuliidae		4	D	3
Muscidae		4	D	9
Stratiomyidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	84
Hydroptilidae		6	T	1
Leptohyphidae		5	E	49
Baetidae		5	E	1
Physidae		3	Mo	114
Thiaridae		3	Mo	1
Sphacridae		3	Mo	3
Hyalloelidae		5	Cr	1
Glossiphonidae		3	A	6
Oligochaeta		1	A	7
<b>TOTAL</b>		<b>67</b>		<b>1064</b>

**LUGAR: Quebrada Portal Salida Túnel Tejar****FECHA: 21/3/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QPSTT = Quebrada Portal Salida Túnel Tejar**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Aeshnidae		8	O	1
Gomphidae		7	O	2
Coenagrionidae		4	O	4
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	1
Chironomidae		2	D	20
Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	5	T	1
Calamoceratidae	<i>Phylloicus sp.</i>	8	T	10
Polycentropodidae	<i>Ploycentropus sp.</i>	6	T	1
Leptophlebiidae		8	E	5
Baetidae		5	E	4
Belostomatidae		4	H	3
Turbellaria		5	Tr	1
Pseudothelphusidae		5	Cr	2
Isopoda		5	Cr	2
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>82</b>		<b>58</b>

**LUGAR: Quebrada Prestinari****FECHA: 23/3/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QPr = Quebrada Prestinari**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Polythoridae		9	O	4
Gomphidae		7	O	1
Calopterygidae		4	O	1
Elmidae		5	C	1
Ptilodactylidae		7	C	8
Staphylinidae		4	C	1
Tipulidae		4	D	13
Chironomidae		2	D	16
Simuliidae		4	D	19
Muscidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	15

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Calamoceratidae	<i>Phylloicus sp.</i>	8	T	2
Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma sp.</i>	9	T	1
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>	9	T	1
Leptophlebiidae		8	E	1
Baetidae		5	E	3
Turbellaria		5	Tr	5
Blaberidae		8	B	1
Isopoda		5	Cr	2
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>113</b>		<b>97</b>

**LUGAR:** Quebrada Salitrillo

**FECHA:** 20/4/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QS = Quebrada Salitrillo**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Culicidae		2	D	1
Chironomidae		2	D	339
Psychodidae		3	D	12
Muscidae		4	D	1
Physidae		3	Mo	2
Hyalaelidae		5	Cr	3
Oligochaeta		1	A	2
<b>TOTAL</b>		<b>20</b>		<b>360</b>

**LUGAR:** Río Damas Quinta

**FECHA:** 20/4/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RDV = Río Damas Quinta**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	8
Calopterygidae		4	O	1
Chironomidae		2	D	324
Simuliidae		4	D	1
Ceratopogonidae		4	D	2
Psychodidae		3	D	1

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Muscidae		4	D	10
Stratiomyidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	5
Hydroptilidae		6	T	1
Leptohyphidae		5	E	31
Baetidae		5	E	30
Hydrobiidae		3	Mo	3
Physidae		3	Mo	5
Glossiphonidae		3	A	6
Hirudinea		3	A	11
<b>TOTAL</b>		<b>62</b>		<b>434</b>

**LUGAR:** Quebrada Wilson

**FECHA:** 6/4/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QW = Quebrada Wilson**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Polythoridae		9	O	1
Gomphidae		7	O	1
Calopterygidae		4	O	2
Libellulidae		6	O	2
Elmidae		5	C	8
Ptilodactylidae		7	C	6
Scirtidae		4	C	3
Staphylinidae		4	C	2
Hydrophilidae		3	C	1
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	10
Tipulidae		4	D	17
Chironomidae		2	D	21
Simuliidae		4	D	3
Dixidae		4	D	3
Hydropsychidae		5	T	15
Calamoceratidae		8	T	5
Leptoceridae		8	T	3
Hydrobiosidae		9	T	1
Leptophlebiidae		8	E	6
Leptohyphidae		5	E	2
Baetidae		5	E	18
Turbellaria		5	Tr	1
Blaberidae		8	B	1
Pseudothelphusidae		5	Cr	3
Hyalloleidae		5	Cr	1

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Isopoda		5	Cr	2
<b>TOTAL</b>		<b>148</b>		<b>138</b>

**LUGAR:** Quebrada Thames

**FECHA:** 6/4/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QTh = Quebrada Thames**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Polythoridae		9	O	1
Calopterygidae		4	O	4
Libellulidae		6	O	4
Megapodagrionidae		7	O	2
Elmidae		5	C	2
Ptilodactylidae		7	C	10
Dytiscidae		4	C	1
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> <i>sp.</i>	9	P	16
Tipulidae		4	D	17
Chironomidae		2	D	6
Simuliidae		4	D	9
Dixidae		4	D	4
Dolichopodidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	29
Calamoceratidae		8	T	4
Xiphocentronidae		6	T	1
Leptophlebiidae		8	E	13
Baetidae		5	E	2
Turbellaria		5	Tr	2
Pseudothelphusidae		5	Cr	1
Isopoda		5	Cr	2
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>117</b>		<b>132</b>

**LUGAR: Quebrada Guayabal-Tejar****FECHA: 23/3/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QG = Quebrada Guayabal**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	1
Calopterygidae		4	O	3
Chironomidae		2	D	29
Baetidae		5	E	31
Physidae		3	Mo	136
Hirudinea		3	A	9
Glossiphonidae		3	A	3
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>25</b>		<b>213</b>

**LUGAR: Quebrada Cucaracha****FECHA: 21/3/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QC = Quebrada Cucaracha**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Chironomidae		2	D	570
Simuliidae		4	D	2
Baetidae		5	E	7
Hydrobiidae		3	Mo	85
Hirudinea		3	A	8
Glossiphonidae		3	A	12
<b>TOTAL</b>		<b>20</b>		<b>684</b>

**LUGAR: Río Damas Bomberos****FECHA: 20/4/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RDB = Río Damas Bomberos**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	10

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Chironomidae		2	D	119
Hydropsychidae		5	T	2
Hydrobiidae		3	Mo	8
Hirudinea		3	A	6
Glossiphonidae		3	A	29
<b>TOTAL</b>		<b>20</b>		<b>174</b>

**LUGAR:** Río Macho

**FECHA:** 7/4/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RM = Río Macho**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	1
Libellulidae		6	O	1
Psephenidae		7	C	2
Elmidae		5	C	20
Staphylinidae		4	C	1
Hydrophilidae		3	C	2
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> <i>sp.</i>	9	P	13
Tipulidae		4	D	16
Chironomidae		2	D	3
Simuliidae		4	D	2
Dixidae		4	D	1
Stratiomyidae		4	D	1
Empididae		4	D	2
Hydrobiosidae		9	T	1
Polycentropodidae		6	T	4
Leptophlebiidae		8	E	6
Leptohyphidae		5	E	9
Baetidae		5	E	82
Naucoridae		4	H	6
Coridaxidae		4	H	1
Physidae		3	Mo	1
Planorbidae		3	Mo	1
Turbellaria		5	Tr	4
Corydalidae		6	M	2
Oligochaeta		1	A	28
<b>TOTAL</b>		<b>119</b>		<b>210</b>

**LUGAR: Río Tiribí****FECHA: 21/4/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RTi = Río Tiribí**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Tipulidae		4	D	1
Chironomidae		2	D	499
Hydropsychidae		5	T	14
Hydrobiidae		3	Mo	10
Hirudinea		3	A	10
Glossiphonidae		3	A	77
Oligochaeta		1	A	12
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>		<b>623</b>

**LUGAR: Quebrada CEMEX****FECHA: 20/4/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RTC = Río Terminal CEMEX**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	15
Calopterygidae		4	O	2
Tipulidae		4	D	2
Chironomidae		2	D	346
Simuliidae		4	D	30
Empididae		4	D	5
Hydropsychidae		5	T	134
Hydroptilidae		6	T	1
Leptohyphidae		5	E	30
Baetidae		5	E	2
Hydrobiidae		3	Mo	129
Hirudinea		3	A	9
Glossiphonidae		3	A	53
<b>TOTAL</b>		<b>52</b>		<b>758</b>

**LUGAR: Río Jorco****FECHA: 20/4/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RJo = Río Jorco**

<b>FAMILIAS</b>	<b>GÉNERO</b>	<b>PUNTAJE BMWP</b>	<b>ORDEN</b>	<b>TOTAL INDIVIDUOS</b>
Coenagrionidae		4	O	2
Tipulidae		4	D	2
Chironomidae		2	D	287
Hydropsychidae		5	T	1
Physidae		3	Mo	135
Hirudinea		3	A	8
Glossiphonidae		3	A	11
Oligochaeta		1	A	2
<b>TOTAL</b>		<b>25</b>		<b>448</b>

**2. Cuadros de familias de macroinvertebrados presentes en cuerpos de agua durante la EPOCA LLUVIOSA del año 2017.**

**LUGAR:** Quebrada Naranjos-La Capri **FECHA:** 4/8/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QN-C: Quebrada Naranjo – Capri**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	4
Elmidae		5	C	1
Ptilodactylidae		7	C	2
Chironomidae		2	D	41
Stratiomydae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	15
Leptohyphidae		5	E	11
Baetidae		5	E	16
Physidae		3	Mo	3
Hirudinea		3	A	4
Calopterygidae		4	O	6
Belostomatidae		4	H	1
Simuliidae		4	D	2
<b>TOTAL</b>		<b>55</b>		<b>107</b>

**LUGAR:** Quebrada Damas quinta **FECHA:** 3/8/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QDq: Quebrada Damas Quinta**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	10
Chironomidae		2	D	34
Simuliidae		4	D	1
Muscidae		4	D	2
Hydropsychidae		5	T	34
Leptohyphidae		5	E	2
Baetidae		5	E	2

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Physidae		3	Mo	1
Hirudinea		3	A	3
Oligochaeta		1	A	2
<b>TOTAL</b>		<b>36</b>		<b>92</b>

**LUGAR: Quebrada Cucaracha-Tejar** **FECHA: 7/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QC: Quebrada Cucaracha**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Chironomidae		2	D	13
Simuliidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	3
Baetidae		5	E	12
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>17</b>		<b>30</b>

**LUGAR: Río Jorco** **FECHA: 4/8/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RJ: Río Jorco**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	3
Chironomidae		2	D	72
Hydropsychidae		5	T	3
Leptohyphidae		5	E	2
Baetidae		5	E	3
Physidae		3	Mo	1
Turbellaria		5	Tr	1
Hirudinea		3	A	2
<b>TOTAL</b>		<b>32</b>		<b>87</b>

**LUGAR: Río Damas Bomberos****FECHA: 3/8/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RDB: Río Damas Bomberos****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	1
Chironomidae		2	D	34
Simuliidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	40
Leptohyphidae		5	E	1
Baetidae		5	E	3
Physidae		3	Mo	3
Hirudinea		3	A	4
<b>TOTAL</b>		<b>31</b>		<b>87</b>

**LUGAR: Río Quebrada Honda****FECHA: 20/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RQH: Quebrada Honda****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	1
Calopterygidae		4	O	3
Libellulidae		6	O	2
Ptilodactylidae		7	C	3
Tipulidae		4	D	1
Chironomidae		2	D	3
Simuliidae		4	D	8
Hydropsychidae		5	T	25
Helicopsychidae		5	T	1
Hydrobiosidae		9	T	7
Leptophlebiidae		8	E	8
Leptohyphidae		5	E	4
Baetidae		5	E	10
Turbellaria		5	Tr	2
Corydalidae		6	M	1
Oligochaeta		1	A	4

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
<b>TOTAL</b>		<b>80</b>		<b>83</b>

**LUGAR:** Quebrada Salitrillo **FECHA:** 1/8/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QS: Quebrada Salitrillo**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	2
Chironomidae		2	D	68
Hydropsychidae		5	T	4
Physidae		3	Mo	2
Glossiphonidae		3	A	1
Oligochaeta		1	A	7
Ptilodactylidae		7	C	1
<b>TOTAL</b>		<b>25</b>		<b>85</b>

**LUGAR:** Río Purires **FECHA:** 20/7/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RP: Río Purires**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Chironomidae		2	D	178
Simuliidae		4	D	16
Hydropsychidae		5	T	2
Baetidae		5	E	28
Hydrobiidae		3	Mo	1
Physidae		3	Mo	3
Hirudinea		3	A	2
Oligochaeta		1	A	4
Sphaeriidae		3	Mo	1
<b>TOTAL</b>		<b>29</b>		<b>235</b>

**LUGAR: Quebrada Barahona 1****FECHA: 12/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QB: Quebrada Barahona****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Libellulidae		6	O	3
Elmidae		5	C	1
Ptilodactylidae		7	C	2
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	4
Chironomidae		2	D	8
Simuliidae		4	D	24
Hydropsychidae		5	T	35
Helicopsychidae		5	T	1
Calamoceratidae		8	T	1
Polycentropodidae		6	T	1
Leptophlebiidae		8	E	3
Baetidae		5	E	41
Turbellaria		5	Tr	1
Pyralidae		5	L	10
Hyalellidae		5	Cr	1
Leptohyphidae		5	E	24
<b>TOTAL</b>		<b>90</b>		<b>160</b>

**LUGAR: Río Tiribi****FECHA: 4/8/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RT: Río Tiribi****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	1
Dytiscidae		4	C	1
Chironomidae		2	D	313
Simuliidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	1
Physidae		3	Mo	2
Hirudinea		3	A	2

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>26</b>		<b>322</b>

**LUGAR:** Quebrada Guayabal-Tejar **FECHA:** 7/7/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QG: Quebrada Guayabal**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Hydrophilidae		3	C	30
Chironomidae		2	D	59
Simuliidae		4	D	22
Psychodidae		3	D	2
Muscidae		4	D	2
Hydropsychidae		5	T	1
Baetidae		5	E	4
Belostomatidae		4	H	1
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>		<b>91</b>

**LUGAR:** Quebrada Mini Central **FECHA:** 20/7/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**Q.Mi: Quebrada Mini Central**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Calopterygidae		4	O	1
Ptilodactylidae		7	C	22
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	2
Tipulidae		4	D	4
Simuliidae		4	D	2
Chironomidae		2	D	2
Hydropsychidae		5	T	18
Hydrobiosidae		9	T	1
Leptophlebiidae		8	E	2
Pyralidae		5	L	1

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Pseidothelphusidae		5	Cr	1
<b>TOTAL</b>		<b>62</b>		<b>56</b>

**LUGAR:** Quebrada Enrique Planta Potabilizadora **FECHA:** 13/7/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**Q.E. PP: Quebrada Enrique PP**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Libellulidae		6	O	1
Platystictidae		7	O	1
Ptilodactylidae		7	C	12
Tipulidae		4	D	9
Chironomidae		2	D	5
Simuliidae		4	D	8
Stratiomyidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	2
Hydrobiosidae		9	T	1
Leptophlebiidae		8	E	2
Baetidae		5	E	5
Turbellaria		5	Tr	3
Blaberidae		8	B	1
Hyallemidae		5	Cr	1
Oligochaeta		1	A	8
<b>TOTAL</b>		<b>80</b>		<b>60</b>

**LUGAR:** Quebrada Calle Sanchez 2 **FECHA:** 28/6/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QCS2: Calle Sánchez 2**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	7
Calopterygidae		4	O	2
Libellulidae		6	O	1
Ptilodactylidae		7	C	4

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Lampyridae		4	C	1
Hydrophilidae		3	C	1
Chironomidae		2	D	32
Simuliidae		4	D	23
Tipulidae		4	D	2
Psychodidae		3	D	1
Hydropsychidae		5	T	24
Philopotamidae		7	T	1
Baetidae		5	E	1
Oligochaeta		1	A	7
Belostomatidae		4	H	1
Physidae		3	Mo	1
<b>TOTAL</b>		<b>63</b>		<b>109</b>

**LUGAR:** Quebrada Camino Túnel Lajas 2 **FECHA:** 19/7/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QTL2: Quebrada Túnel Lajas 2**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	15
Ptilodactylidae		7	C	4
Lampyridae		4	C	1
Chironomidae		2	D	24
Simuliidae		4	D	2
Hydropsychidae		5	T	6
Calamoceratidae		8	T	1
Leptoceridae		8	T	1
Leptophlebiidae		8	E	1
Belostomatidae		4	H	7
Hyalellidae		5	Cr	3
Isopoda		5	Cr	1
Sphaeriidae		3	Mo	2
<b>TOTAL</b>		<b>67</b>		<b>68</b>

**LUGAR: Quebrada Carbonera****FECHA: 21/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QCar: Quebrada Carbonera****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Calopterygidae		4	O	2
Elmidae		5	C	1
Ptilodactylidae		7	C	10
Staphylinidae		4	C	1
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	8
Tipulidae		4	D	4
Simuliidae		4	D	2
Dixidae		4	D	2
Hydropsychidae		5	T	30
Calamoceratidae		8	T	15
Leptoceridae		8	T	1
Hydrobiosidae		9	T	2
Glossosomatidae		8	T	6
Xiphocentronidae		6	T	1
Leptophlebiidae		8	E	6
Baetidae		5	E	6
Belostomatidae		4	H	3
Turbellaria		5	Tr	3
Isopoda		5	Cr	6
<b>TOTAL</b>		<b>112</b>		<b>109</b>

**LUGAR: Quebrada Zunzunegui Puente****FECHA: 4/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco

**QZP: Quebrada Zuzunegui Puente****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Polythoridae		9	O	2
Coenagrionidae		4	O	1
Calopterygidae		4	O	2
Elmidae		5	C	5
Ptilodactylidae		7	C	12

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	3
Tipulidae		4	D	10
Chironomidae		2	D	4
Hydropsychidae		5	T	54
Calamoceratidae		8	T	11
Leptophlebiidae		8	E	7
Corydalidae		6	M	1
Blaberidae		8	B	1
Pseudothelphusidae		5	Cr	2
Isopoda		5	Cr	15
<b>TOTAL</b>		<b>89</b>		<b>130</b>

**LUGAR:** Quebrada Rojas Vidrio

**FECHA:** 29/6/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QRV = Quebrada Rojas-Vidrio**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Polythoridae		9	O	1
Coenagrionidae		4	O	1
Calopterygidae		4	O	1
Libellulidae		6	O	18
Elmidae		5	C	38
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	20
Tipulidae		4	D	2
Chironomidae		2	D	1
Simulidae		4	D	11
Psychodidae		3	D	1
Hydropsychidae		5	T	33
Helicopsychidae		5	T	1
Calamoceratidae		8	T	1
Hydrobiosidae		9	T	2
Polycentropodidae		6	T	1
Glossosomatidae		8	T	2
Leptophlebiidae		8	E	6
Leptohyphidae		5	E	3
Baetidae		5	E	27
Belostomatidae		4	H	2
Turbellaria		5	Tr	2
Hyallemidae		5	Cr	2

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Oligochaeta		1	A	2
Ptilodactylidae		7	C	14
Palaemonidae		5	Cr	3
<b>TOTAL</b>		<b>136</b>		<b>195</b>

**LUGAR:** Río Sombrero **FECHA:** 4/7/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco

**RS = Río Sombrero**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Libellulidae		6	O	4
Psephenidae		7	C	8
Elmidae		5	C	28
Ptilodactylidae		7	C	8
Lampyridae		4	C	1
Hydrophilidae		3	C	3
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	28
Tipulidae		4	D	9
Chironomidae		2	D	1
Simuliidae		4	D	3
Psychodidae		3	D	7
Hydropsychidae		5	T	7
Helicopsychidae		5	T	6
Calamoceratidae		8	T	2
Lepidostomatidae		9	T	2
Hydrobiosidae		9	T	3
Polycentropodidae		6	T	2
Glossosomatidae		8	T	7
Hydroptilidae		6	T	1
Xiphocentronidae		6	T	1
Leptophlebiidae		8	E	31
Leptohyphidae		5	E	7
Baetidae		5	E	18
Heptageniidae		9	E	4
Naucoridae		4	H	1
Corydalidae		6	M	2
Blaberidae		8	B	1
Hyallemidae		5	Cr	1
Oligochaeta		1	A	2
<b>TOTAL</b>		<b>167</b>		<b>198</b>

**LUGAR: Quebrada Calle Sanchez 1****FECHA: 28/6/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco

**QS1= Quebrada Calle Sánchez 1****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Psephenidae		7	C	1
Elmidae		5	C	3
Ptilodactylidae		7	C	5
Simulidae		4	D	10
Dixidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	3
Calamoceratidae		8	T	2
Leptoceridae		8	T	1
Leptophlebiidae		8	E	5
Leptohyphidae		5	E	20
Baetidae		5	E	4
Belostomatidae		4	H	2
Turbellaria		5	Tr	4
Corydalidae		6	M	2
Helicopsychidae		5	T	3
Hydrobiosidae		9	T	3
Pyralidae		5	L	2
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>		<b>73</b>

**LUGAR: Quebrada Finado -Coris****FECHA: 19/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco

**QF: Quebrada Finado****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Gomphidae		7	O	16
Coenagrionidae		4	O	1
Calopterygidae		4	O	1
Libellulidae		6	O	5
Ptilodactylidae		7	C	9
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	9
Tipulidae		4	D	4

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Chironomidae		2	D	2
Hydropsychidae		5	T	22
Philopotamidae		7	T	1
Calamoceratidae		8	T	6
Polycentropodidae		6	T	1
Leptophlebiidae		8	E	2
Baetidae		5	E	3
Belostomatidae		4	H	2
Planorbidae		3	Mo	1
Turbellaria		5	Tr	1
Pseudothelphusidae		5	Cr	5
Isopoda		5	Cr	1
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>105</b>		<b>94</b>

**LUGAR:** Quebrada Río Perlas 1

**FECHA:** 21/7/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco

**RP:** Río Perlas 1

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Polythoridae		9	O	1
Calopterygidae		4	O	2
Elmidae		5	C	2
Ptilodactylidae		7	C	21
Staphylinidae		4	C	2
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	32
Tipulidae		4	D	9
Chironomidae		2	D	1
Simuliidae		4	D	14
Hydropsychidae		5	T	18
Calamoceratidae		8	T	9
Lepidostomatidae		9	T	49
Leptophlebiidae		8	E	13
Turbellaria		5	Tr	2
Pseudothelphusidae		5	Cr	1
Hyallelidae		5	Cr	17
Isopoda		5	Cr	8
<b>TOTAL</b>		<b>98</b>		<b>201</b>

**LUGAR: Quebrada Portal Salida Túnel Tejar****FECHA: 5/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco

**QPSTT: Portal Salida Túnel Tejar****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	10
Ptilodactylidae		7	C	11
Scirtidae		4	C	1
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> <i>sp.</i>	9	P	16
Tipulidae		4	D	18
Chironomidae		2	D	23
Dixidae		4	D	4
Muscidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	7
Calamoceratidae		8	T	14
Leptophlebiidae		8	E	11
Baetidae		5	E	1
Belostomatidae		4	H	1
Turbellaria		5	Tr	1
Blaberidae		8	B	2
Pseudothelphusidae		5	Cr	9
Hyalellidae		5	Cr	3
Isopoda		5	Cr	1
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>97</b>		<b>135</b>

**LUGAR: Q. Alajuela****FECHA: 7/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco

**RA: Río Alajuela****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	2
Chironomidae		2	D	61
Simuliidae		4	D	4
Baetidae		5	E	5
Belostomatidae		4	H	6

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Hirudinea		3	A	1
Glossiphonidae		3	A	6
Curculionidae		4	C	1
Physidae		3	Mo	5
Sphaeridae		3	Mo	5
<b>TOTAL</b>		<b>35</b>		<b>96</b>

**LUGAR: Quebrada Guatuso -Tejar** **FECHA: 5/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco

**QG: Quebrada Guatuso**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	1
Oligochaeta		1	A	30
Hirudinea		3	A	4
Hyalaelidae		5	Cr	2
Hydropsychidae		5	T	1
Chironomidae		2	D	1
<b>TOTAL</b>		<b>20</b>		<b>39</b>

**LUGAR: Quebrada Fossiland** **FECHA: 20/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QF = Quebrada Fossiland**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Tipulidae		4	D	4
Chironomidae		2	D	4
Simuliidae		4	D	44
Muscidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	38
Hydrobiosidae		9	T	1
Leptohyphidae		5	E	2
Baetidae		5	E	2
Blaberidae		8	B	1

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Pseudothelphusidae		5	Cr	1
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>52</b>		<b>99</b>

**LUGAR: Río Macho**

**FECHA: 29/6/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RM = Río Macho**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	1
Libellulidae		6	O	3
Elmidae		5	C	23
Hydrophilidae		3	C	4
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	11
Tipulidae		4	D	3
Chironomidae		2	D	21
Simuliidae		4	D	1
Empididae		4	D	1
Blephariceridae		9	D	1
Athericidae		9	D	5
Hydropsychidae		5	T	2
Philopotamidae		7	T	4
Calamoceratidae		8	T	1
Polycentropodidae		6	T	14
Leptophlebiidae		8	E	11
Leptohyphidae		5	E	85
Baetidae		5	E	52
Belostomatidae		4	H	1
Turbellaria		5	Tr	5
Corydalidae		6	M	7
Isopoda		5	Cr	1
Oligochaeta		1	A	25
<b>TOTAL</b>		<b>124</b>		<b>282</b>

**LUGAR: Quebrada Mesas –Tubería Descarga****FECHA: 13/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QM: Quebrada Mesas****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Libellulidae		6	O	2
Platystictidae		7	O	1
Ptilodactylidae		7	C	15
Tipulidae		4	D	3
Chironomidae		2	D	3
Simuliidae		4	D	4
Hydropsychidae		5	T	7
Philopotamidae		7	T	2
Calamoceratidae		8	T	1
Ecnomidae		9	T	4
Hydrobiosidae		9	T	2
Polycentropodidae		6	T	1
Leptophlebiidae		8	E	4
Baetidae		5	E	2
Belostomatidae		4	H	2
Turbellaria		5	Tr	1
Pseudothelphusidae		5	Cr	1
Hyalellidae		5	Cr	2
Isopoda		5	Cr	3
Oligochaeta		1	A	2
<b>TOTAL</b>		<b>112</b>		<b>62</b>

**LUGAR: Quebrada Zunzunegui Rotonda****FECHA: 4/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QZR = Quebrada Zuzunegui Rotonda****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Elmidae		5	C	1
Ptilodactylidae		7	C	3
Tipulidae		4	D	2
Chironomidae		2	D	1

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Simuliidae		4	D	9
Hydropsychidae		5	T	32
Calamoceratidae		8	T	4
Leptophlebiidae		8	E	6
Leptohyphidae		5	E	1
Pseudothelphusidae		5	Cr	2
Isopoda		5	Cr	6
<b>TOTAL</b>		<b>58</b>		<b>67</b>

**LUGAR: Quebrada Portal Salida Túnel El Llano** **FECHA: 4/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QPSTELL: Quebrada Zuzunegui Portal salida túnel El Llano**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Scirtidae		4	C	13
Hydrophilidae		3	C	1
Tipulidae		4	D	3
Chironomidae		2	D	1
Simuliidae		4	D	1
Dixidae		4	D	1
Calamoceratidae		8	T	11
Lepidostomatidae		9	T	123
Turbellaria		5	Tr	7
Isopoda		5	Cr	11
Sphaeridae		3	Mo	1
<b>TOTAL</b>		<b>51</b>		<b>173</b>

**LUGAR: Quebrada Prestinari** **FECHA: 6/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QPr = Quebrada Prestinari**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Calopterygidae		4	O	1
Libellulidae		6	O	1

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Elmidae		5	C	7
Ptilodactylidae		7	C	7
Scirtidae		4	C	1
Staphylinidae		4	C	1
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	1
Tipulidae		4	D	9
Chironomidae		2	D	3
Simuliidae		4	D	6
Hydropsychidae		5	T	6
Calamoceratidae		8	T	2
Leptophlebiidae		8	E	4
Turbellaria		5	Tr	2
Blaberidae		8	B	1
Pseudothelphusidae		5	Cr	1
Hyalaelidae		5	Cr	7
Isopoda		5	Cr	2
<b>TOTAL</b>		<b>98</b>		<b>62</b>

**LUGAR:** Río Naranjo 1

**FECHA:** 21/7/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RN1: Río Naranjo 1**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Elmidae		5	C	5
Ptilodactylidae		7	C	1
Scirtidae		4	C	1
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	11
Tipulidae		4	D	4
Chironomidae		2	D	2
Simuliidae		4	D	4
Hydropsychidae		5	T	6
Hydrobiosidae		9	T	2
Leptophlebiidae		8	E	9
Baetidae		5	E	14
<b>TOTAL</b>		<b>62</b>		<b>59</b>

**LUGAR: Quebrada Rio Perlas 2****FECHA: 21/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**Rp2: Rio Perlas 2****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Calopterygidae		4	O	1
Elmidae		5	C	4
Ptilodactylidae		7	C	4
Tipulidae		4	D	5
Chironomidae		2	D	9
Simuliidae		4	D	14
Hydropsychidae		5	T	3
Philopotamidae		7	T	4
Helicopsychidae		5	T	2
Calamoceratidae		8	T	1
Leptoceridae		8	T	3
Glossosomatidae		8	T	1
Leptohiphidae		5	E	18
Baetidae		5	E	1
Physidae		3	Mo	3
Hyalellidae		5	Cr	2
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>86</b>		<b>72</b>

**LUGAR: Quebrada Portal Entrada Túnel Tejar****FECHA: 3/8/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QEPTT: Quebrada Entrada Portal Túnel Tejar****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Gomphidae		7	O	3
Coenagrionidae		4	O	5
Calopterygidae		4	O	3
Ptilodactylidae		7	C	3
Staphylinidae		4	C	1
Tipulidae		4	D	4
Chironomidae		2	D	1
Simuliidae		4	D	3

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Hydropsychidae		5	T	4
Calamoceratidae		8	T	16
Leptoceridae		8	T	1
Leptophlebiidae		8	E	1
Pseudothelphusidae		5	Cr	2
Hyallemidae		5	Cr	1
Isopoda		5	Cr	1
<b>TOTAL</b>		<b>80</b>		<b>49</b>

**LUGAR:** Quebrada Juco 2

**FECHA:** 29/6/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RQ2 = Q. Juco 2**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Gomphidae		7	O	1
Calopterygidae		4	O	1
Libellulidae		6	O	3
Elmidae		5	C	1
Ptilodactylidae		7	C	5
Staphylinidae		4	C	2
Hydrophilidae		3	C	2
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	4
Tipulidae		4	D	3
Chironomidae		2	D	15
Simuliidae		4	D	3
Hydropsychidae		5	T	12
Helicopsychidae		5	T	4
Calamoceratidae		8	T	2
Leptoceridae		8	T	1
Polycentropodidae		6	T	1
Hydroptilidae		6	T	1
Leptohiphidae		5	E	3
Baetidae		5	E	10
Naucoridae		4	H	1
Corydalidae		6	M	1
Pyralidae		5	L	1
Hyallemidae		5	Cr	1
Sphaeridae		3	Mo	2
<b>TOTAL</b>		<b>126</b>		<b>80</b>

**LUGAR: Quebrada Thames****FECHA: 6/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QTh = Quebrada Thames****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Polythoridae		9	O	2
Libellulidae		6	O	1
Elmidae		5	C	3
Ptilodactylidae		7	C	6
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> <i>sp.</i>	9	P	11
Tipulidae		4	D	12
Simuliidae		4	D	9
Muscidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	10
Calamoceratidae		8	T	4
Glossosomatidae		8	T	1
Leptophlebiidae		8	E	1
Baetidae		5	E	5
Hyalellidae		5	Cr	4
Isopoda		5	Cr	3
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>93</b>		<b>74</b>

**LUGAR: Quebrada Camino Túnel Lajas 1****FECHA: 19/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QTL 1: Quebrada Túnel Lajas 1****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Staphylinidae		4	C	1
Dytiscidae		4	C	1
Chironomidae		2	D	5
Simuliidae		4	D	10
Muscidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	6
Turbellaria		5	Tr	2

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Hyalloleidae		5	Cr	1
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>34</b>		<b>28</b>

**LUGAR:** Quebrada Barahona 2 Tejar

**FECHA:** 5/7/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QB2T:** Quebrada Barahona 2 Tejar

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Ptilodactylidae		7	C	1
Chironomidae		2	D	24
Simuliidae		4	D	9
Psychodidae		3	D	5
Baetidae		5	E	5
Hyalloleidae		5	Cr	1
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>27</b>		<b>46</b>

**LUGAR:** Rio Grande de Orosi

**FECHA:** 29/6/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RGO:** Rio Grande de Orosi

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Libellulidae		6	O	1
Psephenidae		7	C	1
Elmidae		5	C	7
Ptilodactylidae		7	C	2
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> <i>sp.</i>	9	P	2
Tipulidae		4	D	1
Chironomidae		2	D	34
Simuliidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	1
Philopotamidae		7	T	1

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Glossosomatidae		8	T	6
Leptophlebiidae		8	E	27
Leptohyphidae		5	E	4
Baetidae		5	E	46
Physidae		3	Mo	1
Corydalidae		6	M	2
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>92</b>		<b>138</b>

**LUGAR:** Quebrada Wilson

**FECHA:** 6/7/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QWG:** Quebrada Wilson Gringo

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Polythoridae		9	O	2
Elmidae		5	C	12
Ptilodactylidae		7	C	19
Scirtidae		4	C	10
Hydrophilidae		3	C	1
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	11
Tipulidae		4	D	29
Chironomidae		2	D	9
Simuliidae		4	D	2
Dixidae		4	D	1
Philopotamidae		7	T	1
Calamoceratidae		8	T	7
Ecnomidae		9	T	1
Hydrobiosidae		9	T	2
Leptophlebiidae		8	E	8
Leptohyphidae		5	E	2
Baetidae		5	E	1
Planorbidae		3	Mo	1
Turbellaria		5	Tr	2
Blaberidae		8	B	1
Pyralidae		5	L	1
Hyalloelidae		5	Cr	5
Isopoda		5	Cr	7
Hydropsychidae		5	T	5
<b>TOTAL</b>		<b>138</b>		<b>140</b>

**LUGAR: Quebrada Luisa****FECHA: 12/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QL: Quebrada Luisa****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	4
Calopterygidae		4	O	5
Libellulidae		6	O	3
Elmidae		5	C	1
Ptilodactylidae		7	C	2
Tipulidae		4	D	1
Chironomidae		2	D	19
Simuliidae		4	D	2
Empididae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	36
Helicopsychidae		5	T	1
Hydrobiosidae		9	T	1
Leptophlebiidae		8	E	1
Leptohyphidae		5	E	13
Baetidae		5	E	28
Belostomatidae		4	H	2
Turbellaria		5	Tr	2
Pyralidae		5	L	5
Hirudinea		3	A	2
<b>TOTAL</b>		<b>94</b>		<b>129</b>

**LUGAR: Quebrada Calle Sanchez 3****FECHA: 28/6/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QCS3: Quebrada Calle Sánchez 3****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	1
Calopterygidae		4	O	7
Libellulidae		6	O	5
Megapodagrionidae		7	O	1
Elmidae		5	C	9

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Ptilodactylidae		7	C	16
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> <i>sp.</i>	9	P	1
Tipulidae		4	D	2
Chironomidae		2	D	2
Simuliidae		4	D	13
Dixidae		4	D	1
Ceratopogonidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	17
Calamoceratidae		8	T	1
Hydrobiosidae		9	T	6
Polycentropodidae		6	T	1
Leptophlebiidae		8	E	1
Leptohyphidae		5	E	3
Baetidae		5	E	33
Belostomatidae		4	H	1
Physidae		3	Mo	1
Turbellaria		5	Tr	1
Corydalidae		6	M	1
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>125</b>		<b>127</b>

**LUGAR:** Quebrada Barahona Inicio

**FECHA:** 12/7/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QBI:** Quebrada Barahona Inicio

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Calopterygidae		4	O	1
Tipulidae		4	D	1
Chironomidae		2	D	19
Simuliidae		4	D	58
Stratiomyidae		4	D	1
Hydropsychidae		5	T	4
Leptohyphidae		5	E	17
Baetidae		5	E	33
Oligochaeta		1	A	2
Notonectidae		4	H	1
<b>TOTAL</b>		<b>38</b>		<b>137</b>

**LUGAR: Quebrada CEMEX****FECHA: 1/8/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**QCx: Quebrada Cemex****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Coenagrionidae		4	O	1
Chironomidae		2	D	36
Simulidae		4	D	6
Hydropsychidae		5	T	37
Leptohyphidae		5	E	8
Baetidae		5	E	12
Hyalellidae		5	Cr	1
Oligochaeta		1	A	1
<b>TOTAL</b>		<b>31</b>		<b>102</b>

**LUGAR: Río Navarro****FECHA: 4/7/2017**

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco

**RN: Río Navarro****Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Calopterygidae		4	O	5
Libellulidae		6	O	4
Psephenidae		7	C	1
Elmidae		5	C	5
Ptilodactylidae		7	C	1
Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	9	P	4
Simulidae		4	D	24
Blephariceridae		9	D	1
Hydropsychidae		5	T	1
Leptophlebiidae		8	E	10
Leptohyphidae		5	E	11
Baetidae		5	E	6
Belostomatidae		4	H	1
Corydalidae		6	M	3
Hyalellidae		5	Cr	1
Oligochaeta		1	A	1

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
<b>TOTAL</b>		<b>90</b>		<b>79</b>

**LUGAR:** Río Naranjo 2 **FECHA:** 14/7/2017

**SIMBOLOGIA:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

**RN2: Río Naranjo 2**

**Resultados:**

FAMILIAS	GÉNERO	PUNTAJE BMWP	ORDEN	TOTAL INDIVIDUOS
Psephenidae		7	C	1
Elmidae		5	C	19
Ptilodactylidae		7	C	1
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> <i>sp.</i>	9	P	19
Tipulidae		4	D	1
Chironomidae		2	D	2
Simuliidae		4	D	2
Hydropsychidae		5	T	2
Philopotamidae		7	T	3
Helicopsychidae		5	T	1
Calamoceratidae		8	T	1
Hydrobiosidae		9	T	1
Polycentropodidae		6	T	2
Glossosomatidae		8	T	1
Leptophlebiidae		8	E	56
Leptohyphidae		5	E	4
Baetidae		5	E	122
Turbellaria		5	Mo	1
Corydalidae		6	M	6
Oligochaeta		1	A	2
Isopoda		5	Cr	1
<b>TOTAL</b>		<b>121</b>		<b>248</b>

**Anexo 7.12.** Resultados obtenidos del Índice de calidad Biológica BMWP-CR, total de individuos y familias de macroinvertebrados presentes por cuerpo de agua en las época seca y época lluviosa del PVAAM. 2017.

**1. Figuras de familias de macroinvertebrados presentes en cuerpos de agua durante la EPOCA SECA del año 2017.**

Simbología / Ordenes

	Diptera
	Ephemeroptera
	Plecoptera
	Trichoptera
	Odonata
	Coleoptera
	Megaloptera
	Hemiptera
	Lepidoptera
	Blattodea
	Tricladida
	Crustacea
	Annelida
	Molusco

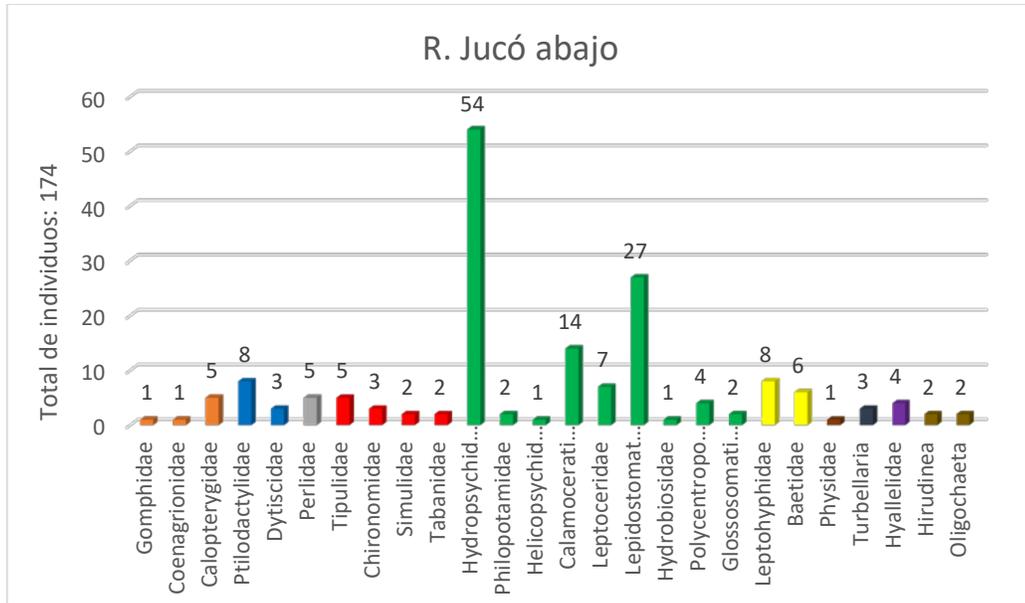


Figura 1. Total de individuos Río Jucó 2, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

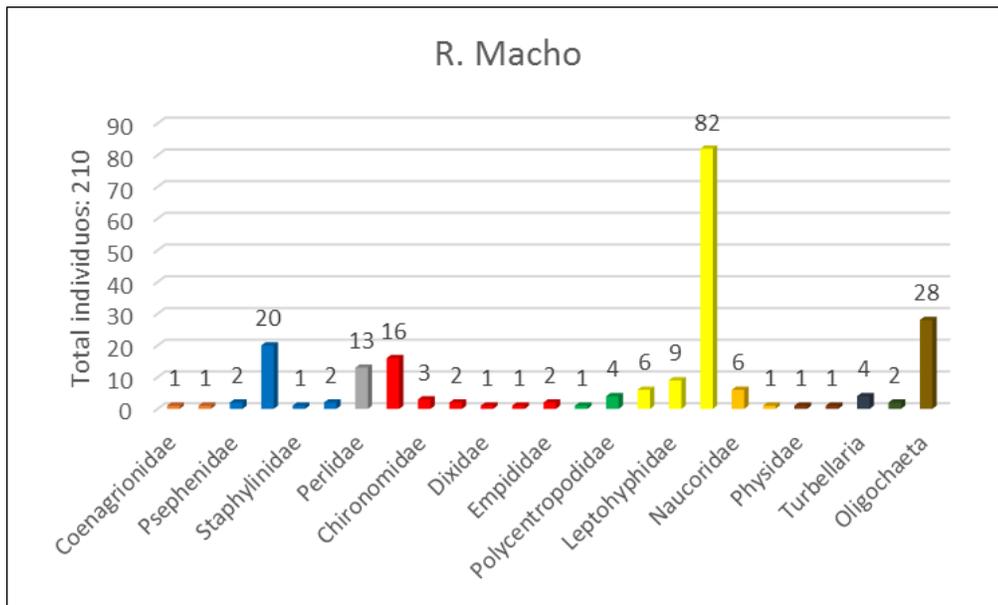


Figura 2. Total de individuos Río Macho, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

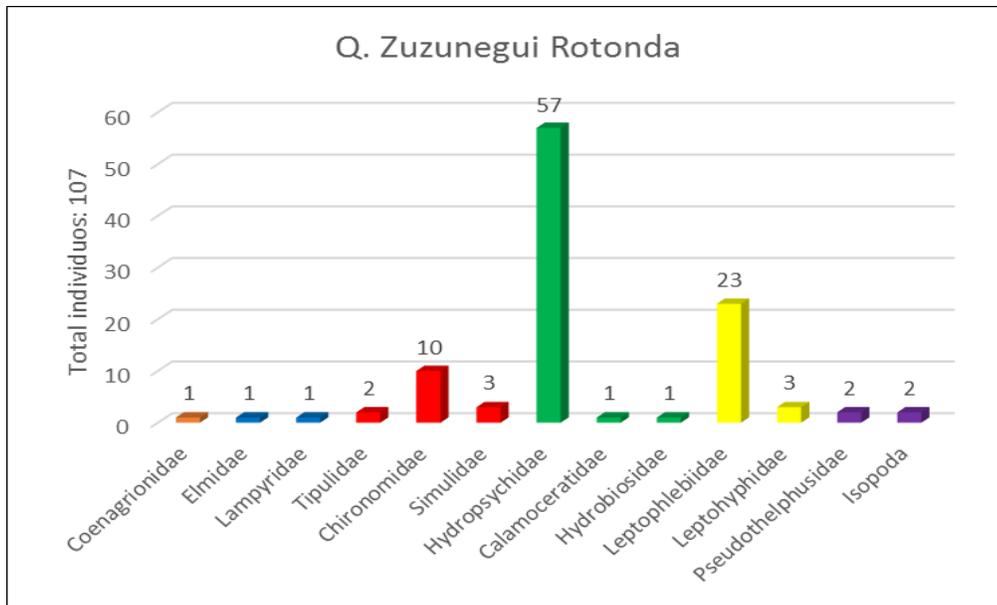


Figura 3. Total, de individuos Quebrada Zuzunegui Rotonda, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

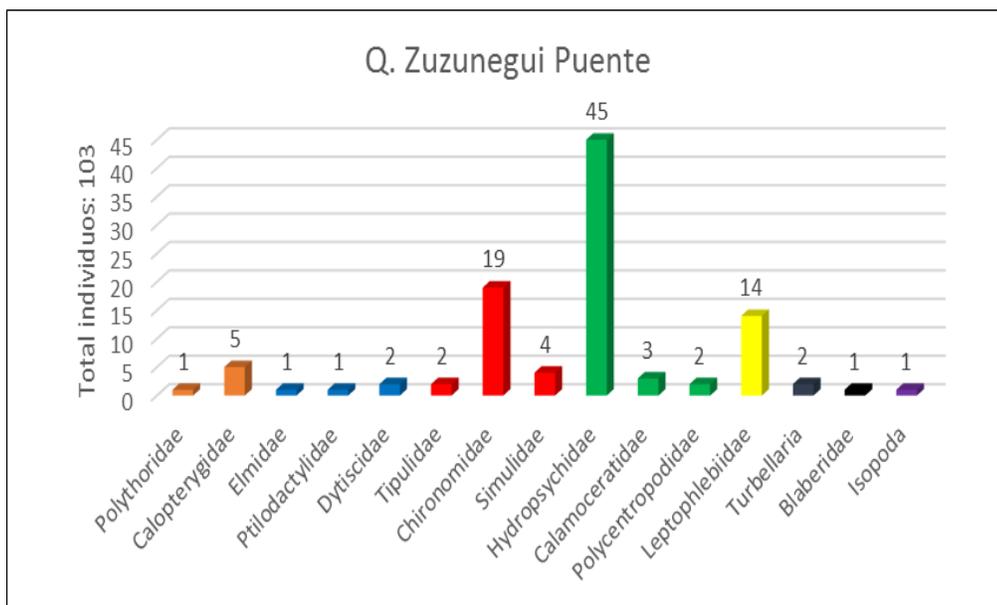


Figura 4. Total de individuos Quebrada Zuzunegui Puente, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

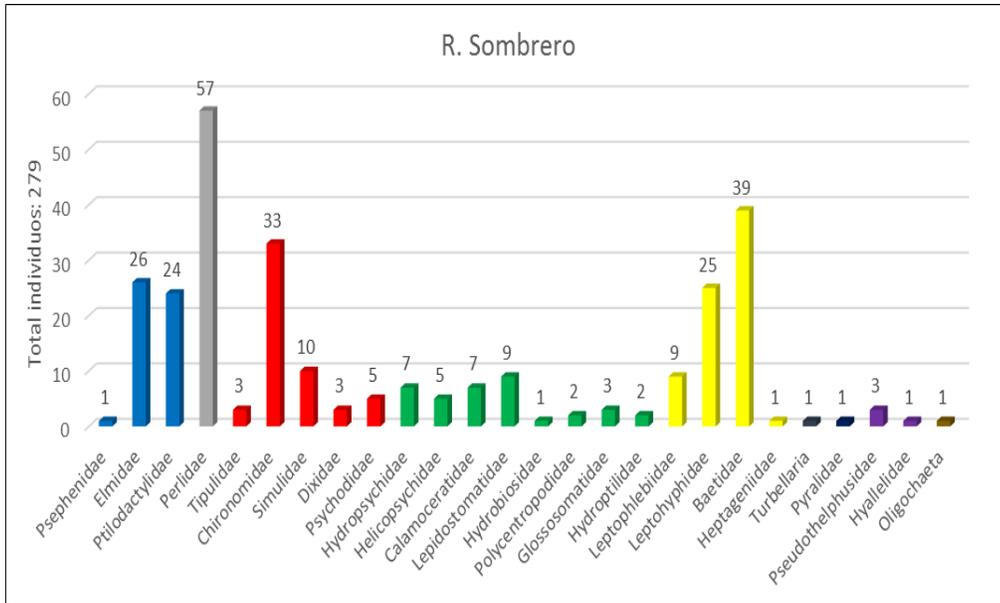


Figura 5. Total de individuos Río Sombrero, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

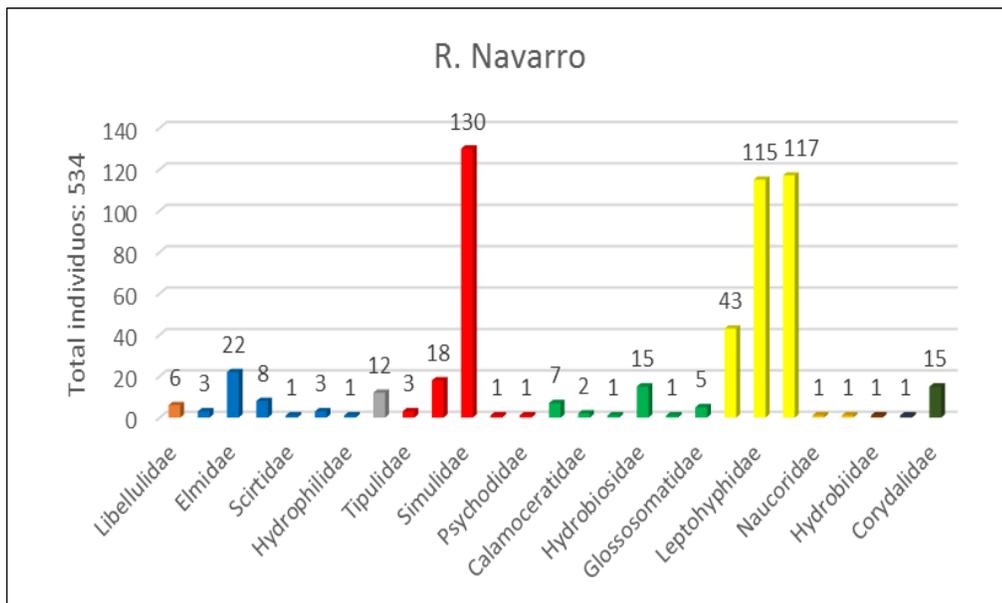


Figura 6. Total de individuos Río Navarro, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

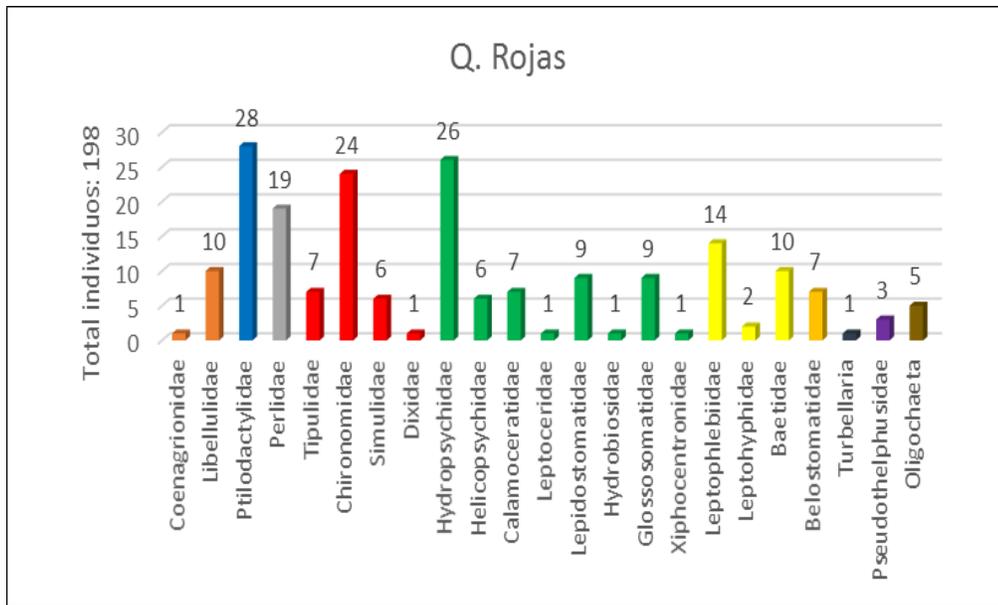


Figura 7. Total, de individuos Quebrada Rojas Vidrio, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

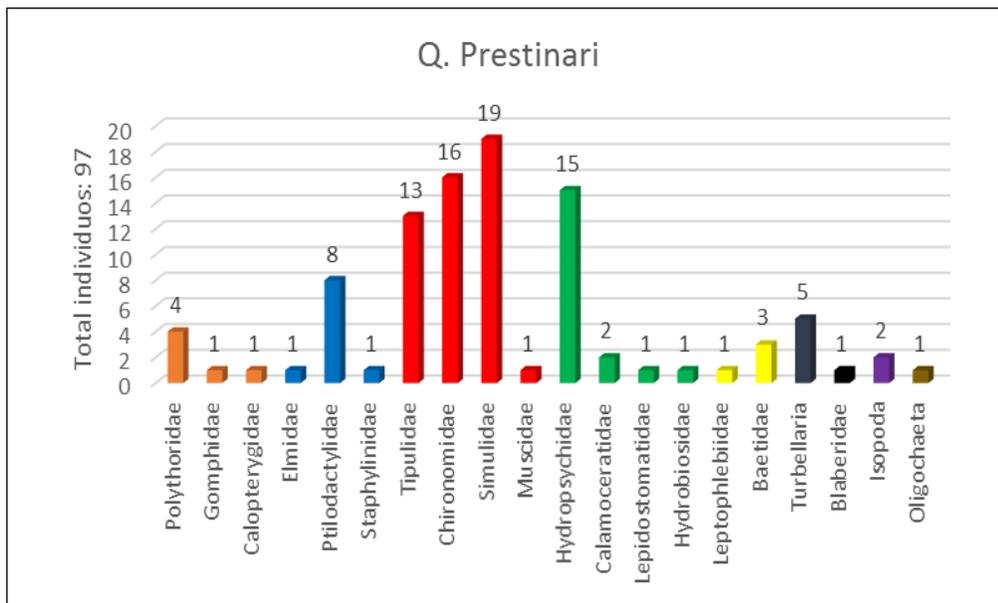


Figura 8. Total de individuos Quebrada Prestinari, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa

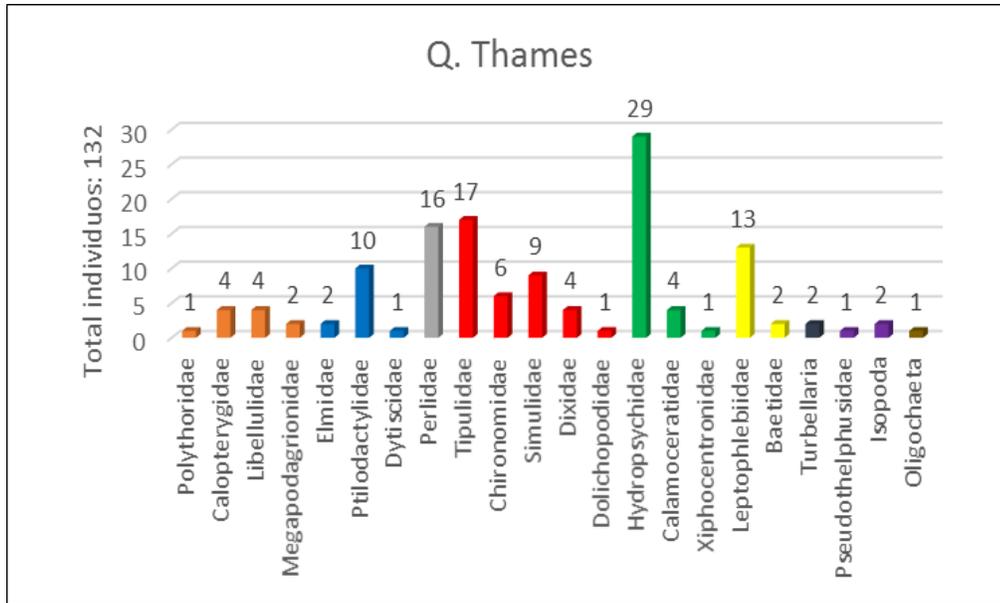


Figura 9. Total, de individuos Quebrada Thames, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

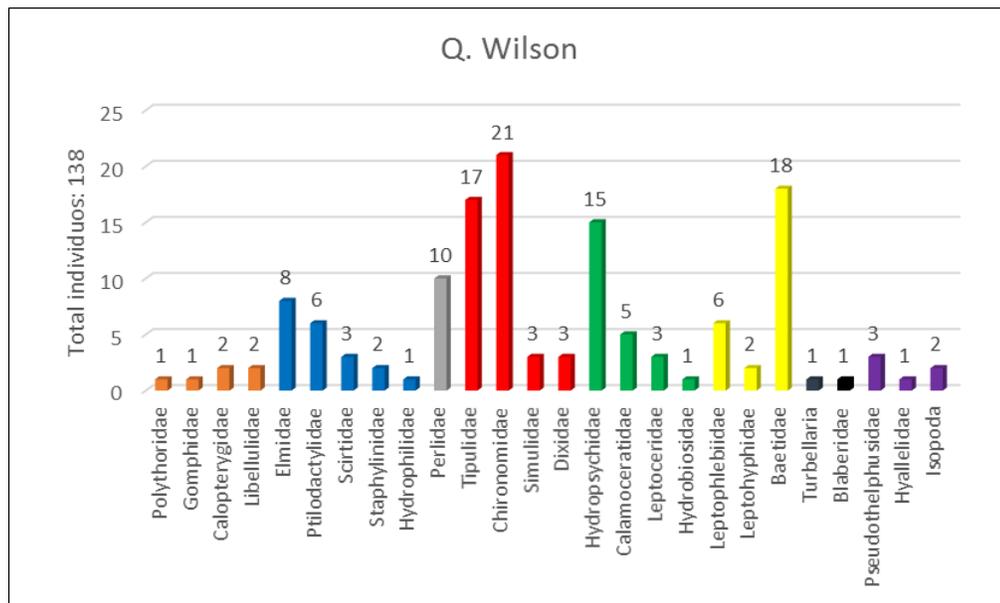


Figura 10. Total, de individuos Quebrada Wilson, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

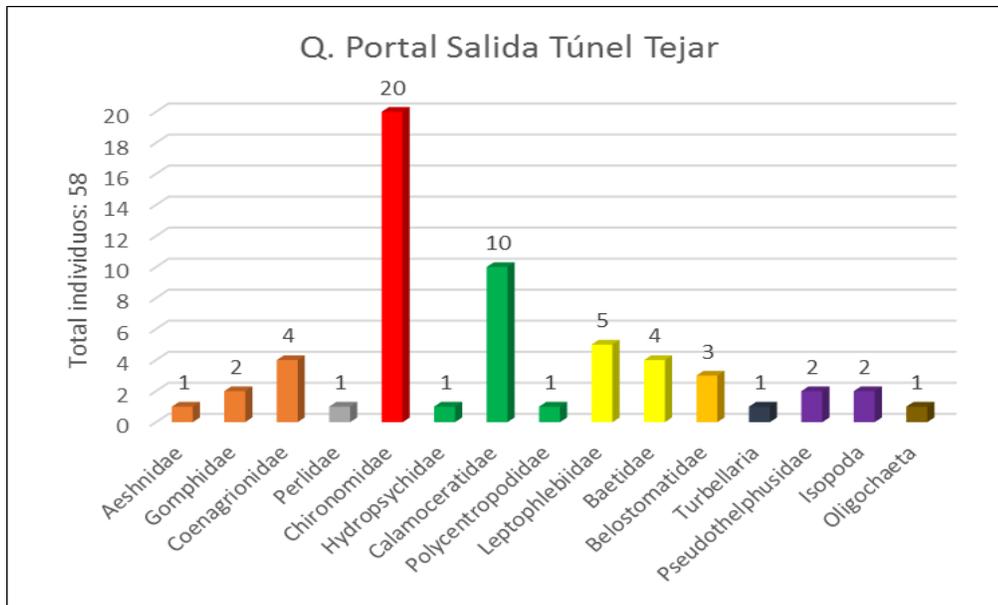


Figura 11. Total, de individuos Quebrada Portal Salida Túnel Tejar, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

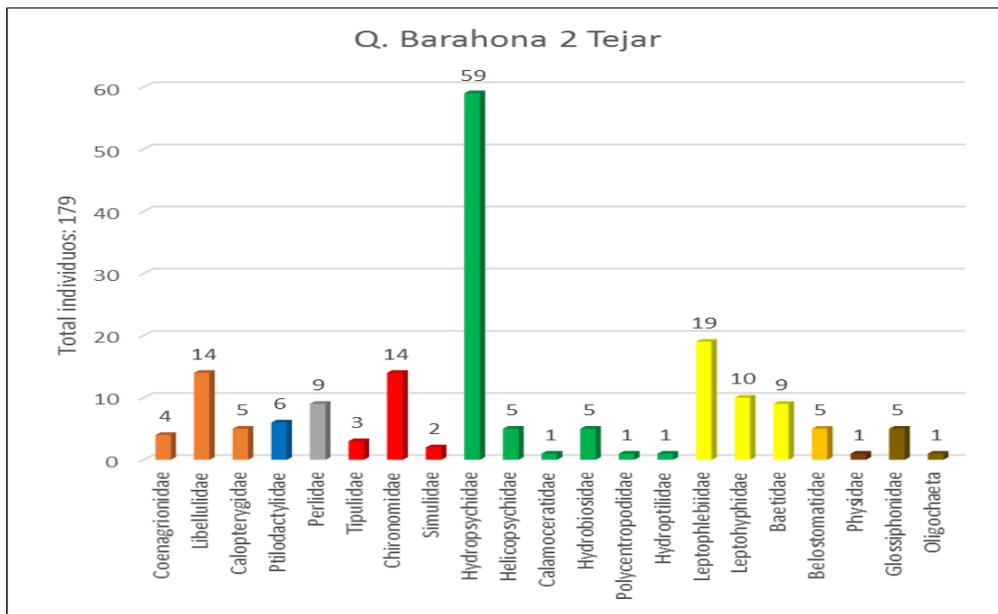


Figura 12. Total, de individuos Quebrada Barahona 2 Tejar, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa

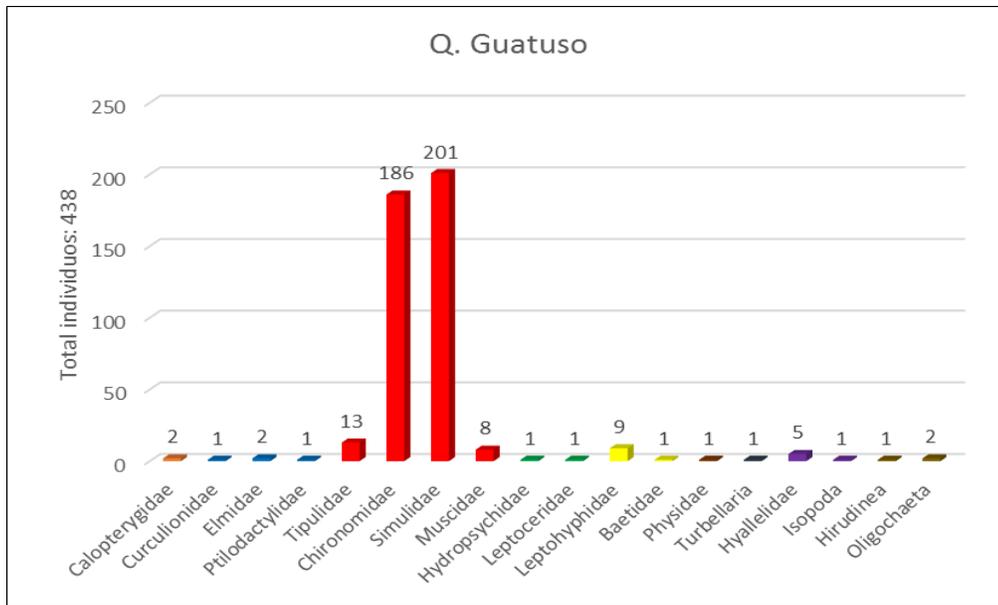


Figura 13. Total, de individuos Quebrada Guatuso-Tejar, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

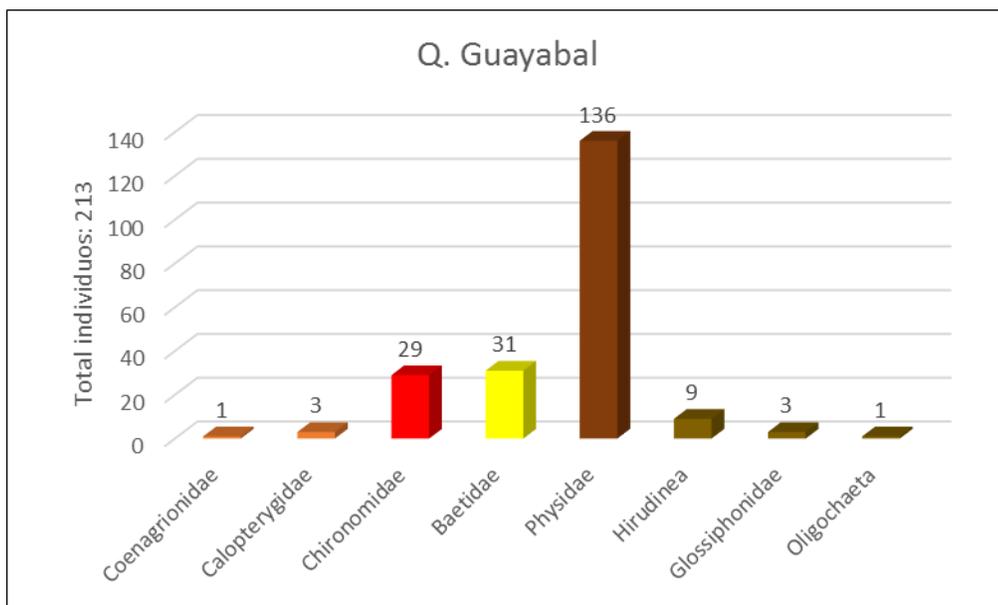


Figura 14. Total, de individuos Quebrada Guayabal-Tejar, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa

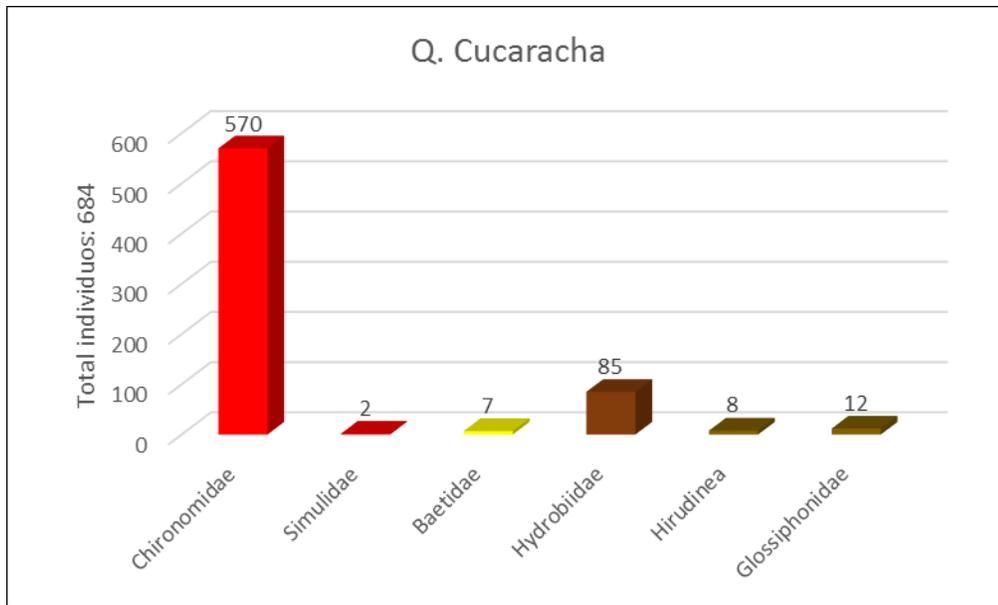


Figura 15. Total, de individuos Quebrada Cucaracha-Tejar, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

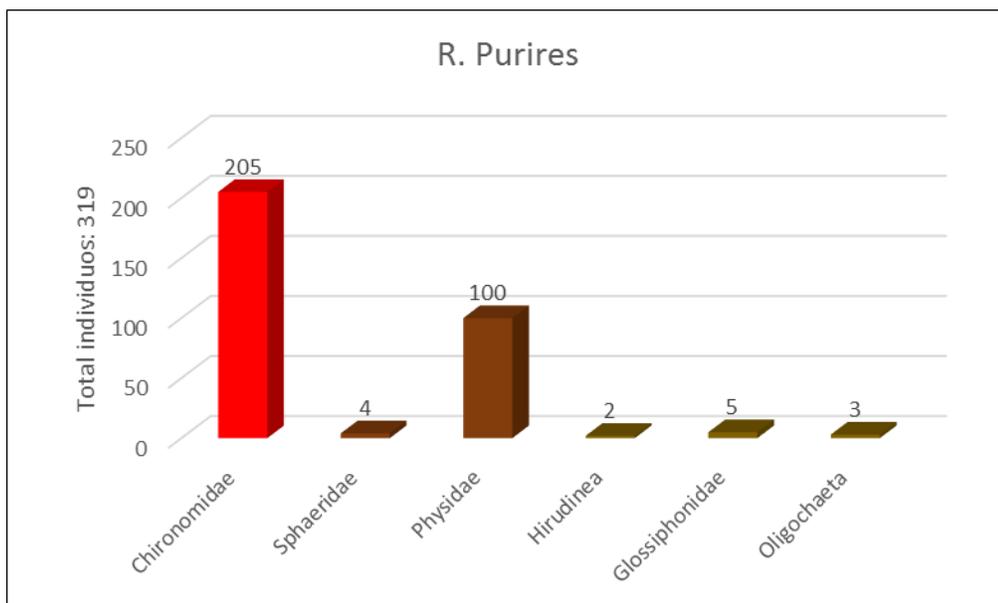


Figura 16. Total, de individuos Río Purires, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

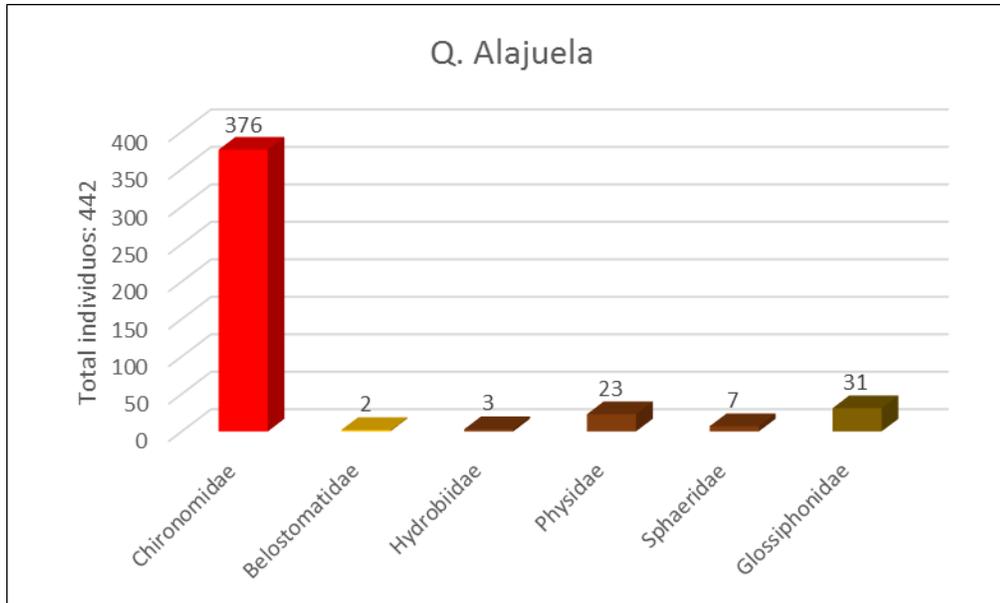


Figura 17. Total, de individuos Quebrada Alajuela, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

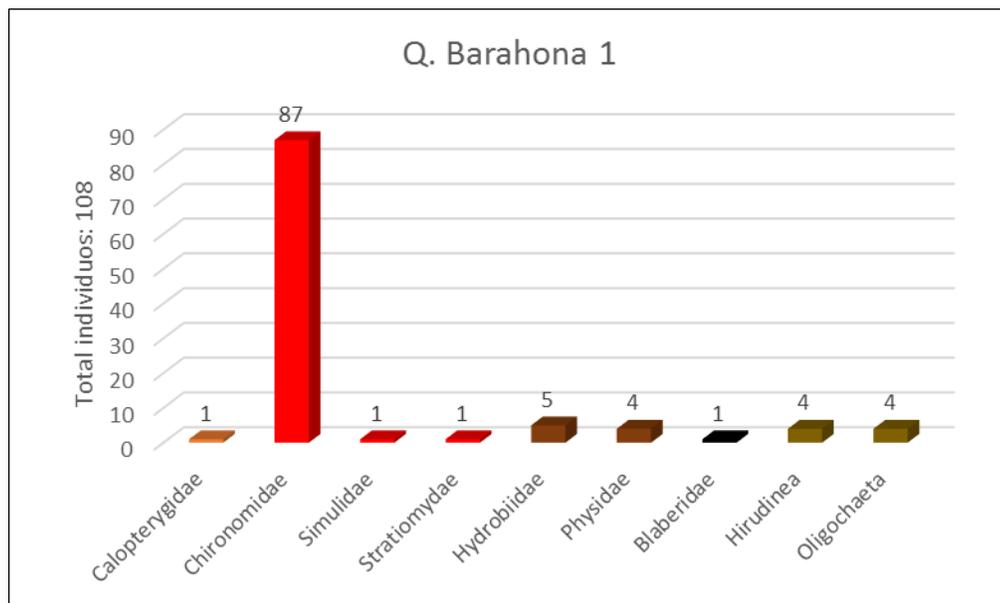


Figura 18. Total, de individuos Quebrada Barahona 1, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

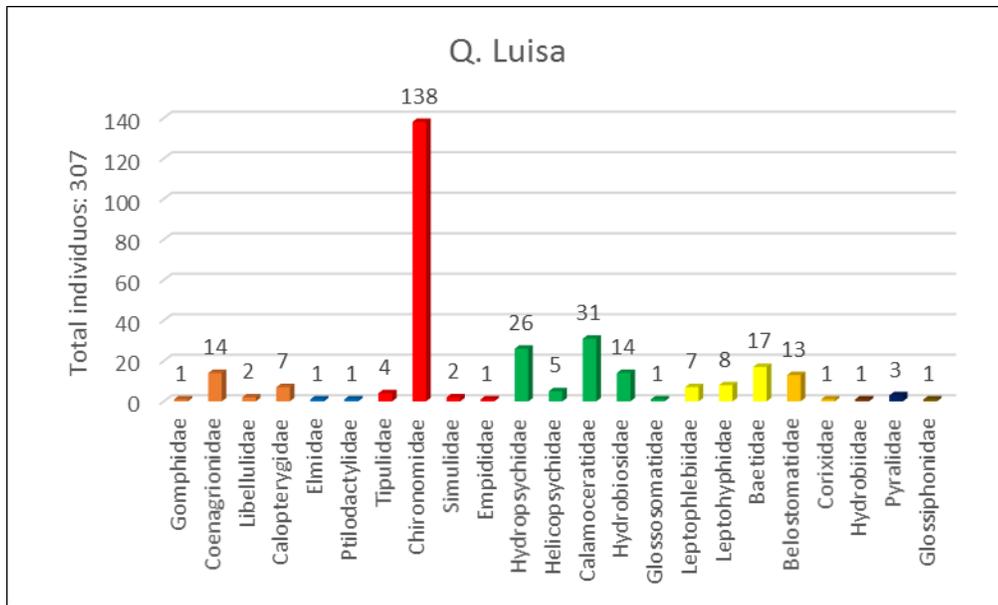


Figura 19. Total, de individuos Quebrada Luisa, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

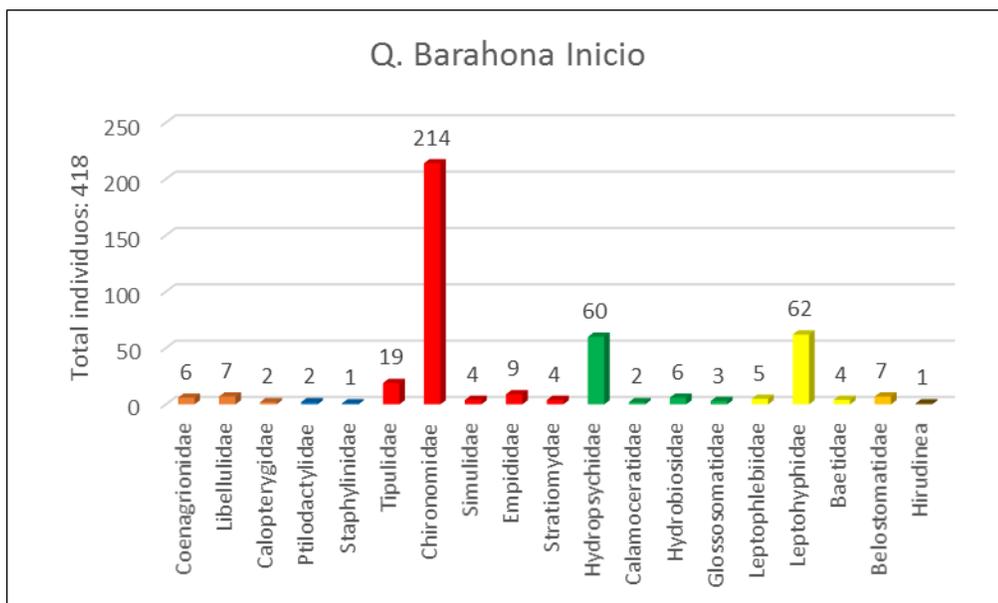


Figura 20. Total, de individuos Quebrada Barahona Inicio, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa

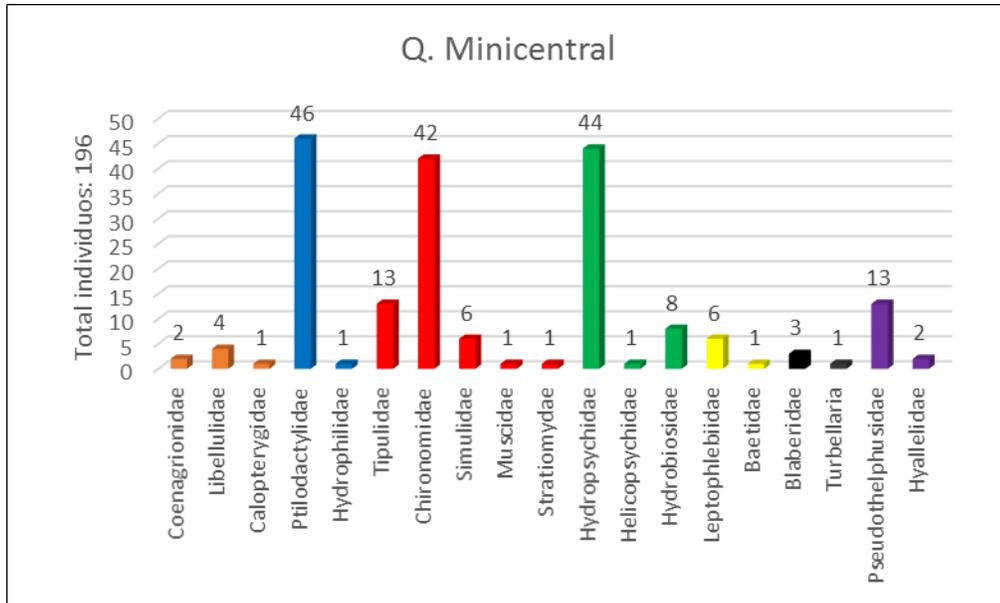


Figura 21. Total, de individuos Quebrada Mini central, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

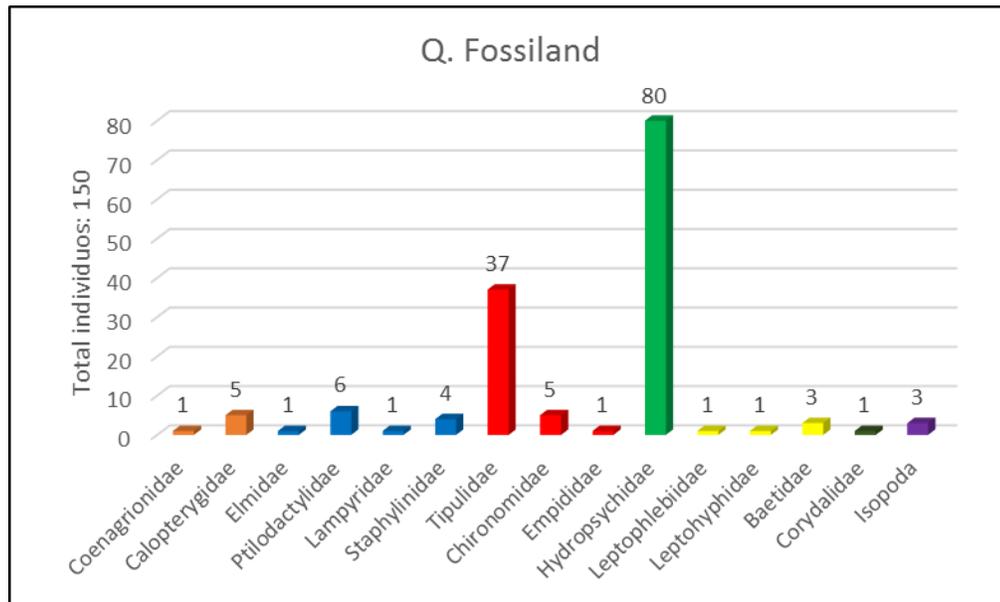


Figura 22. Total, de individuos Quebrada Fossiland, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa

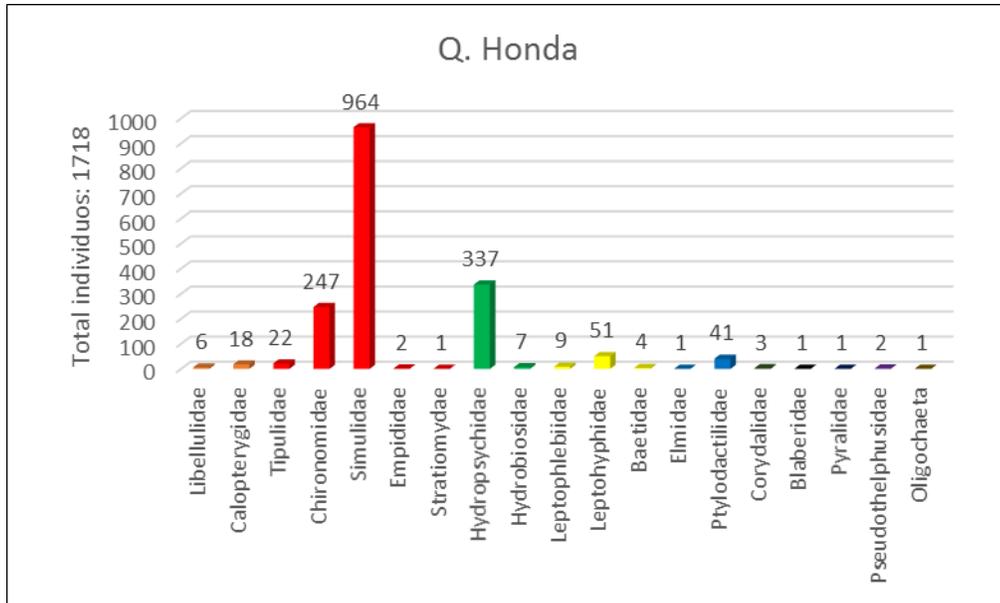


Figura 23. Total, de individuos Quebrada Honda, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

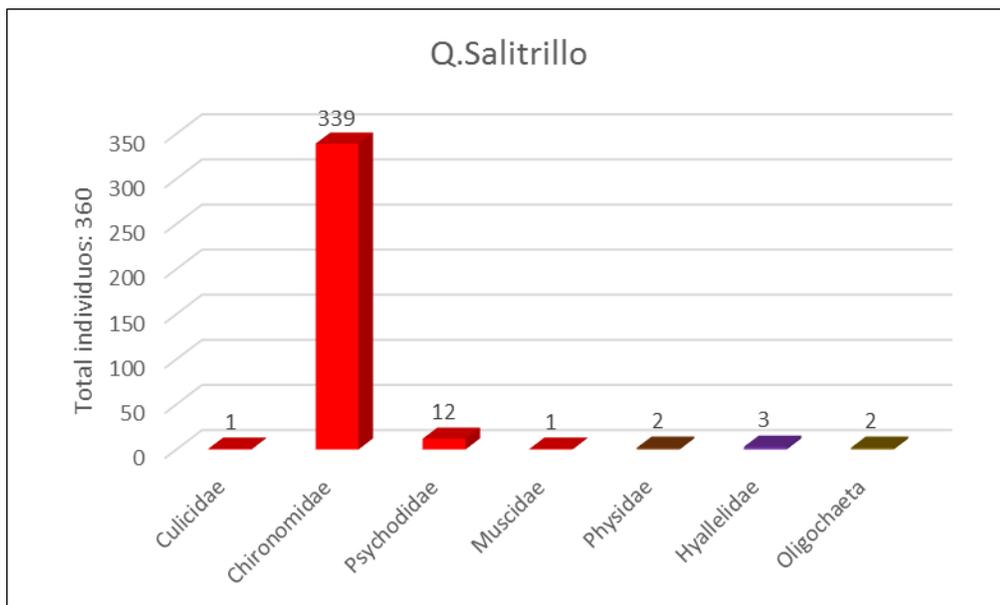


Figura 24. Total, de individuos Quebrada Salitrillo, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

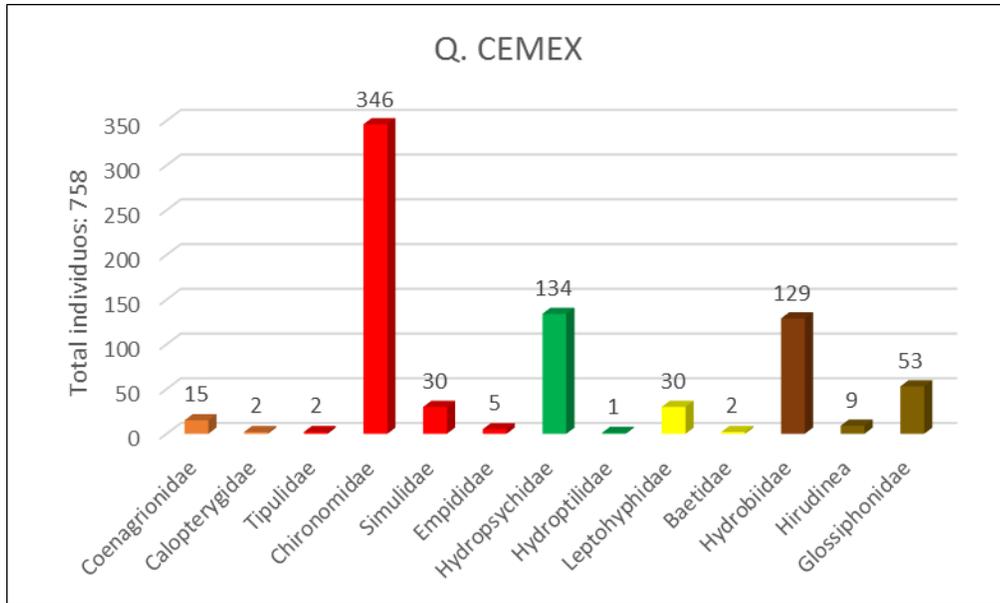


Figura 25. Total, de individuos Quebrada CEMEX, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

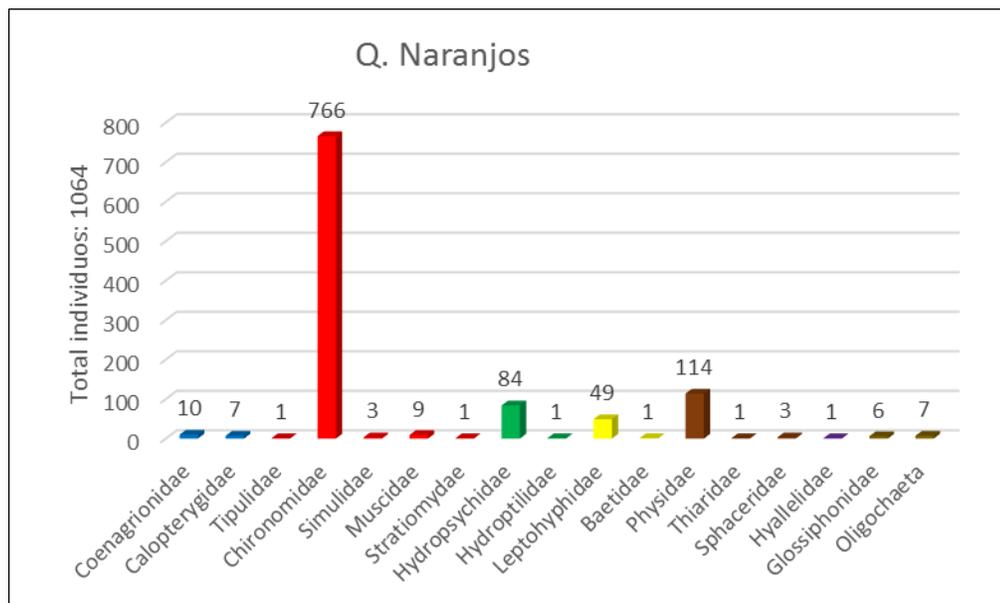


Figura 26. Total, de individuos Quebrada Naranjos, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

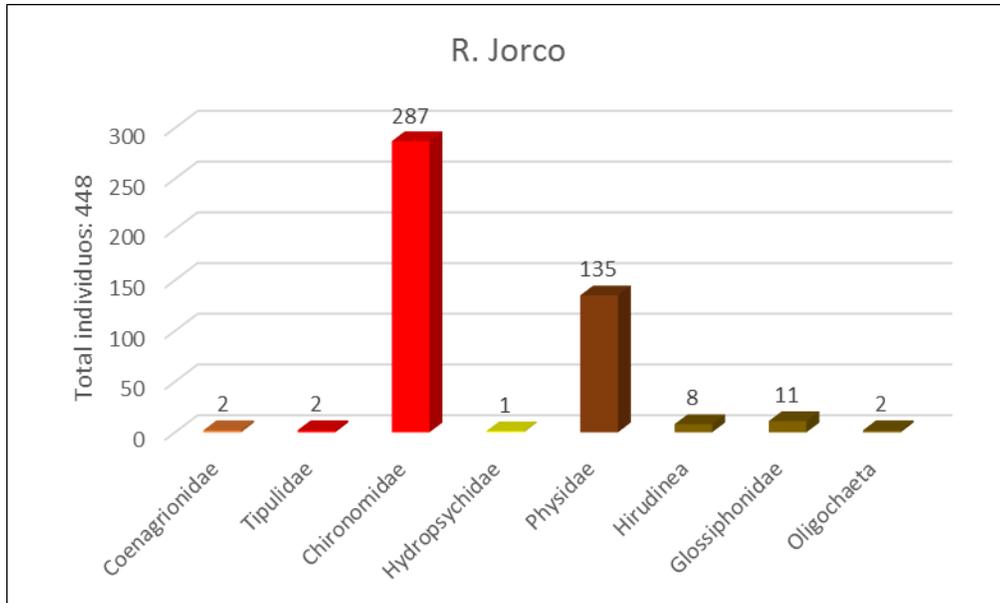


Figura 27. Total, de individuos Río Jorco, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

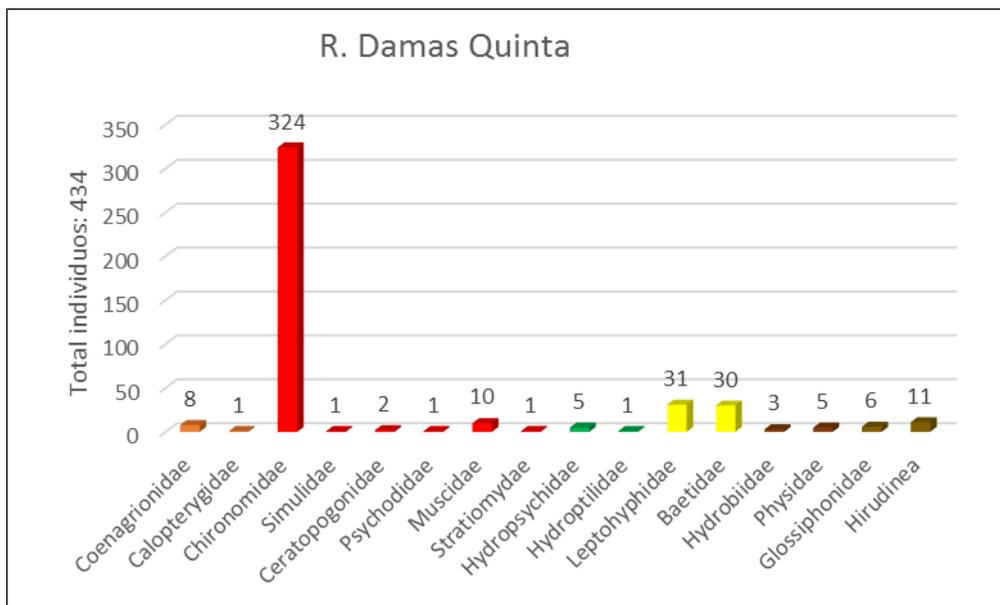


Figura 28. Total, de individuos Río Damas (Sector Quinta), época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

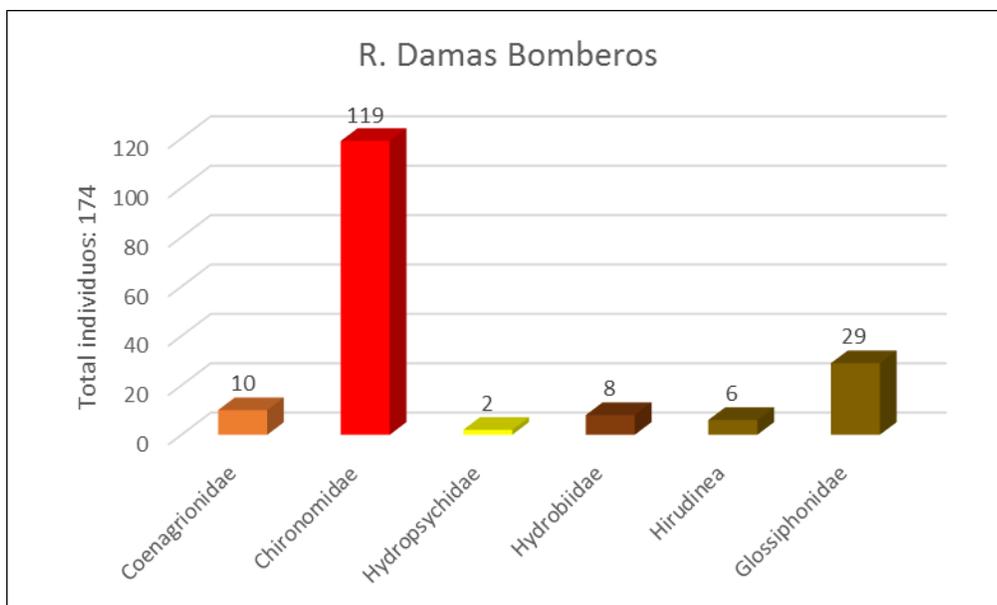


Figura 29. Total, de individuos Río Damas (Sector Bomberos), época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

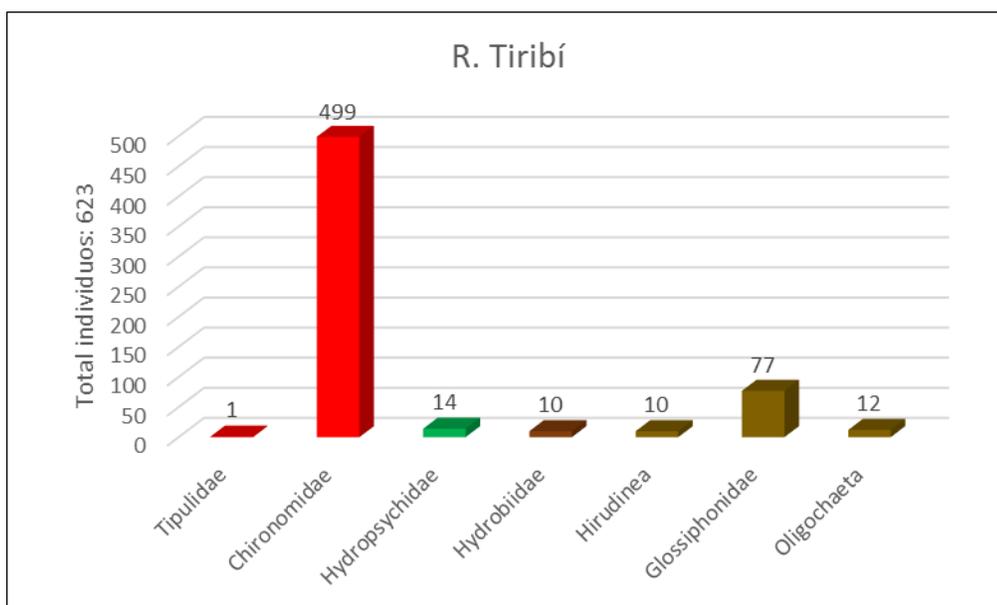


Figura 30. Total, de individuos Río Tiribí, época seca, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

**2. Figuras de familias de macroinvertebrados presentes en cuerpos de agua durante la EPOCA LLUVIOSA del año 2017.**

Simbología / Ordenes:

	Diptera
	Ephemeroptera
	Plecoptera
	Trichoptera
	Odonata
	Coleoptera
	Megaloptera
	Hemiptera
	Lepidoptera
	Blattodea
	Tricladida
	Crustacea
	Annelida
	Molusco

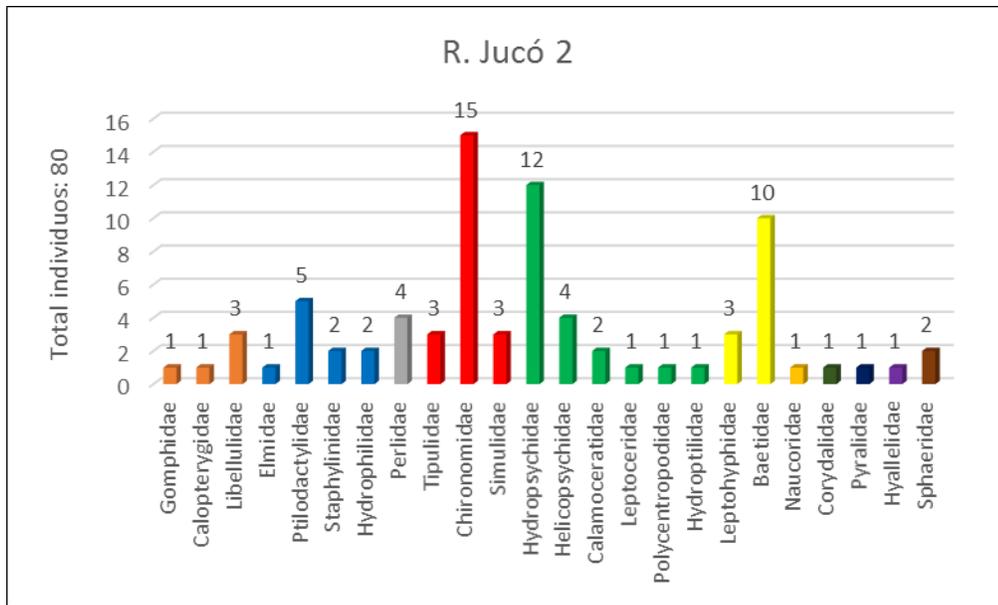


Figura 1. Total de individuos Río Jucó 2, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

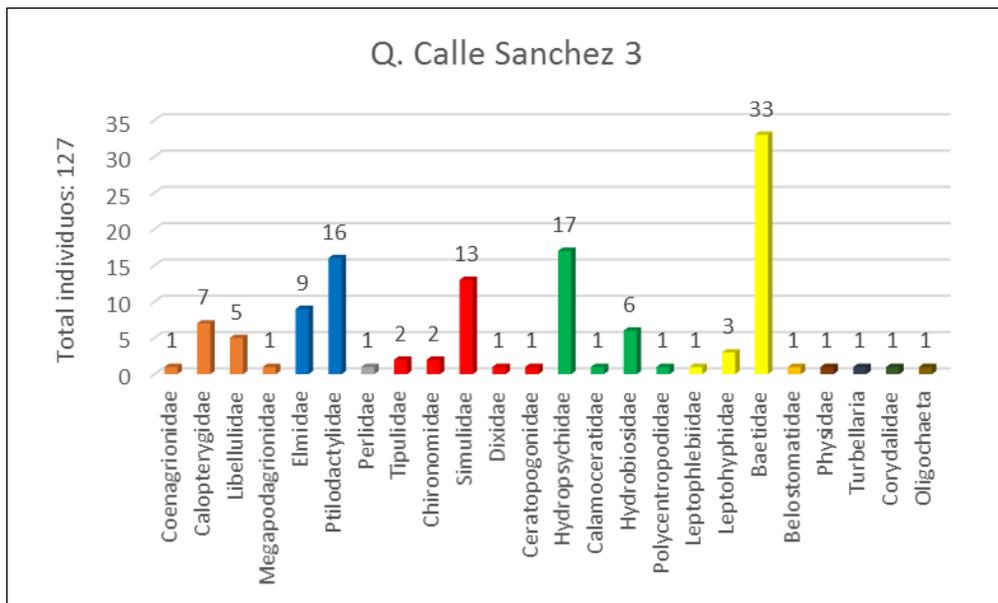


Figura 2. Total, de individuos Quebrada Calle Sánchez 3, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

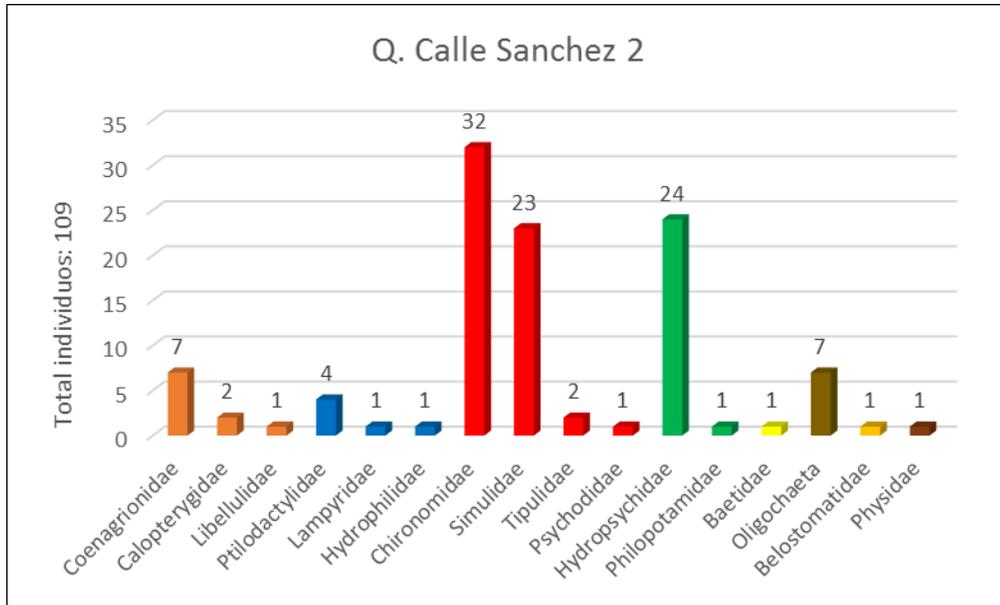


Figura 3. Total, de individuos Quebrada Sánchez 2 época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

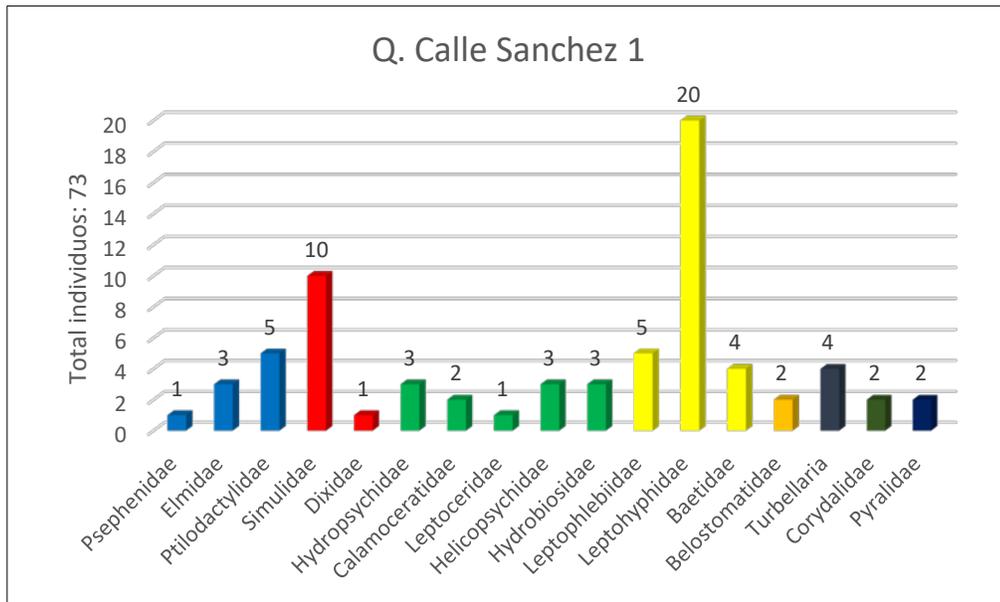


Figura 4. Total, de individuos Quebrada Sánchez 1 época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

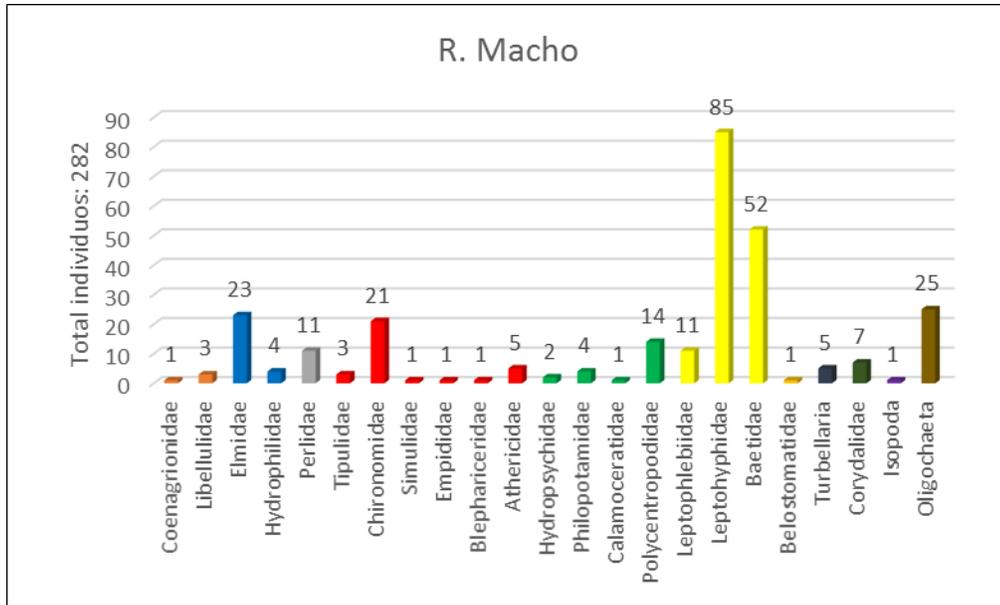


Figura 5. Total, de individuos Río Macho, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

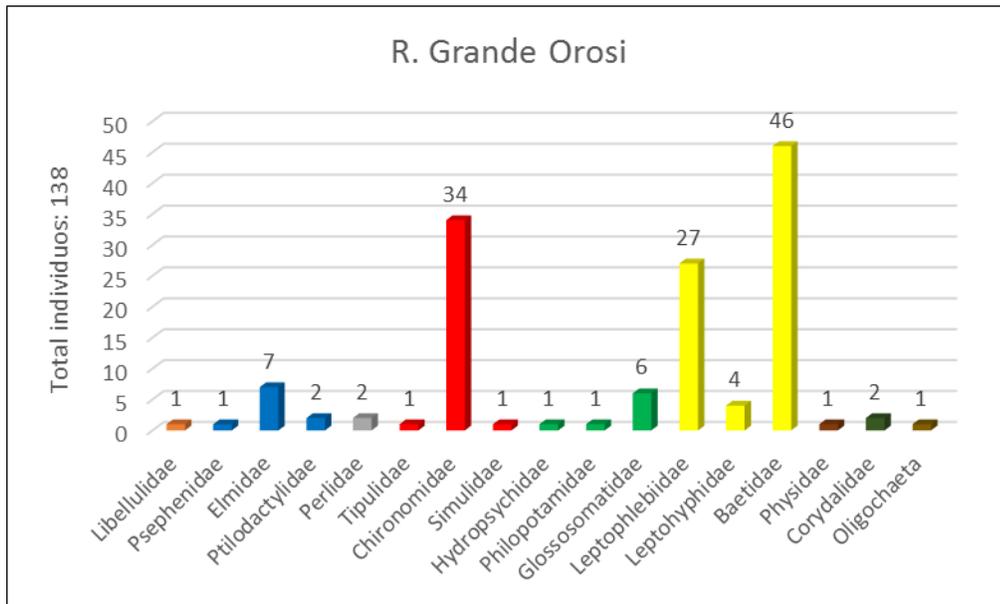


Figura 6. Total, de individuos Río Grande de Orosi, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

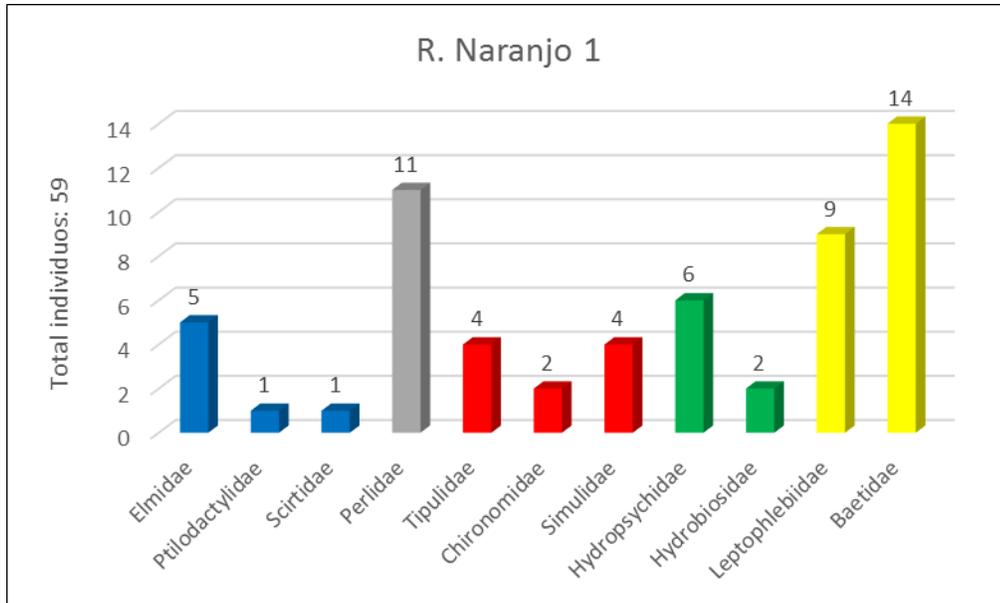


Figura 7. Total, de individuos Río Naranjo 1, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

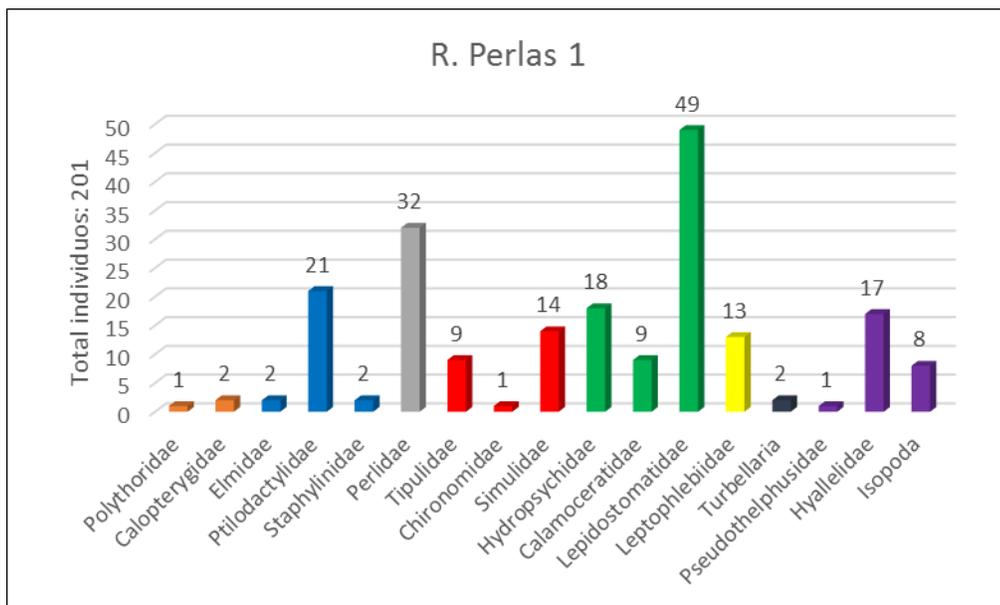


Figura 8. Total, de individuos Río Perlas 1, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

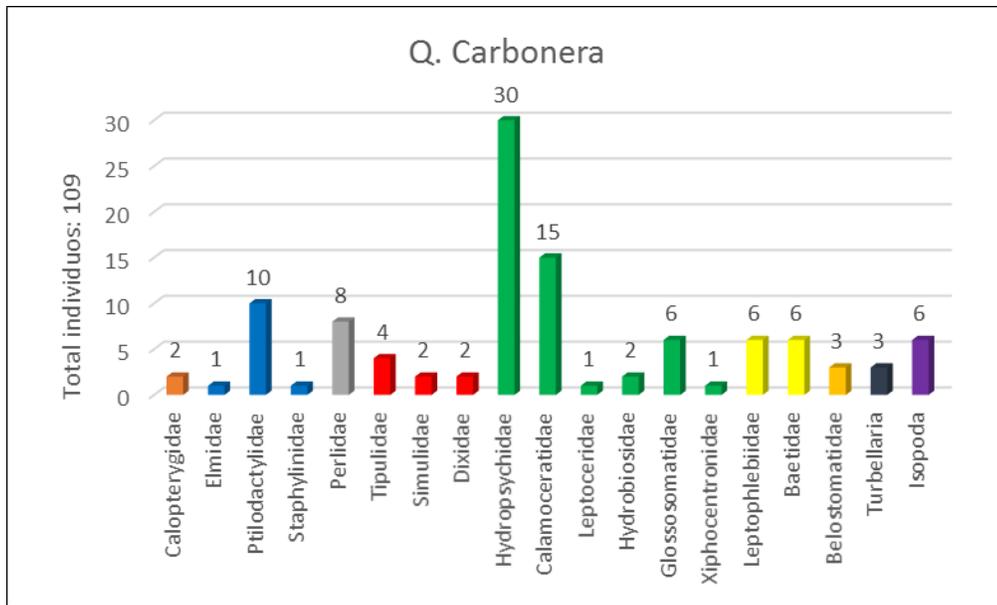


Figura 9. Total, de individuos Quebrada Carbonera, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

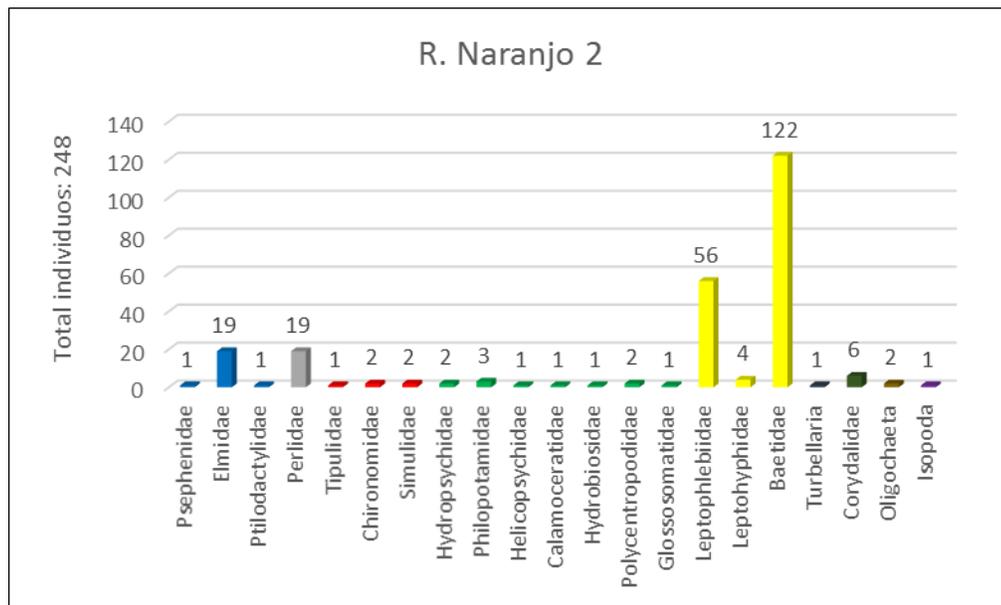


Figura 10. Total, de individuos Río Naranjo 2, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

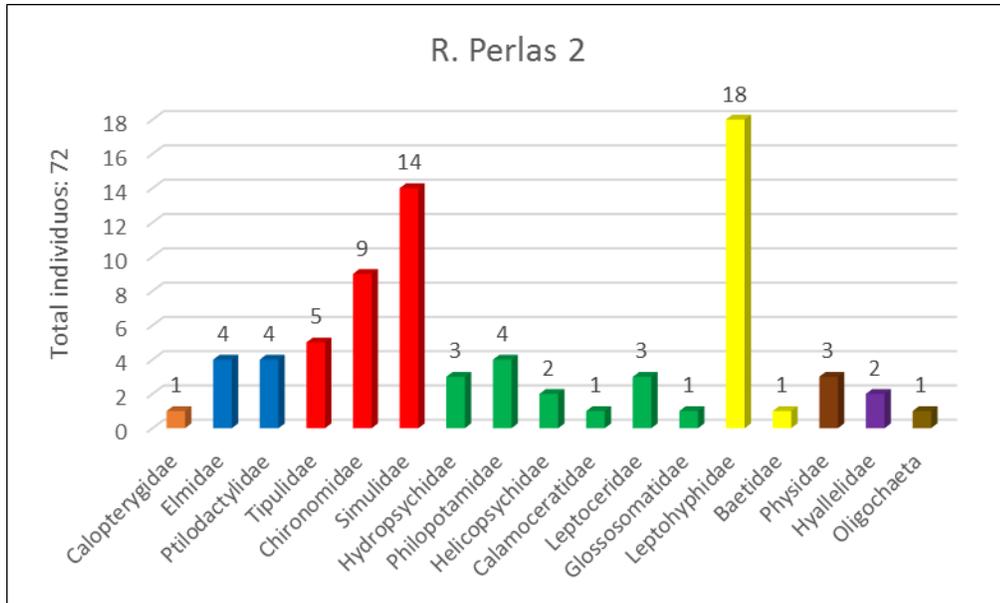


Figura 11. Total, de individuos Río Perlas 2, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

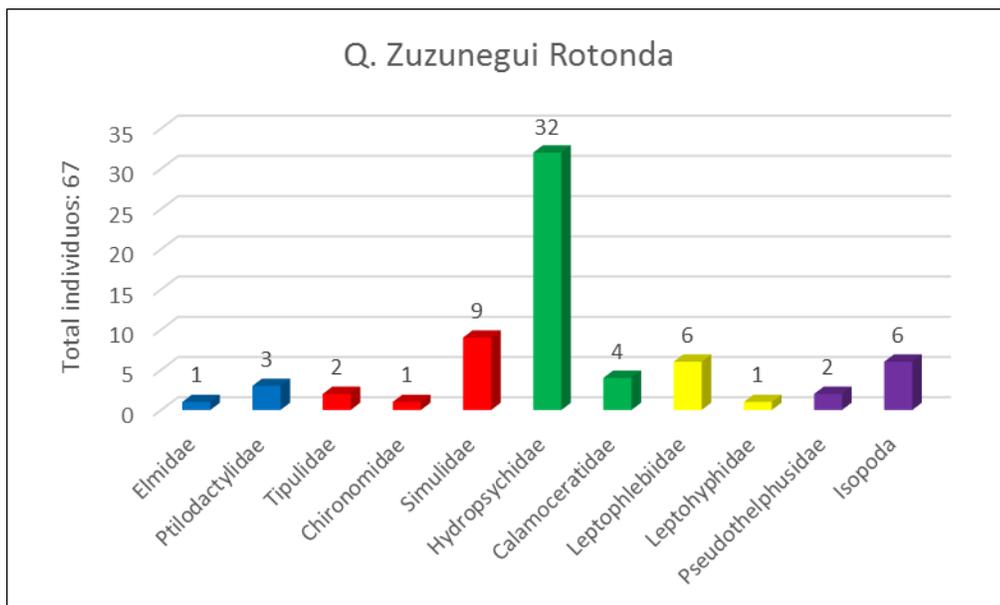


Figura 12. Total, de individuos Quebrada Zuzunegui Rotonda, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

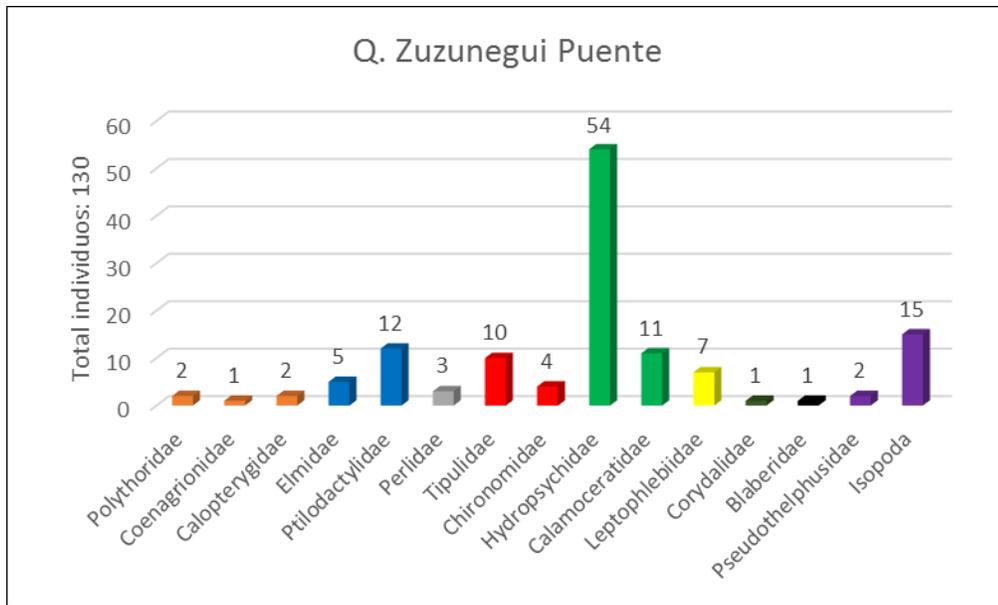


Figura13. Total, de individuos Quebrada Zuzunegui Puente, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

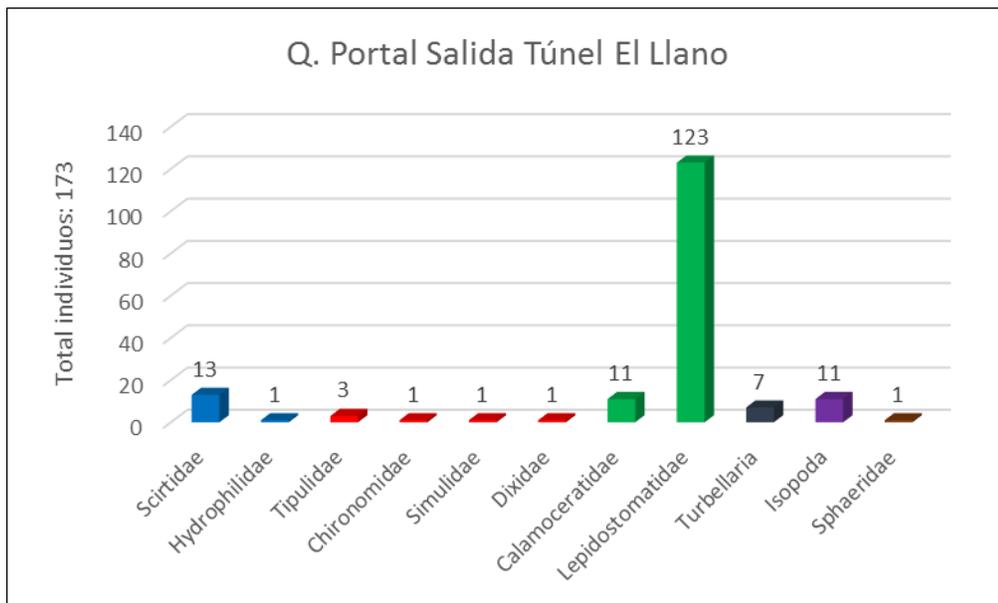


Figura 14. Total, de individuos Quebrada Portal Salida Túnel el Llano, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

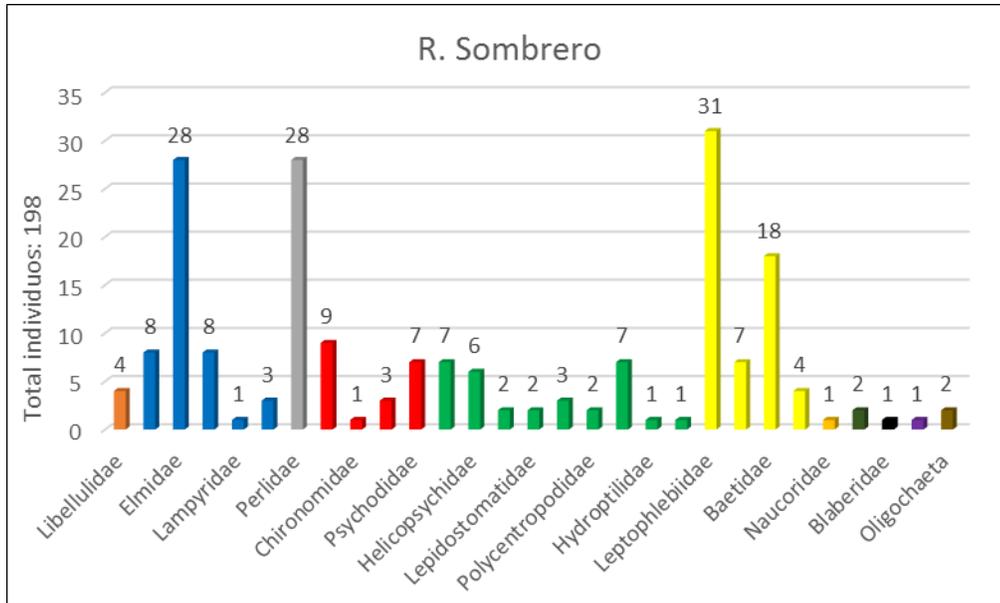


Figura15. Total, de individuos Río Sombrero, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

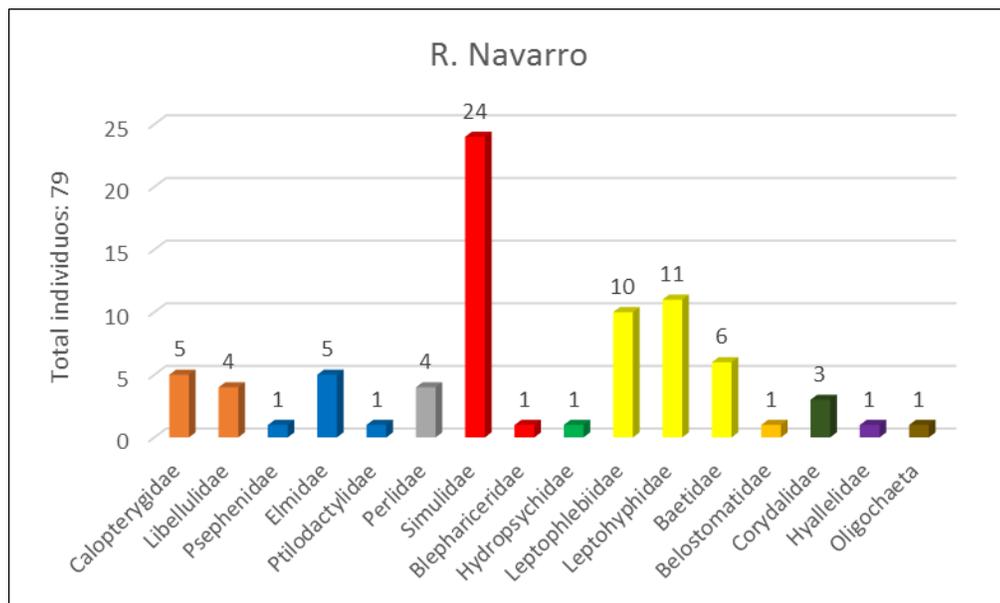


Figura 16. Total, de individuos Río Navarro, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

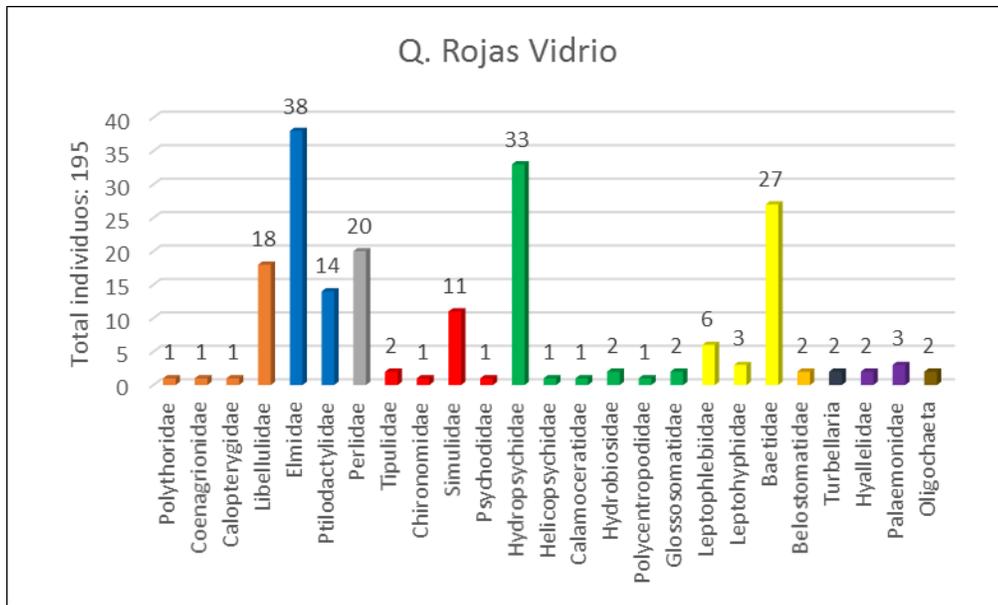


Figura 17. Total, de individuos Quebrada Rojas Vidrio, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

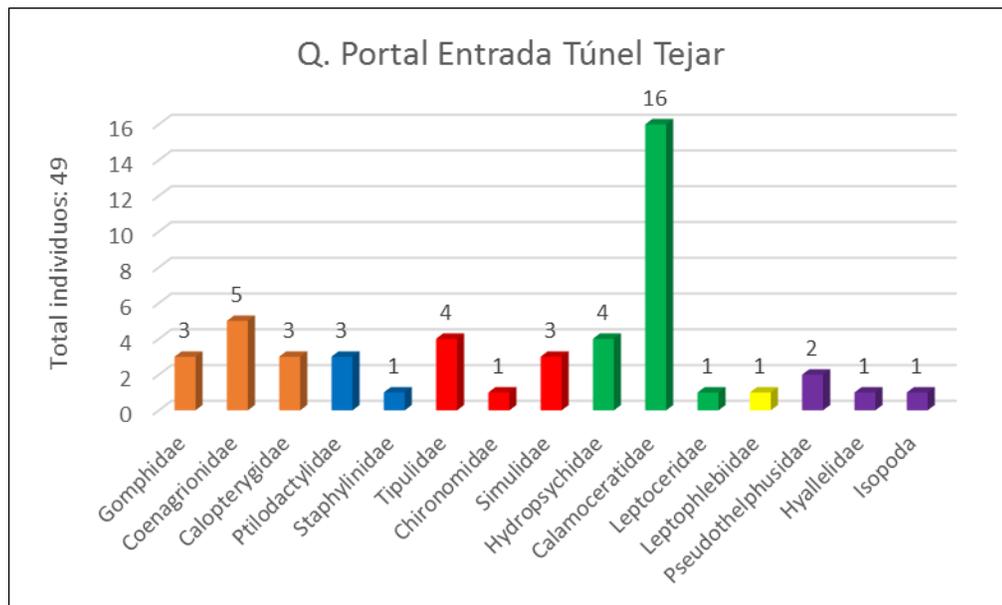


Figura 18. Total, de individuos Quebrada Portal Entrada Túnel Tejar, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

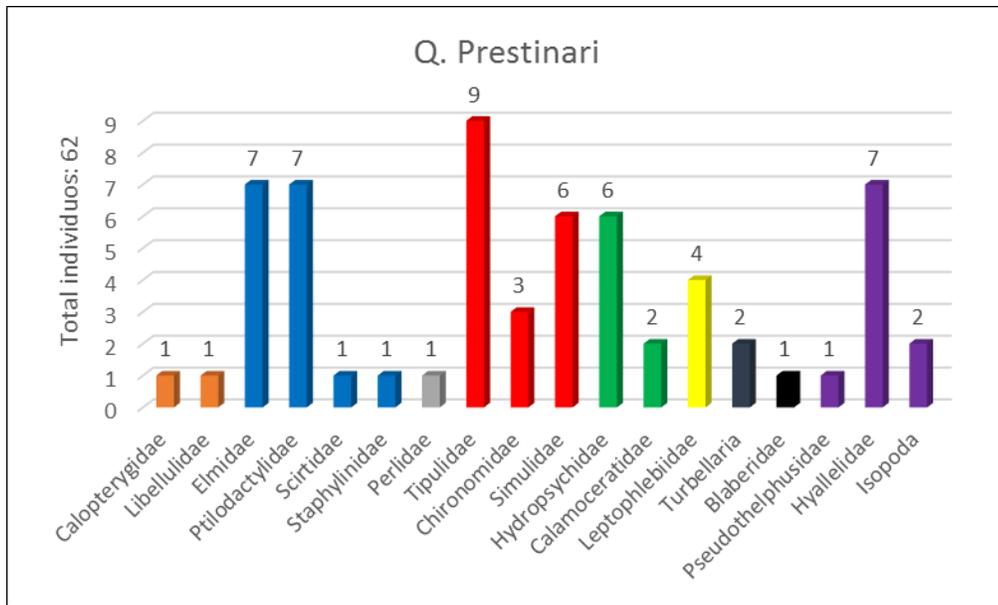


Figura 19. Total, de individuos Quebrada Prestinari, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

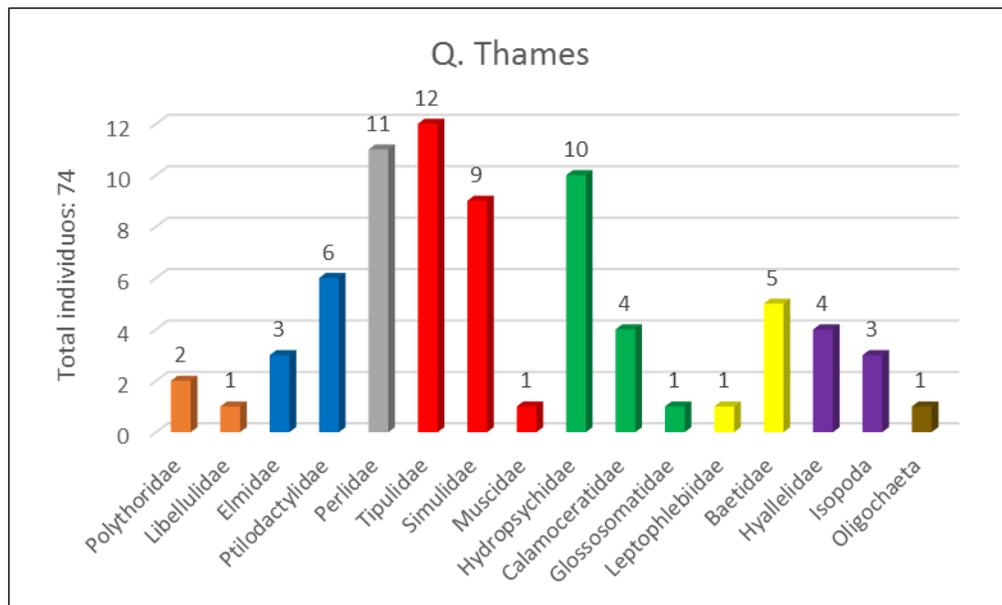


Figura 20. Total, de individuos Quebrada Thames, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

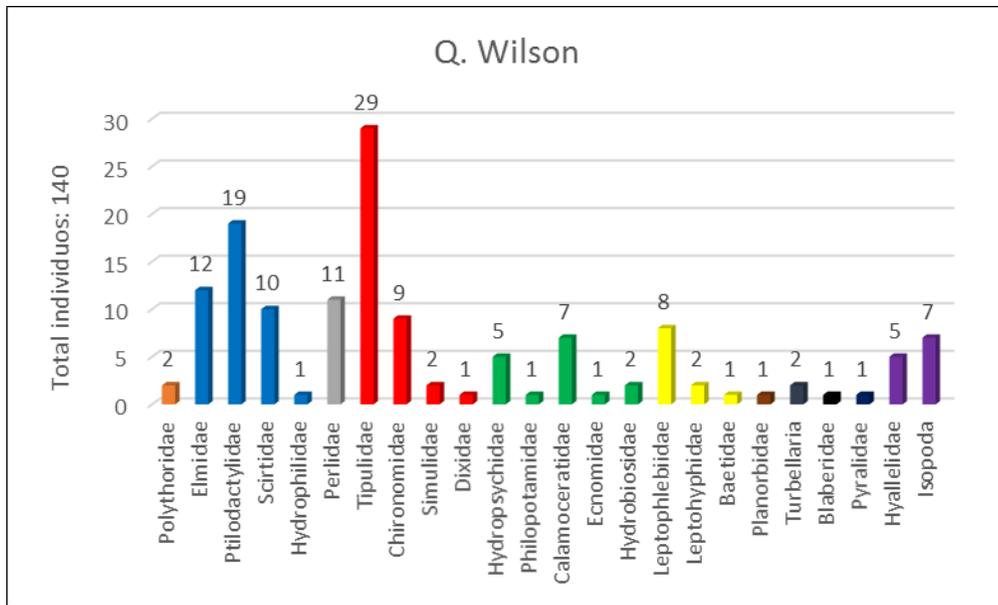


Figura 21. Total, de individuos Quebrada Wilson, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

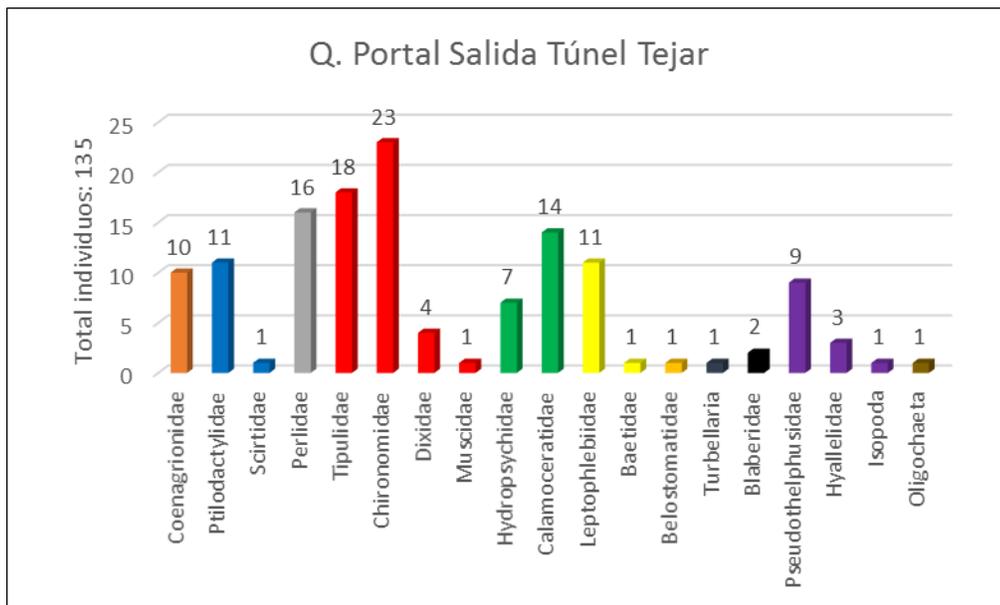


Figura 22. Total, de individuos Quebrada Portal Salida Túnel Tejar, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

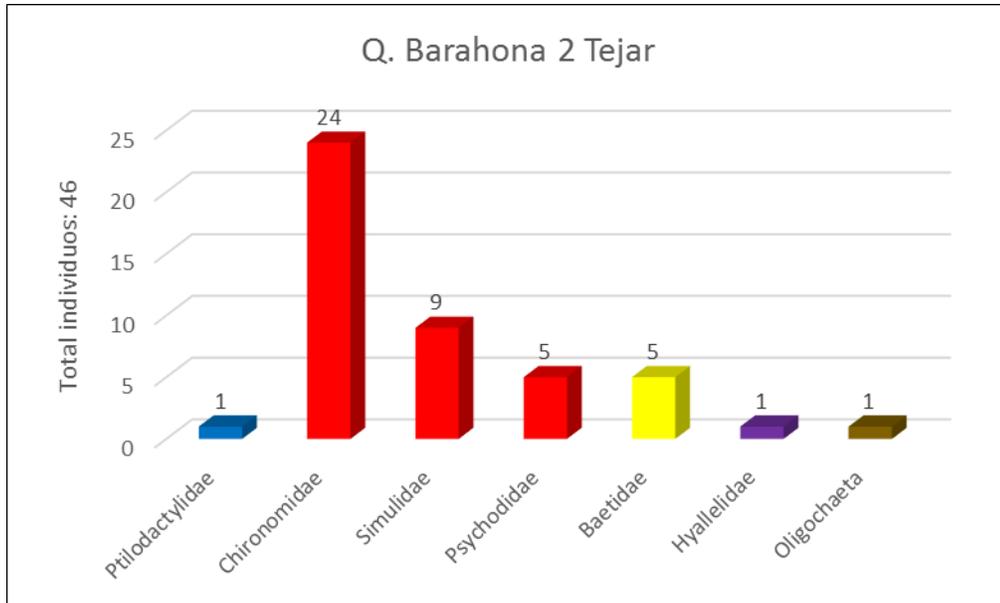


Figura 23. Total, de individuos Quebrada Barahona 2 Tejar, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

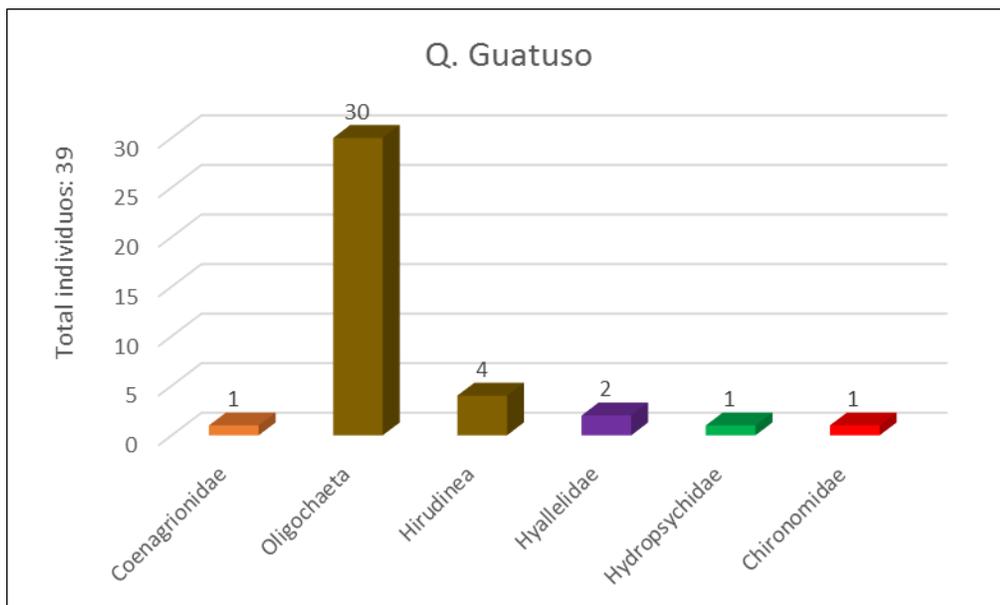


Figura 24. Total, de individuos Quebrada Guatuso-Tejar, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

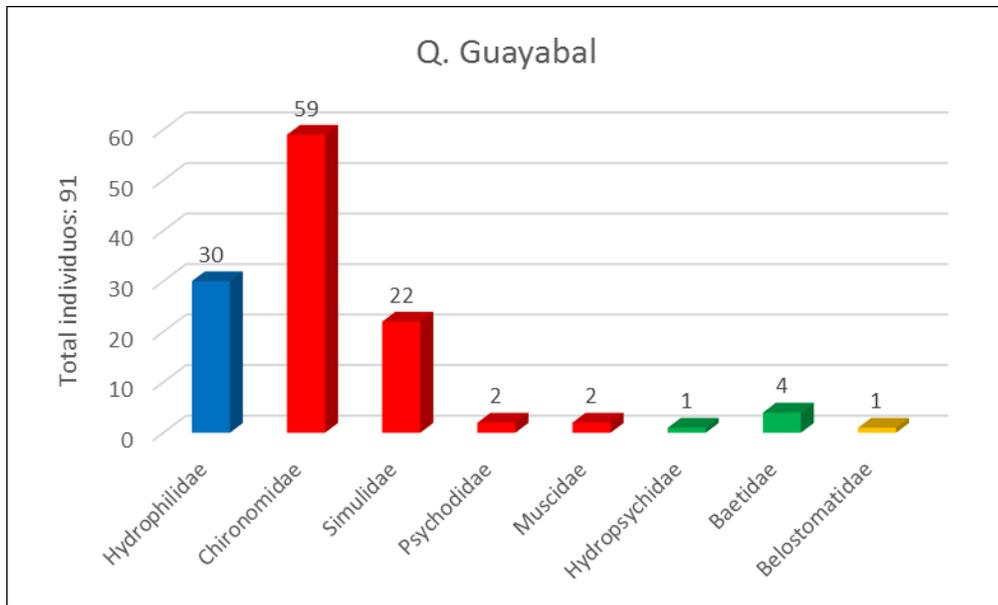


Figura 25. Total, de individuos Quebrada Guayabal-Tejar, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

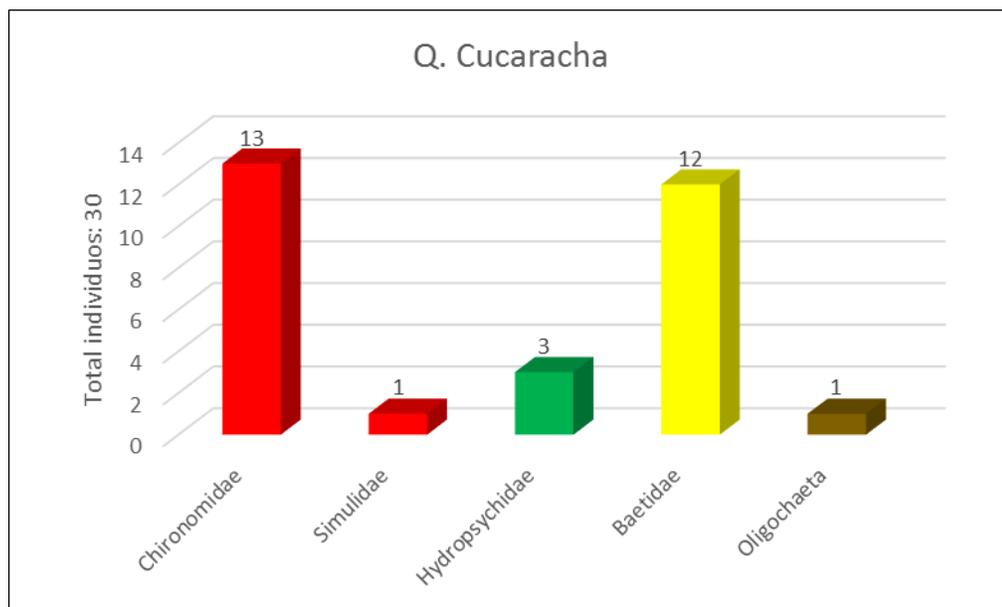


Figura 26. Total, de individuos Quebrada Cucaracha-Tejar, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

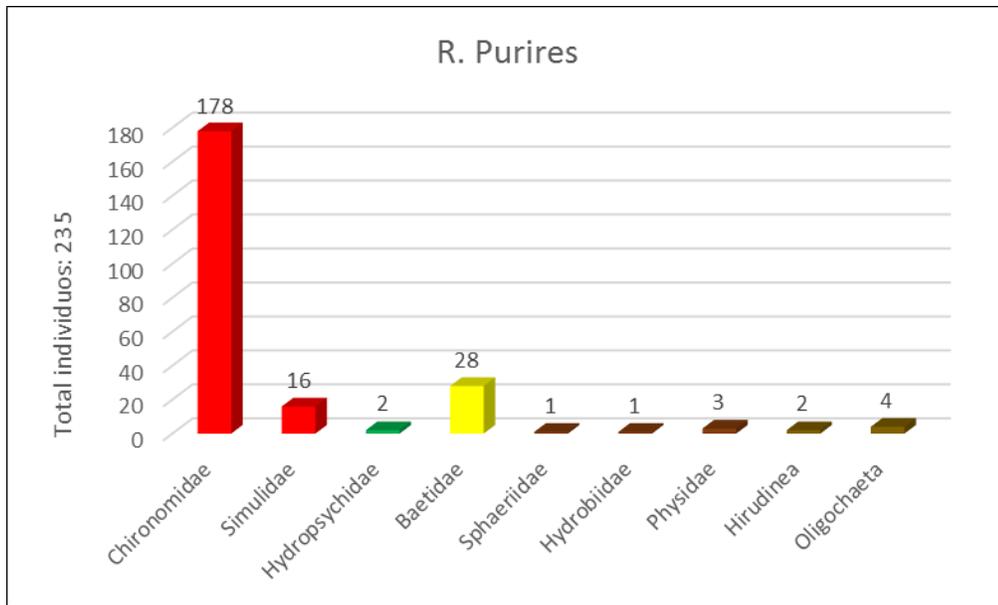


Figura 27. Total, de individuos Río Purires, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

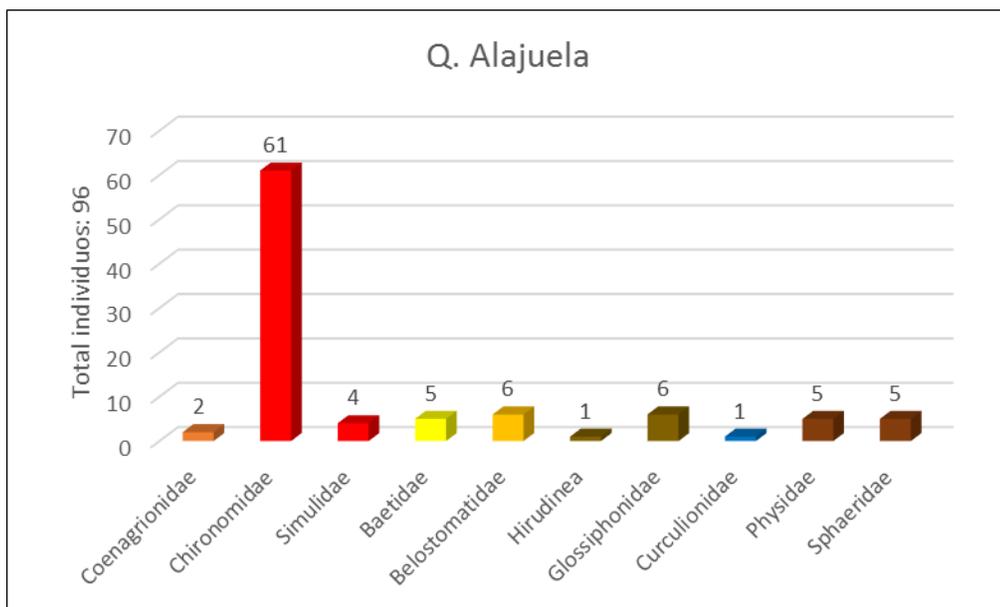


Figura 28. Total, de individuos Quebrada Alajuela, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

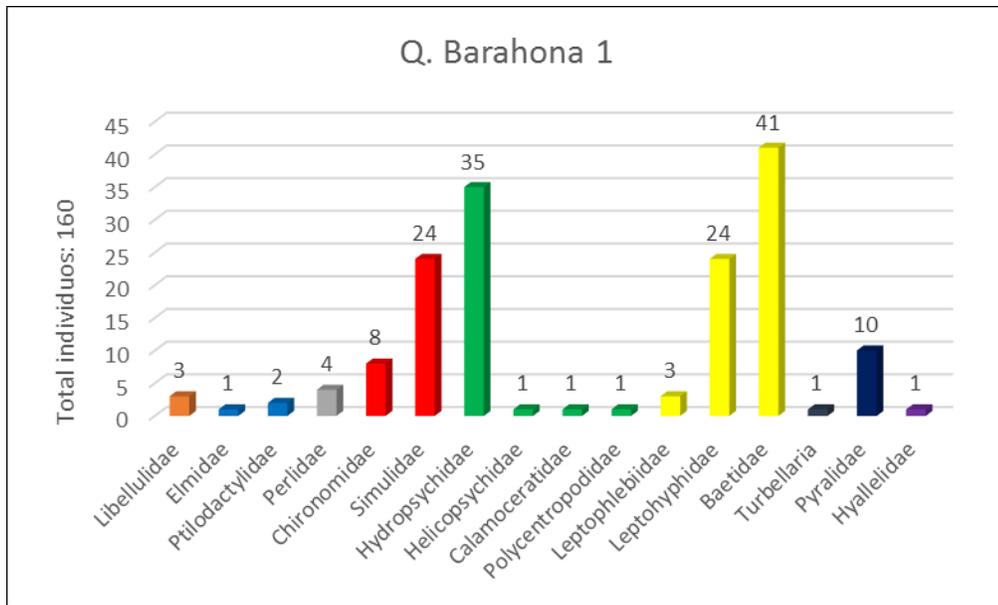


Figura 29. Total, de individuos Quebrada Barahona 1, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

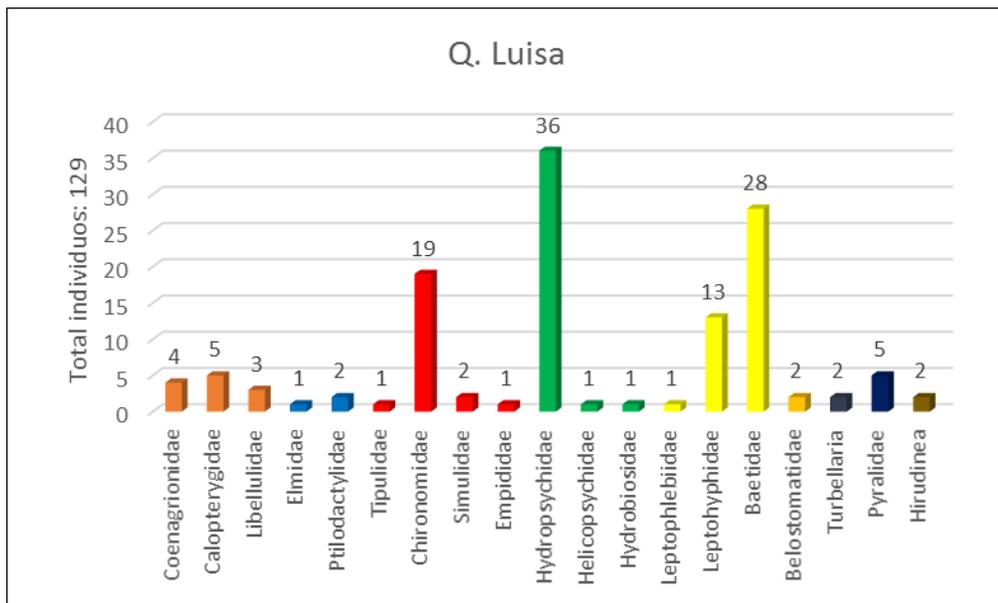


Figura30. Total, de individuos Quebrada Luisa, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

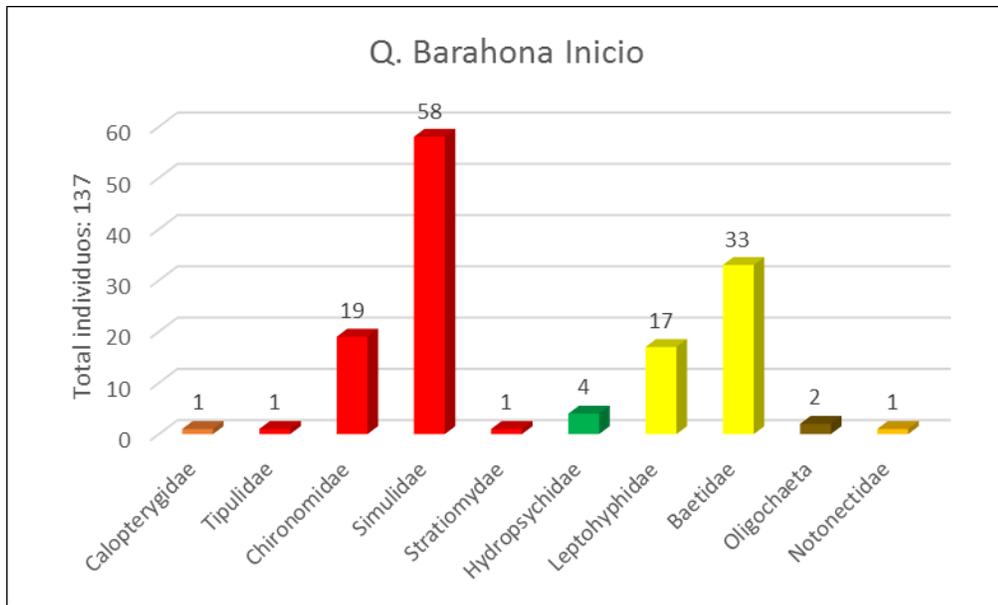


Figura 31. Total, de individuos Quebrada Barahona Inicio, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

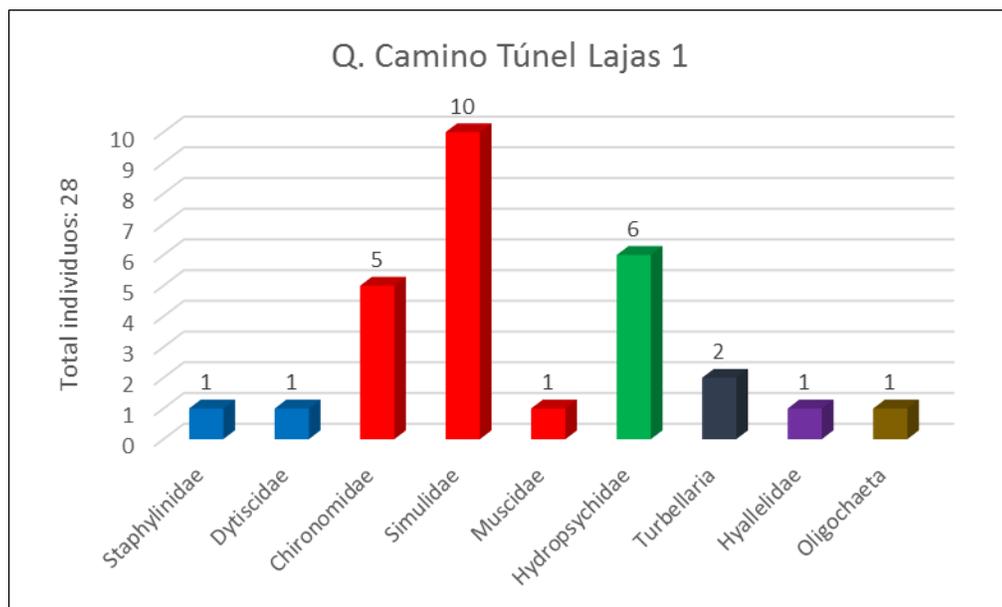


Figura 32. Total, de individuos Quebrada Camino Túnel Lajas 1, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

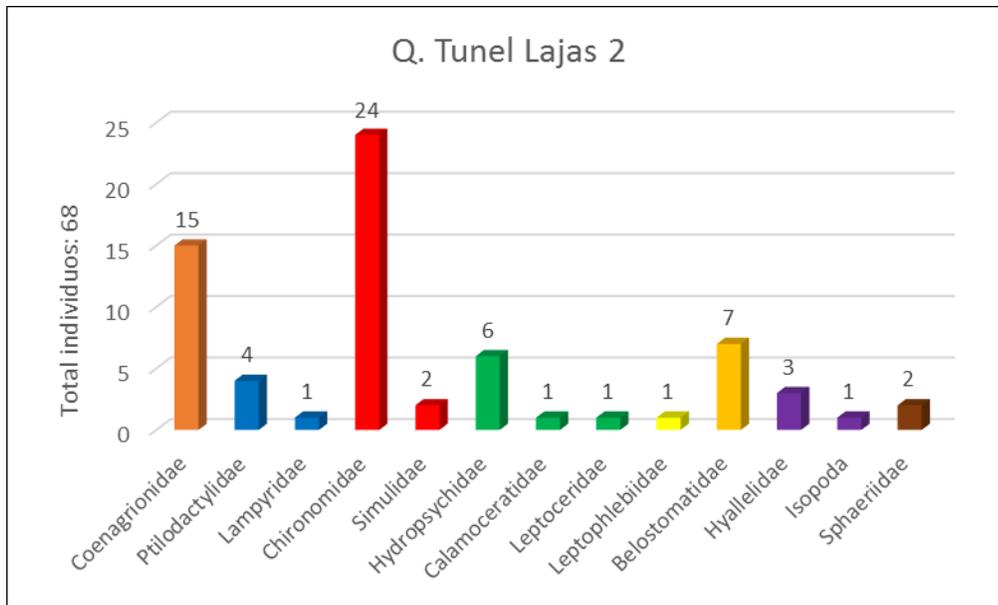


Figura 33. Total, de individuos Quebrada Camino Túnel Lajas 2, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

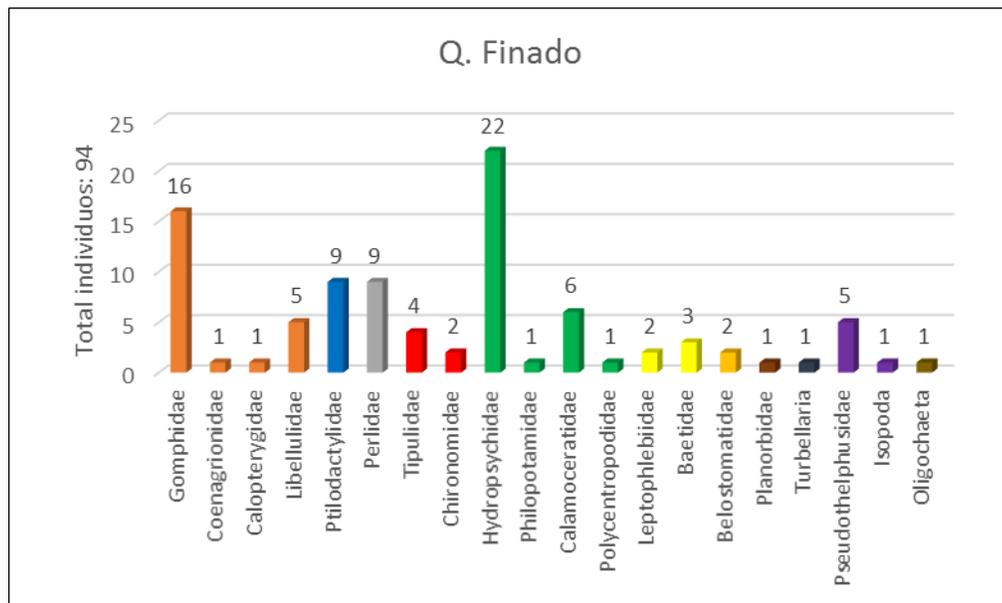


Figura 34. Total, de individuos Quebrada Finado, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

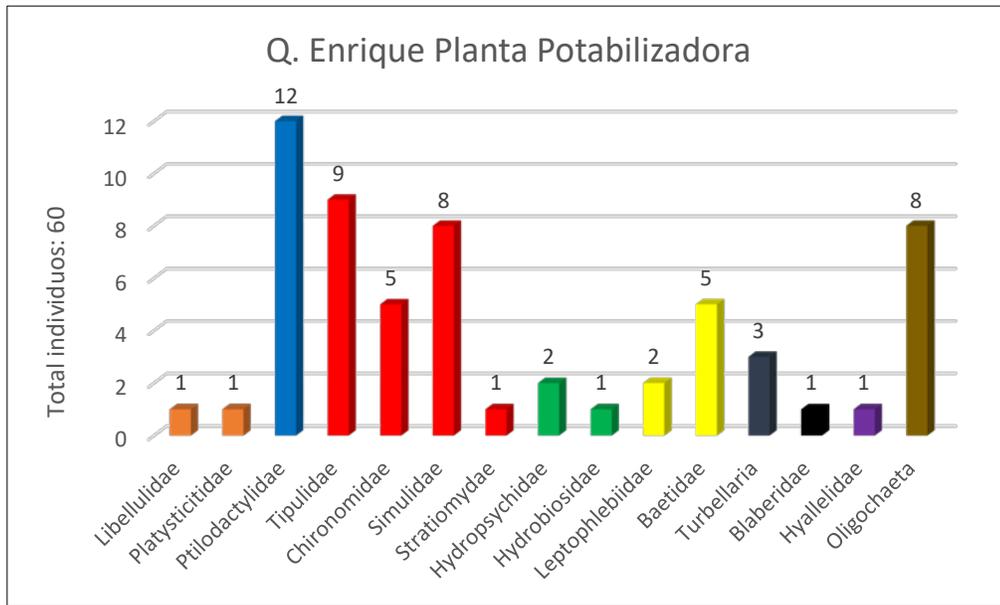


Figura 35. Total, de individuos Quebrada Enrique Planta Potabilizadora, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

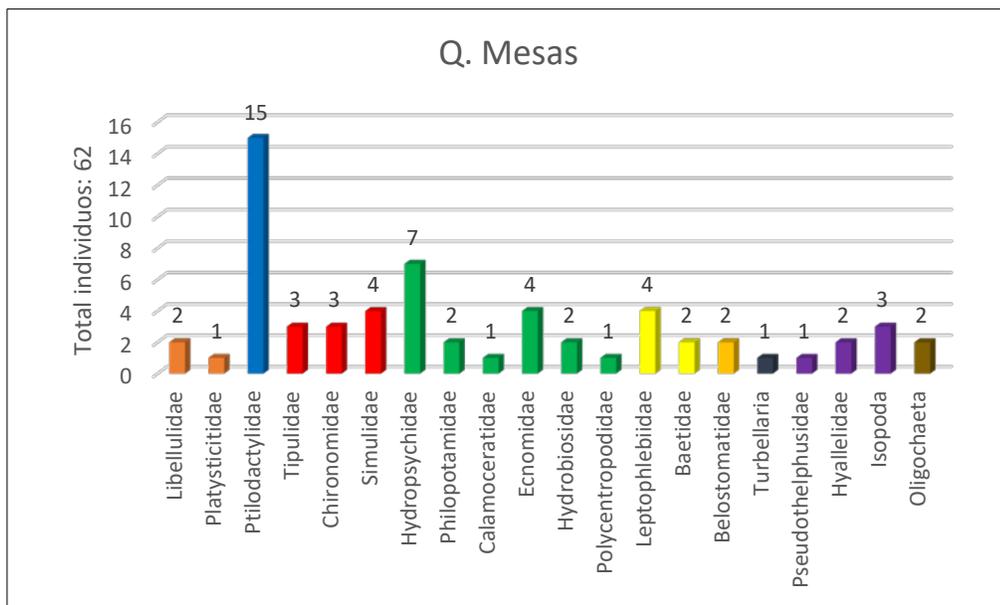


Figura 36. Total, de individuos Quebrada Mesas, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

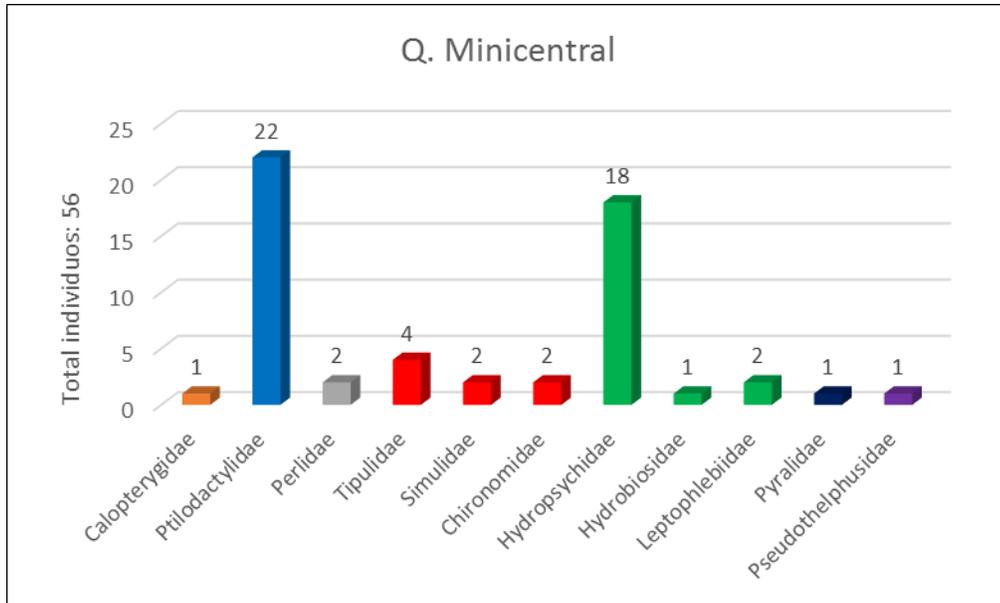


Figura 37. Total, de individuos Quebrada Mini central, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa

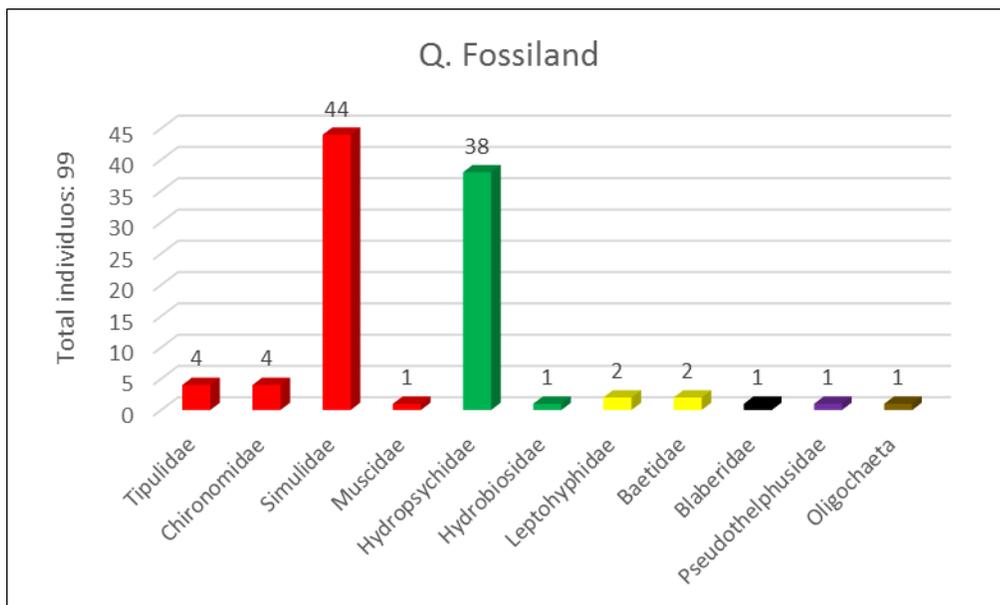


Figura 38. Total, de individuos Quebrada Fossiland, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

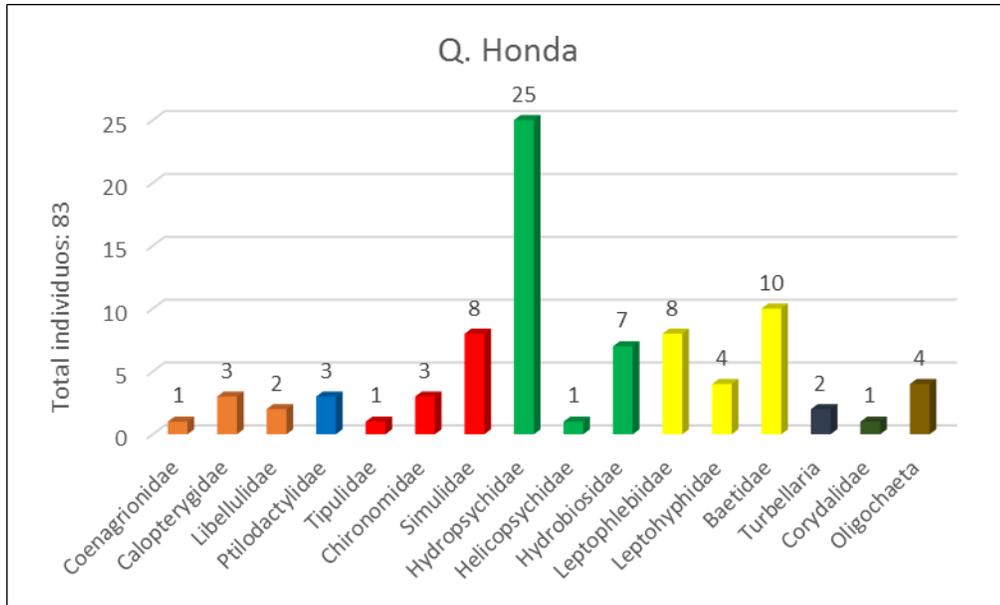


Figura 39. Total, de individuos Quebrada Honda, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

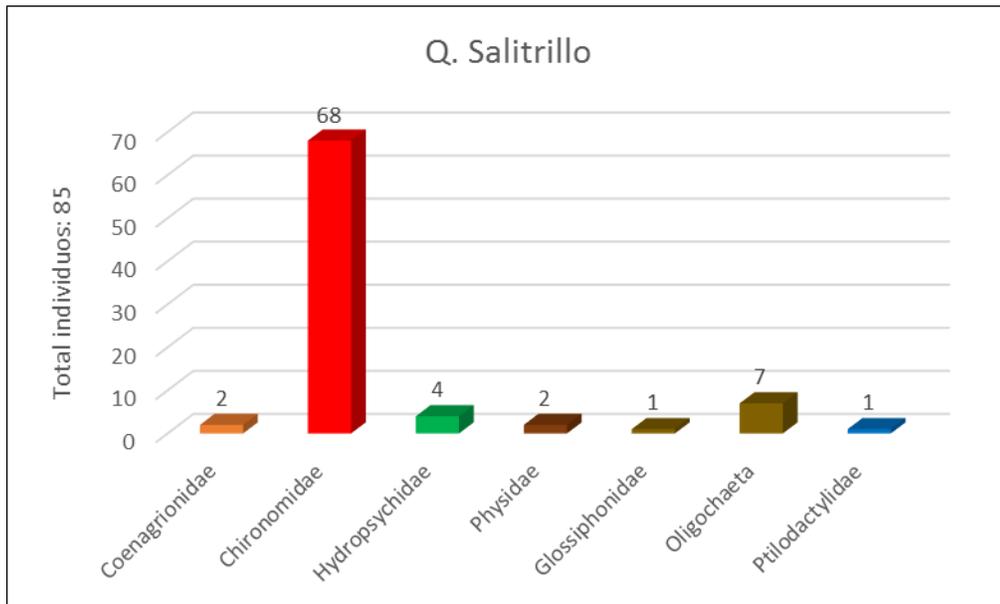


Figura 40. Total, de individuos Quebrada Salitrillo, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

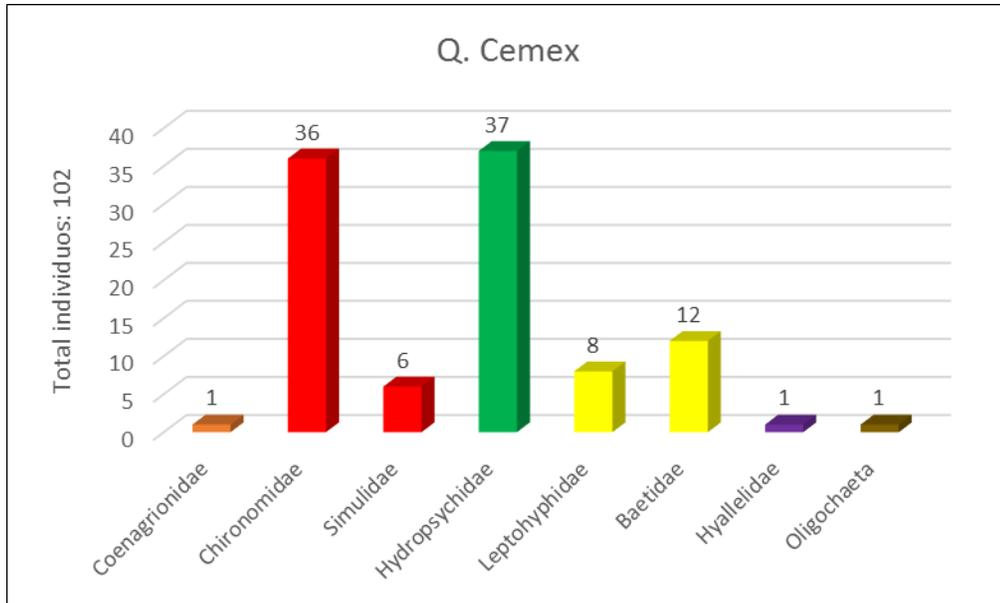


Figura 41. Total, de individuos Quebrada CEMEX, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

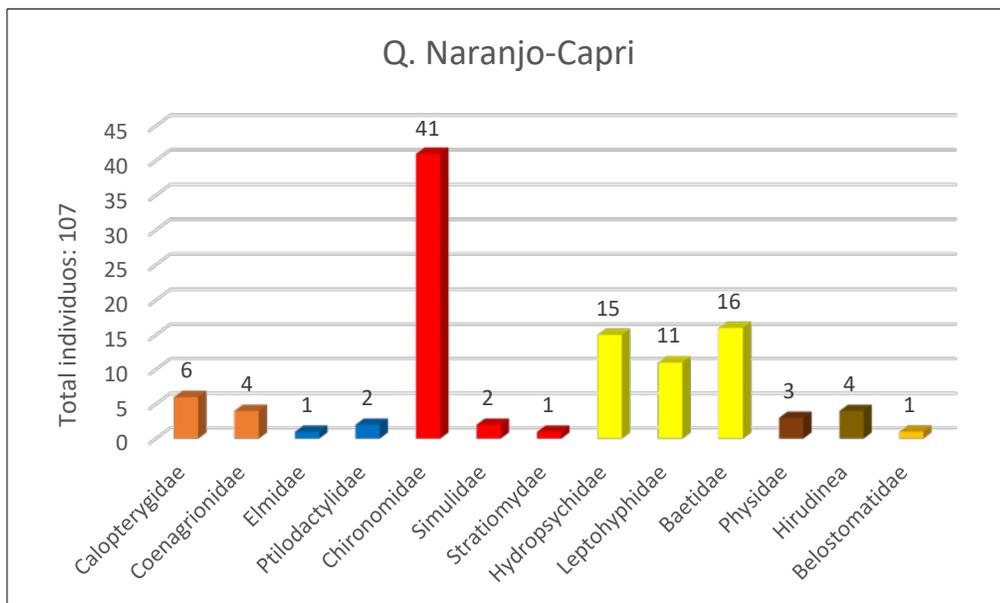


Figura 42. Total, de individuos Quebrada Naranjos, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

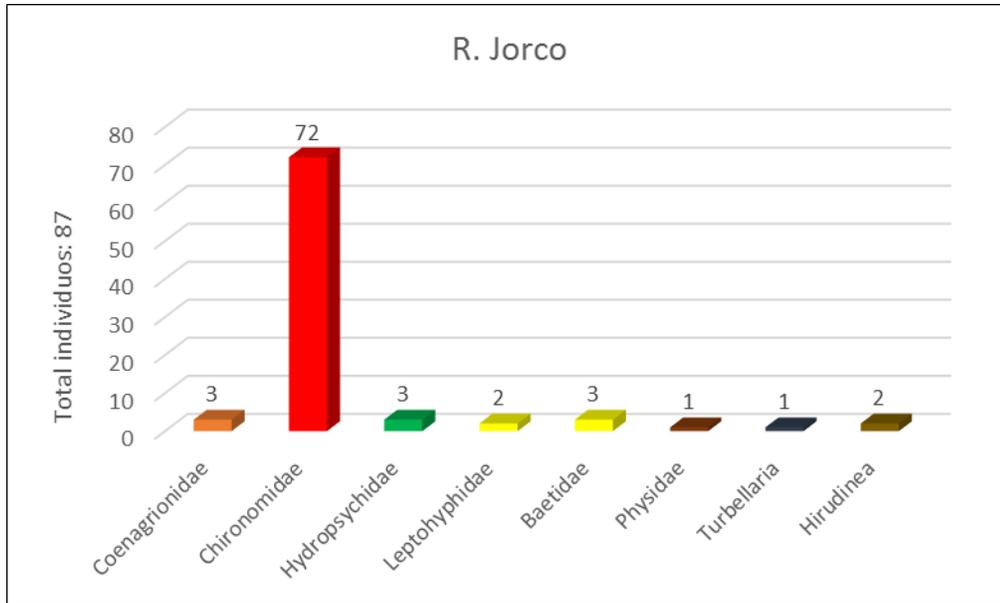


Figura 43. Total, de individuos Río Jorco, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

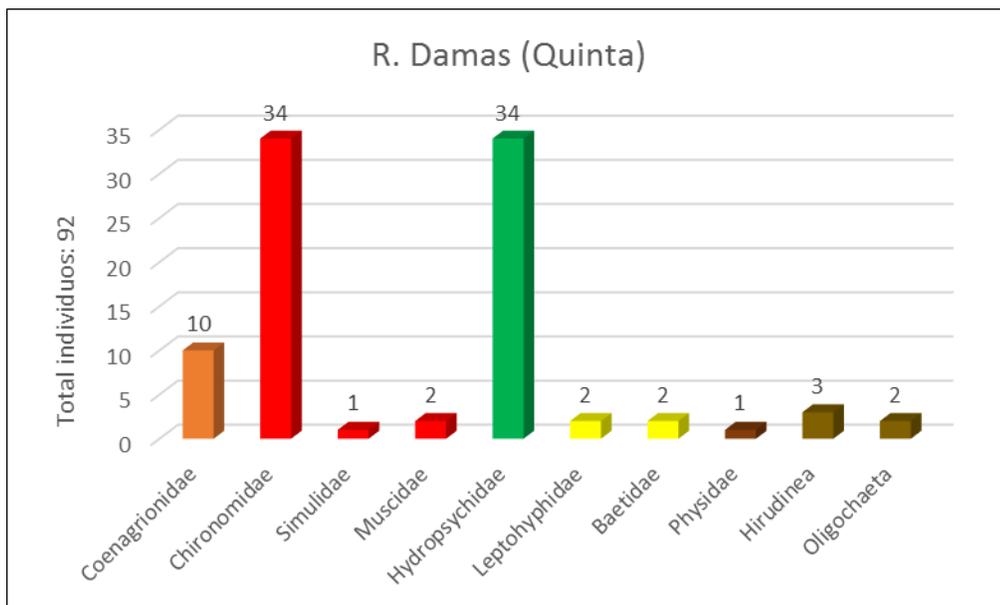


Figura 44. Total, de individuos Río Damas (Sector Quinta), época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

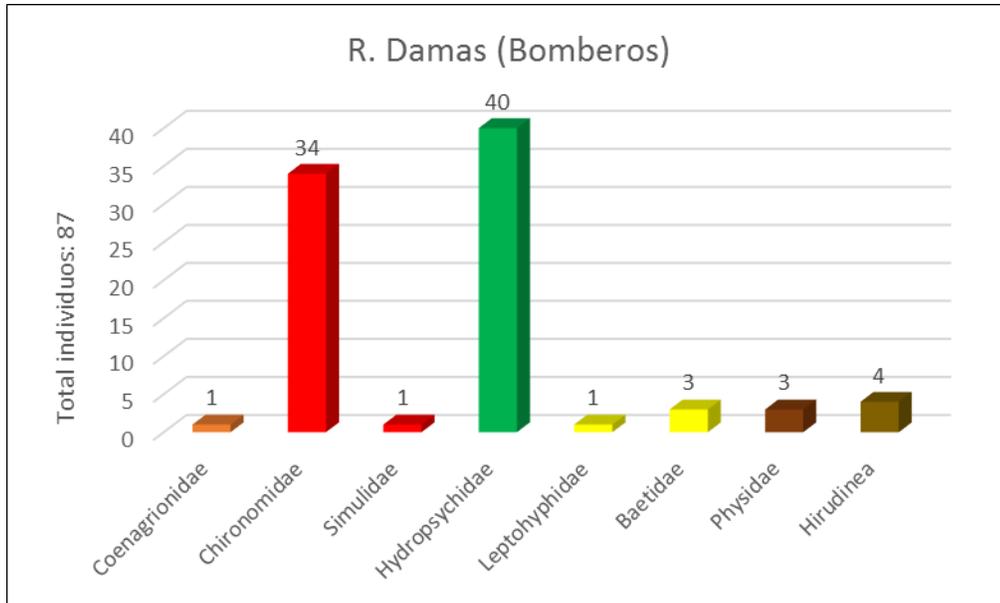


Figura 45. Total, de individuos Río Damas (Sector Bomberos), época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

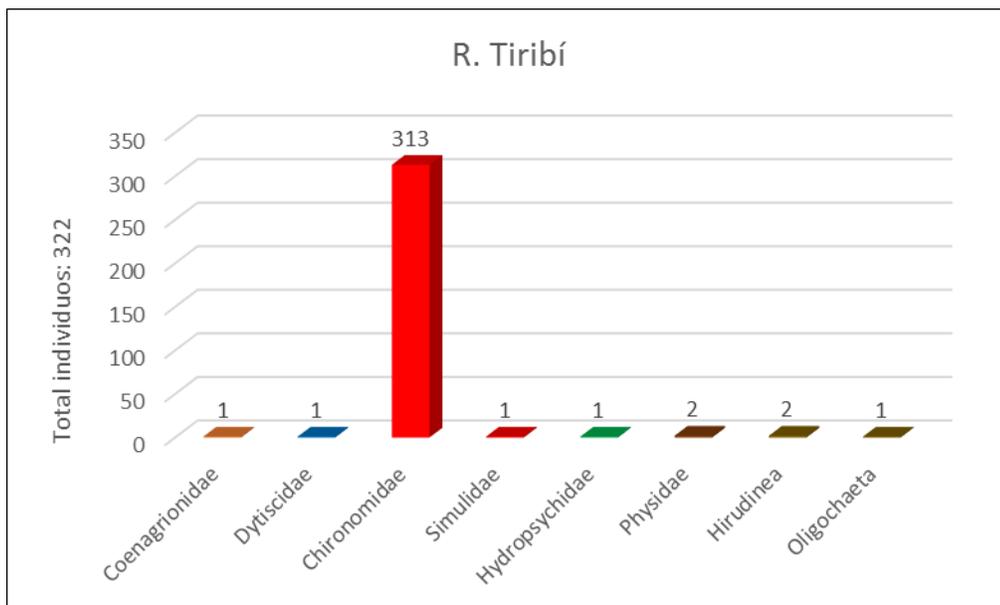


Figura 46. Total, de individuos Río Tiribí, época lluviosa, Línea Base, Proyecto Acueducto Metropolitano AyA, 5ta etapa.

**Anexo 7.13. Acuerdo de la Comisión Plenaria ACP-179-2017-SETENA**

*Plenaria – SETENA*  
**ACTA DE LA SESION ORDINARIA N° 139-2017-SETENA**  
**SESION ORDINARIA DE LA COMISION PLENARIA DE LA SECRETARÍA TECNICA NACIONAL**  
**AMBIENTAL, CELEBRADA EL DIA 14 DE NOVIEMBRE DEL DOS MIL DIECISIETE.**

**ARTICULO 10**

**ACUERDO DE LA COMISION PLENARIA**  
**APLICACIÓN DE NUEVA MATRIZ GENÉRICA**  
**DE PROTECCIÓN DE ACUÍFEROS**  
**ACP-179-2017-SETENA**

**CONSIDERANDO**

**PRIMERO:** Que en ACUERDO N°5497, conoció la Junta Directiva del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), el oficio No. SENARA-DIGH-0099-2017, de fecha 30 de agosto del 2017, remitido por la Dirección de Investigación y Gestión Hídrica de SENARA, mediante el cual presenta y recomienda la aprobación de la "Matriz Genérica de Protección de Acuíferos".

**SEGUNDO:** Que, en dicho ACUERDO, la Junta Directiva del SENARA, resolvió:

"POR TANTO:

Con base en los hechos y derecho expuesto, y con fundamento en la recomendación emitida por el Director de la Dirección de Investigación y Gestión Hídrica, mediante el oficio No. SENARA-DIGH-0099-2017, de fecha 30 de agosto del 2017, se aprueba la "MATRIZ GENÉRICA DE PROTECCIÓN DE ACUÍFEROS". La aplicación de la matriz aquí aprobada se registrará por lo siguiente:

- a) Dicha Matriz será de acatamiento obligatorio en todos los cantones o zonas en donde se cuente con mapas de vulnerabilidad aprobados o confeccionados por el SENARA.
- b) En caso de cantones o zonas que carezcan de mapas de vulnerabilidad, la matriz se debe aplicar de conformidad con un estudio hidrogeológico específico elaborado por el interesado y revisado por el SENARA, en virtud de que toda actividad debe garantizar la inocuidad de la misma, en protección al valor que para la sociedad representa la calidad y cantidad de los recursos hídricos.



c) La Matriz aquí aprobada no excluye la posibilidad de que con el uso de tecnología o diseños apropiados, se permita la aplicación de medidas que correspondan a la protección efectiva de los acuíferos.

d) La matriz aquí aprobada se debe aplicar, de conformidad con la Guía Metodológica elaborada por el SENARA.

e) Cualquier cantón o zona, tiene la posibilidad de tomar como base esta matriz genérica y crear una matriz específica para ese territorio, elaborada bajo la dirección del SENARA con la participación de las instituciones con competencias en la materia y que garanticen el mismo o un nivel más elevado de protección del recurso hídrico, considerando las características sociales, económicas y ambientales de los mismos.

**TERCERO:** Que el mismo ACUERDO de cita, fue publicado en el Diario Oficial La Gaceta, No. 193, Alcance 245, el pasado 12 de octubre de 2017, incluyendo la matriz aprobada.

**CUARTO:** Que el Consejo Sectorial Ambiental, en sesión No. 6, celebrada el pasado 03 de octubre de 2017, dispuso como acuerdo segundo y tercero, lo siguiente:

Acuerdo Segundo: El Consejo Sectorial Ambiental acuerda que SENARA coordine con la SETENA y la Dirección de Aguas del MINAE, el INVU y el MIVAH para que en forma conjunta elaboren una propuesta de procedimientos de aplicación de la nueva matriz genérica de protección de acuíferos con el fin de ser socializada a este Consejo el próximo 3 de noviembre del año en curso. Dicha propuesta deberá ser consultada directamente con el AYA, Recope, ICT y demás instituciones del Sector interesadas en el tema, antes de presentar la propuesta final. Acuerdo en firme. Notifíquese.

Acuerdo Tercero: El Consejo Sectorial Ambiental acuerda solicitar a la Junta Directiva del SENARA considerar tomar un acuerdo para que en forma transitoria no se aplique la nueva matriz genérica de protección de acuíferos una vez publicada en La Gaceta hasta tanto exista el procedimiento de aplicación diseñado por la fuerza de tarea asignada por este Consejo, según acuerdo anterior. Acuerdo en firme. Notifíquese.

**QUINTO:** Que mediante oficio SENARA-JD-SA-257-2017, de fecha 03 de noviembre 2017, la Junta Directiva del SENARA, tomó el siguiente acuerdo, en atención a lo dispuesto por el Consejo Sectorial Ambiental:



**ACUERDO N° 5533:** "...

Al respecto, luego de analizada la solicitud se acuerda comunicar al Consejo Sectorial Ambiental, que esta Junta Directiva no considera procedente que se suspenda transitoriamente la aplicación de la Matriz Genérica para la protección de acuíferos ya aprobada y publicada en el Diario Oficial La Gaceta, toda vez que no hay razones de conveniencia ni de oportunidad que así lo justifiquen, por cuanto significaría que mientras no se aplique la matriz genérica debe seguirse aplicando la matriz de Poás, con lo cual se impediría al país la aplicación de una matriz genérica que es un instrumento más robusto y detallado, elaborado a través de un proceso de consulta y participación de muchos actores e instituciones involucradas.

Por otra parte, nada impide que la matriz genérica, como instrumento técnico de regulación, se aplique conforme los criterios que en ella se establecen y de acuerdo con el manual de normas técnicas que ella contiene para su debida aplicación. **ACUERDO UNÁNIME Y FIRME."**

**POR TANTO  
LA COMISIÓN PLENARIA ACUERDA**

**PRIMERO:** Solicitar al SENARA, a la mayor brevedad, una inducción para el personal de la SETENA, desarrolladores, consultores e instituciones públicas, respecto de la correcta aplicación de la "MATRIZ GENÉRICA DE PROTECCIÓN DE ACUÍFEROS".

**SEGUNDO:** Instruir a los departamentos técnicos de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, a aplicar de forma inmediata, la nueva "MATRIZ GENÉRICA DE PROTECCIÓN DE ACUÍFEROS", como parte del proceso de Evaluación Ambiental de las actividades, obras o proyectos y planes de ordenamiento territorial que realiza la institución.

**TERCERO:** En caso de duda sobre la aplicación de la "MATRIZ GENÉRICA DE PROTECCIÓN DE ACUÍFEROS", remítase consulta formal al SENARA para lo de su competencia, lo que implica que la emisión de la resolución final del expediente, queda supeditado, entre otros elementos, al criterio previo de SENARA, cuando así sea requerido.

Téngase en cuenta que una estimación preliminar realizada por esta Secretaría, de las actividades, obras o proyectos sometidos a evaluación ambiental, y que potencialmente requerirían del criterio del SENARA, superarían los 1000 casos por año.



**CUARTO:** Reiterar al SENARA lo indicado por el Consejo Sectorial Ambiental, en cuanto a contar con una propuesta de procedimientos de aplicación de la nueva matriz genérica de protección de acuíferos, dado que lo dispuesto en dicha matriz, impacta el proceso de evaluación ambiental que efectúa la SETENA.

Para ello, es necesario que se defina con exactitud qué actividades, obras o proyectos deberán contar con el Visto Bueno de SENARA, de previo a su Evaluación Ambiental en SETENA.

**QUINTO:** Advertir al SENARA la complejidad que representa para esta Secretaría la aplicación de la nueva matriz, vigente desde el 12 de octubre de 2017, sin contar con un procedimiento para establecer qué actividades, obras o proyectos requieren del aval del SENARA, previo a su evaluación ambiental.

**SEXTO:** Solicitar al SENARA la fijación de un plazo en que deberán ser respondidas las consultas con motivo de proyectos o planes de ordenamiento territorial a ser evaluados ambientalmente, incluyendo lo relacionado con obras de infraestructura pública, dada la prioridad concedida a este tipo de proyectos en el Plan Impulso, emitido por el Gobierno de la República.

**SÉTIMO:** Notifíquese el presente acuerdo a:

- Todos los funcionarios de los departamentos técnicos de la SETENA, incluyendo a la Asesoría Legal. Direc. Técnica - SETENA
- A la Junta Directiva de SENARA Fax: 2222-8785 y al señor Roberto Ramírez (Jefe Unidad de Investigación y Gestión Hídrica-SENARA). rramirez@senara.go.cr y fax 2222-8785.
- Al Sr.Ministro Edgar Gutiérrez Espeleta Ministerio de Ambiente y Energía [ministro@minae.go.cr](mailto:ministro@minae.go.cr) y [ministrominae@minae.go.cr](mailto:ministrominae@minae.go.cr)
- Al Sr.Ministro Luis Felipe Arauz Caballini; Ministerio de Agricultura y Ganadería. [despachoministro@mag.go.cr](mailto:despachoministro@mag.go.cr)
- A la Secretaria del Consejo Sectorial Ambiental Vicky Cajiao. vicky.cajiao@gmail.com

**Atentamente**

Firmado digitalmente  
por MARCO VINICIO  
ARROYO FLORES  
(FIRMA)  
Fecha: 2017.11.14  
13:58:30 -06'00'

**LIC. MARCO V. ARROYO FLORES  
SECRETARIO GENERAL  
EN REPRESENTACION DE LA COMISION PLENARIA**



## Anexo 7.14. Acuerdo de la Comisión Plenaria ACP-042-2018-SETENA



**Comisión Plenaria – SETENA**  
**ACTA DE LA SESION ORDINARIA N° 041-2018-SETENA**  
**SESION ORDINARIA DE LA COMISION PLENARIA DE LA SECRETARÍA TECNICA NACIONAL**  
**AMBIENTAL, CELEBRADA EL DIA 20 DE ABRIL DEL DOS MIL DIECIOCHO.**

### ARTICULO 07

### **ACUERDO DE COMISION PLENARIA** **ACP-042-2018-SETENA**

No. Acuerdo: **ACP-042-2018**  
Fecha de emisión: 20 de abril 2018  
No. Expediente N.A.  
Nombre Proyecto: N.A.  
Asunto: **Aplicación de "Matriz Genérica de protección de acuíferos de SENARA"**

#### CONSIDERANDO

**PRIMERO:** Mediante oficio SENARA-JD-SA-2018, la Secretaría de la Junta Directiva del SENARA, pone en conocimiento de esta entidad el Acuerdo No. 5593, tomado por ese órgano colegiado, en su sesión ordinaria No. 731-18, celebrada el lunes 12 de febrero de 2018.

**SEGUNDO:** En el por tanto de ese Acuerdo se dispone la aplicación de la Matriz Genérica de Protección de Acuíferos, con salvedades.

**TERCERO:** Mediante Acuerdo 027-2018, del 07 de marzo del 2018, se dispuso en su POR TANTO PRIMERO:

***"PRIMERO:** Instrúyase al Departamento de Evaluación Ambiental tomar nota de lo resuelto por el SENARA y aplicar lo correspondiente en el marco del proceso de evaluación ambiental".*

**CUARTO:** Mediante resolución No. DP-R-005-2018 de las 16 horas 20 minutos del 21 de febrero del 2018 emitida por la Presidencia de la República en el Por Tanto Tercero, la cual no fue incorporada al Acuerdo 027-2018, se establece la medida cautelar de suspender la aplicación de la "Matriz Genérica de Protección de Acuíferos" emitida por el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA); de manera provisional y hasta la resolución donde se resuelva el conflicto de competencias".

Además, indica: "se mantiene la vigencia de la Matriz de criterios de uso del suelo según la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos para la protección del recurso hídrico en el Cantón de Poás; únicamente para aquellos cantones que cuenten con mapas de

1

vulnerabilidad aprobados o confeccionados por SENARA, y para los que no cuenten con una matriz propia elaborada por SENARA, se usará como guía y orientación técnica para la elaboración de las políticas sobre el uso de suelo según lo dispuesto en la sentencia 09982-2012 de la Sala Constitucional".

De igual manera en el Por Tanto Segundo de la resolución No. DP-R-005-2018, se confiere audiencia al Ministerio de Economía, Industria y Comercio para que se refiera al conflicto de competencias interpuesto por el Ministerio de Ambiente y Energía contra SENARA por el procedimiento para la elaboración de la "Matriz Genérica de Protección de Acuíferos" y su posterior publicación.

**QUINTO:** Que a la fecha la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) no ha recibido notificación oficial que deje sin efecto la aplicación de la resolución Presidencial DP-R-005-2018 de las 16 horas 20 minutos del 21 de febrero del 2018.

**POR TANTO  
LA COMISION PLENARIA ACUERDA**

En Sesión Ordinaria N° 041-2018 de esta Secretaría, realizada el 20 de ABRIL del 2018, en el Artículo No. 07 acuerda:

**PRIMERO:** Suspender la aplicación del Acuerdo ACP-027-2018-SETENA, emitido por la Comisión Plenaria.

**SEGUNDO:** Acatar lo dispuesto en la Resolución Presidencial DP-R-005-2018 de las 16 horas 20 minutos del 21 de febrero del 2018, en cuanto a la medida cautelar dispuesta, hasta que se comuniquen el levantamiento de la medida cautelar señalada a propósito del conflicto de competencias planteado.

**TERCERO:** Notifíquese al Departamento de Evaluación Ambiental y a la Dirección Técnica.

**CUARTO:** Publíquese en el sitio web institucional.

Atentamente,

MARCO VINICIO ARROYO FLORES (FIRMA)  
Firmado digitalmente por  
MARCO VINICIO ARROYO  
FLORES (FIRMA)  
Fecha: 2018.04.20  
13:57:42 -06'00'

**LIC. MARCO ARROYO FLORES  
SECRETARIO GENERAL  
EN REPRESENTACION DE LA COMISION PLENARIA**